

**Técnicas de manejo integrado de plagas en *Persea americana* Mill., *Passiflora edulis* Sims.,
y *Coffea arabica* L., en Colombia**

Alvaro Isaac Díaz Alvarado

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente - ECAPMA

programa de agronomía

Bogotá, D. C.

2020

**Técnicas de manejo integrado de plagas en *Persea americana* Mill., *Passiflora edulis* Sims.,
y *Coffea arabica* L., en Colombia**

Alvaro Isaac Díaz Alvarado

Trabajo de grado (Monografía) presentado como requisito para optar al título de:

Agrónomo

Director:

Jordano Salamanca Bastidas

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente

Programa Agronomía

Bogotá, D. C.

2020

Nota de advertencia

Artículo 23 de la Resolución No. 13 de julio de 1946: “La Universidad no se hace responsable por los conceptos emitidos por sus alumnos en sus tesis de grado”

Nota de aceptación

Director del trabajo

Firma del jurado

Firma del jurado

Bogotá D.C., _____ de 2020

Dedicatoria

Este trabajo lo dedico a mi familia, principalmente a mi esposa Claudia Patricia Reyes Bohórquez, a mi hija Juliana Valentina Díaz Reyes porque fueron ellas sin duda mi motor y el combustible que me impulsaron a perseguir el sueño de estudiar. Gracias y mil gracias por la paciencia y apoyo incondicional, ya que es importante y hermoso contar con personas en quien apoyarse y de las cuales aprender, y a través de su entrega generosa y genuina comprender el amor, y a través del esfuerzo construir la vida.

Agradecimientos

Sentir gratitud, es la fuerza que esta en el sentimiento que ponemos en las palabras de gratitud.

Por esto, agradezco a Dios por la vida, la salud y las capacidades académicas con que me doto.

Agradezco a la Universidad Nacional Abierta y a Distancia porque fue el sustrato donde la semilla de mi superación, germino, creció y cosecho. Agradezco al doctor Jordano Salamanca

Bastidas por su apoyo y dedicación, por dirigir mis proyectos académicos, así como por el interés en que sus estudiantes quieran y puedan ser mejores. Agradezco a todos los tutores de la

UNAD y de la ECAPMA, que impartieron sus conocimientos en pro de mi formación

profesional. A todos mil y mil gracias.

Resumen

El aguacate, la gulupa y el café son productos promisorios en la agricultura Colombiana, debido a su importancia económica y el hecho que pueden ser cultivados en diversas zonas agroecológicas del país, convirtiéndose en opciones productivas para los agricultores con gran potencial para la exportación. Sin embargo, su productividad y comercialización se ve afectada por un amplio número de artrópodos dañinos que demeritan la calidad de las cosechas y aumentan los costos de producción, asociados principalmente a tratamientos con agroquímicos implementados para la fitoprotección. Actualmente las actividades agrícolas requieren ser más sostenibles y competitivas, mediante el uso de nuevas y mejores tecnologías de producción. Entre estas la implementación de prácticas integradas para el manejo de plagas que sean ecológicas y eficientes, como es el uso de trampas adhesivas de colores y semioquímicos (feromonas y aleloquímicos) como mediadores en las interacciones tritróficas, y como alternativas a la aplicación de insecticidas convencionales. Por lo anterior, el principal objetivo de esta revisión fue desarrollar un estudio sobre algunas técnicas de Manejo Integrado de Plagas (MIP) en *Persea americana* Mill., *Passiflora edulis* Sims., y *Coffea arabica* L. en Colombia. Específicamente: documentar la importancia económica de estos cultivos, demostrar la importancia económica de las plagas agrícolas asociadas, fundamentar la importancia del control etológico de las plagas, documentar las diferentes trampas contra insectos plaga, y evidenciar los aspectos agroecológicos relacionados. En efecto se evidencia que los compuestos orgánicos volátiles (VOCs) están altamente involucrados en las relaciones planta-herbívoro y planta-planta, además por sus propiedades como atrayentes de polinizadores y enemigos naturales, que en combinación con las trampas adhesivas de color pueden resultar más convenientes ya que proveen un método económico, simple y eficiente para estimar la densidad poblacional de plagas

sin mayor intervención antrópica. Sin duda el uso de semioquímicos y trampas cromáticas es una herramienta integral útil, que puede ser empleada según sea su conveniencia para la atracción o repulsión de la artropodofauna asociada a los cultivos estudiados, dada la necesidad de sistemas de producción desarrollados de forma sustentable y sostenible.

Palabras clave: Artropodofauna, Monitoreo, Control etológico, Alelopatía, Agroecología

Abstract

Avocado, gulupa, and coffee are promising products in Colombian agriculture, due to their economic importance and the fact they can be cultivated in various agro-ecological zones of the country, becoming productive options for farmers with great potential for export. However, their productivity and commercialization are affected by many harmful arthropods that detract from the quality of the crops and increase production costs, mainly associated with treatments with agrochemicals implemented for plant protection. Currently, agricultural activities need to be more sustainable and competitive, using new and better production technologies. Among these, the implementation of integrated pest management practices that are environmentally friendly and efficient, such as the use of colored adhesive traps and semiochemicals (pheromones and allelochemicals) as mediators in tritrophic interactions, and as alternatives to the application of conventional insecticides. Therefore, the main objective of this review was to develop a study about some techniques of Integrated Pest Management (IPM) in *Persea americana* Mill., *Passiflora edulis* Sims., And *Coffea arabica* L. in Colombia. Specifically: document the economic importance of these crops, demonstrate the economic importance of associated agricultural pests, substantiate the importance of ethological control of pests, document the different traps against pest insects, and show the related agroecological aspects. Indeed, it is evidenced that volatile organic compounds (VOCs) are highly involved in plant-herbivore and plant-plant relationships, also due to their properties as attractants for pollinators and natural enemies, which in combination with colored adhesive traps can be more convenient since they provide an economical, simple and efficient method to estimate the population density of pests without further anthropic intervention. Undoubtedly, the use of semiochemicals and chromatic traps is a useful integral tool that can be used according to its convenience for the attraction or

rejection of the arthropodofauna associated with the crops studied, given the need for production systems developed in a tenable and sustainable way.

Key words: Arthropodofauna, Monitoring, Ethological control, Allelopathy, Agroecology

Tabla de contenido

Lista de figuras.....	13
Lista de tablas	14
1. Introducción	15
2. Definición del problema de investigación	18
2.1. Planteamiento del problema.....	18
2.2. Pregunta de investigación	20
2.3. Justificación	20
2.4. Objetivos.....	23
2.4.1. General.....	23
2.4.2. Específicos	23
3. Capítulo 1.....	24
3.1. Importancia económica de los cultivos de aguacate, gulupa y café	24
3.1.1. Aguacate (<i>Persea americana</i> Mill.).....	24
3.1.2. Gulupa (<i>Passiflora edulis</i> Sims.)	27
3.1.3. Café (<i>Coffea arabica</i> L.).....	31
4. Capítulo 2.....	35
4.1. Importancia económica de las plagas agrícolas en aguacate, gulupa y café.....	35
4.1.1. Fitófagos de importancia agrícola en el aguacate	35
4.1.2. Fitófagos de importancia agrícola en la gulupa	42

	12
4.1.3. Fitófagos de importancia agrícola en el café	47
5. Capítulo 3.....	56
5.1. Importancia del control etológico de plagas	56
5.2. La ecología química y el manejo integrado de plagas – MIP	58
5.2.1. Generalidades.....	58
5.2.2. Semioquímicos en el manejo de insectos-plaga.....	59
5.2.3. Las feromonas en el manejo de herbívoros.....	63
5.2.4. Los aleloquímicos en el manejo de herbívoros.....	64
5.2.5. Relaciones entre plantas e insectos – Alelopatía	71
6.1. Trampas para el manejo de plagas agrícolas.....	81
6.1.1. El control etológico en la detección y control de plagas agrícolas	84
6.1.2. Fitófagos y cultivos evaluados mediante aleloquímicos y trampas cromáticas.....	88
7. Capítulo 5.....	94
7.1. Aspectos agroecológicos en los cultivos de aguacate, gulupa y café	94
8. Conclusiones y Recomendaciones.....	102
8.1. Conclusiones	102
8.2. Recomendaciones	104
9. Referencias Bibliográficas.....	106

Lista de figuras

Figura 1. Panorama de la producción de aguacate hass en Colombia	21
Figura 2. Exportaciones de la Gulupa 2018-2019	23
Figura 3. Cifras producción de café en Colombia 2019	26
Figura 4. Clasificación de los semioquímicos	49
Figura 5. Efectos aleloquímicos comunes en plantas para atracción y repulsión de insectos	54
Figura 6. Estructura de algunos metabolitos de origen secundario con propiedades alelopáticas	61
Figura 7. Clasificación de los compuestos volátiles según su ruta metabólica	62
Figura 8. Colores de trampas para la captura de insectos según la visión cromática	69

Lista de tablas

Tabla 1. Ventajas y desventajas de los semioquímicos en el MIP.....57

Tabla 2. Características alelopáticas de plantas con potencial para el MIP.....59

1. Introducción

La producción agrícola en el marco de la agricultura sostenible exige emplear e integrar diversas técnicas de manejo de plagas. Así mismo, para que un Manejo Integrado de Plagas o MIP sea exitoso, requiere se tenga conocimiento sobre los factores naturales (bióticos y abióticos) que regulan las poblaciones de herbívoros; así como, de las diversas medidas artificiales que pueden ser adoptadas por el hombre para controlarlos.

En este sentido, monitorear y evaluar frecuentemente las áreas y etapas vulnerables del cultivo, junto con las condiciones del clima y el desarrollo fenológico de la especie vegetal, pueden servir para predecir la necesidad de proteger los cultivos frente al ataque de algún herbívoro presuntivo de amenaza; utilizando los métodos y la tecnología adecuada de forma compatible, con el fin de mantener la densidad de la plaga en niveles por debajo de los umbrales de daño económico estimados, conservando a la vez la calidad ambiental.

Es así como, en la aplicación de múltiples métodos de supresión de plagas, además de tomar en cuenta la biología, la fenología, el comportamiento y la ecología del herbívoro, se deben considerar estos mismos aspectos en relación con las plantas y los enemigos naturales a fin de evitar desequilibrios ecológicos y a cambio favorecer su conservación, establecimiento y reproducción. En efecto, conviene utilizar de manera racional los métodos y tecnologías de manejo, usando productos de síntesis química solamente cuando sea necesario o como último recurso, y empleando al máximo métodos ecológicos dirigidos a rendimientos óptimos, mediante el desarrollo de esquemas de muestreo para la detección y el monitoreo, y con estos la estimación de la población de los organismos asociados a los cultivos de interés.

De otra parte, en Colombia los cultivos de aguacate, gulupa y café representan importantes sistemas de producción, por su participación en los mercados de exportación, la

generación de divisas y empleo, así como parte significativa de la economía agrícola rural, competitiva y dinámica. Lo anterior considerando que las ventas de Colombia al exterior en productos no mineroenergéticos, ha presentado cambios de tendencia hacia productos pertenecientes a la cadena de agroalimentos, reportando en los últimos años un importante crecimiento de su demanda internacional y oferta nacional, entre los que sobresalen el aguacate, la gulupa y tradicionalmente el café. Sin embargo, la productividad, sanidad e inocuidad de los productos cultivados en los campos colombianos y con potencial para la exportación, se ven afectados por el ataque de artropodofauna fitófaga, que causa daños directos e indirectos, inducen al uso indiscriminado del control químico y aumentan los costos de producción.

El presente trabajo se centra en estudiar algunas técnicas del (MIP) en *Persea americana* Mill., *Passiflora edulis* Sims., y *Coffea arabica* L., como cultivos de importancia económica en Colombia. Con el fin de conseguir este objetivo, el trabajo se ha estructurado en la definición del problema de investigación, así como en cinco capítulos que corresponden a cada uno de los objetivos específicos planteados, además de otros apartes y la bibliografía.

En el capítulo I, se documenta la importancia económica de los cultivos de aguacate, gulupa y café, tomando en cuenta además de la dinámica comercial, su participación en el mercado de exportación, productividad, áreas cultivadas y principales zonas productoras.

El capítulo II, se compone de tres apartados principales, en los que se abordan los fitófagos de importancia agrícola asociados a cada uno de los cultivos estudiados. En estos y teniendo en cuenta que la entomofauna asociada es amplia y variada, se hace énfasis en los herbívoros que por su hábitos de consumo y daño a la planta son considerados plagas.

En el capítulo III, se especifica la importancia del control etológico de plagas; el papel de la ecología química y el manejo integrado de plagas; también en como los semioquímicos son

empleados en el manejo de insectos-plaga (feromonas y aleloquímicos); y se incluyen algunos beneficios de la alelopatía en la relación entre plantas e insectos.

En el capítulo IV, se presentan los aspectos relacionados con las trampas para el manejo de plagas, analizando lo relacionado con el control etológico en la detección, captura y control de plagas de interés agrícola y referenciando algunos resultados de fitófagos y cultivos evaluados mediante aleloquímicos y trampas cromáticas.

El capítulo V, corresponde a los aspectos agroecológicos en los cultivos de aguacate, gulupa y café, donde de acuerdo con la zona agrologica de cada cultivo, se consideran algunas limitantes y se formulan algunas recomendaciones. Por último, se presentan las principales conclusiones y recomendaciones generales que se han obtenido a partir de la realización de este trabajo.

2. Definición del problema de investigación

2.1. Planteamiento del problema

La pérdida de la capacidad productiva y calidad fitosanitaria en los géneros *Persea*, *Passiflora* y *Coffea*, está condicionada por la susceptibilidad al ataque de diferentes especies insectiles que son habituales, agresivas y pueden llegar a afectar de forma parcial o total hojas, flores y frutos, ocasionando daños que limitan el óptimo desarrollo en los diferentes estados fenológicos de las plantas (Ávila et al., 2005; Hernández et al., 2011; Perfecto et al., 2010).

En efecto, los fitófagos pueden causar grandes pérdidas en tan solo unos pocos días; es así como los cultivos que son atacados en su parte aérea por herbívoros presentan disminución de biomasa foliar, que a la vez incide en deficiencia de la actividad fotosintética de las plantas, así como detrimento económico por la decoloración, deformación, caída prematura y pérdida de frutos (Instituto Colombiano Agropecuario – ICA, 2012). Las anteriores son condiciones que al final del desarrollo vegetal se traducen en cosechas con bajos índices de productividad, sanidad y calidad, que a nivel del entorno socioeconómico y medioambiental de estos productos de importancia agrícola inciden negativamente (Morales, 2013).

Por otra parte, los insectos que son picadores-chupadores de savia y raspadores del tejido vegetal, según Mejía (2011), son fitófagos considerados de importancia económica para el óptimo desarrollo, productividad y calidad de los cultivos. El detrimento de las plantas se produce por efecto de succión de la savia en el floema, causando daños directos como el picar, raspar y chupar el contenido de las hojas y otros órganos de las plantas, con la peculiaridad que en su mayoría prefieren alimentarse de los tejidos jóvenes que apenas están emergiendo, dañando severamente brotes vegetativos, inflorescencias y frutos en formación (Solís, 2016).

Lo antes mencionado, en cultivos como el aguacate, la gulupa y el café, demerita la

calidad y en consecuencia limita la comercialización en el mercado de exportación; considerando que, en el sector agrícola colombiano estos cultivos representan importantes líneas de producción, por la entrada de divisas al país provenientes en su gran mayoría del producto exportado (Ministerio de Industria y Comercio – Mincomercio, 2019). Ya que cuando los ataques por diversos artrópodos fitófagos son severos, las plantas se pueden ver afectadas en su totalidad (Solís, 2016).

No obstante, las medidas sanitarias que son aplicadas en los cultivos son un aspecto que puede limitar el acceso al mercado nacional y extranjero ya que, bajo las condiciones climáticas del territorio colombiano, se considera que existe un mayor riesgo de propagación de plagas propias de estas especies vegetales (Zapata et al., 2018; FAO, 2015; Angulo, 2009). Es así como con el estudio y análisis de la agrobiodiversidad, ecofisiología y Manejo Integrado de Plagas (MIP), mediante el monitoreo y atracción de la artropodofauna se puede ayudar a reducir las poblaciones de plagas y aumentar las posibilidades de comercialización, considerando en la actualidad la importancia de estos cultivos para la economía campesina colombiana (Procolombia, 2017).

Lo anterior, hace necesario se realice el estudio y análisis de las técnicas físicas, químicas y etológicas existentes y su aplicabilidad para el monitoreo y control de organismos fitófagos, asociados a estos cultivos de importancia económica; además de configurar una herramienta útil para identificar aspectos propios de los artrópodos como su biología, comportamiento y hábitos alimenticios, que permitan fortalecer el conocimiento relacionado con el manejo de los cultivos, así como para la formulación de alternativas integradas en el control fitosanitario y mejoramiento de la productividad.

2.2. Pregunta de investigación

En consecuencia, con lo antes planteado es preciso argumentar: *¿Puede la artropodofauna fitófaga en razón a sus hábitos alimenticios en hojas, flores y frutos ser controlados de forma ecológica y sustentable mediante el uso de aleloquímicos y trampas de color ubicadas en el estrato foliar de las plantas?*

2.3. Justificación

Los cultivos de frutales como el aguacate y la gulupa, así como el grano del café en el marco de la agricultura moderna, su consumo y comercialización demandan producciones de buena calidad, apariencia y libres de contaminantes; esto implica un reto para los agricultores en cuanto al manejo fitosanitario se refiere, ya que deben cultivarlos limitando el uso tradicional de algunas moléculas de síntesis química, e implementado prácticas de manejo enfocadas hacia la producción limpia y cuidado del medio ambiente que permitan un mejoramiento de la producción y la participación en los denominados mercados verdes (Sánchez, 2009).

Por otra parte, los artrópodos plaga asociadas a estos cultivos de importancia agrícola, configuran una amenaza para la economía campesina, considerando que causan daños directos por efecto de herbivoría de hojas, flores y pequeños frutos, así como indirectos por la transmisión de microorganismos fitopatógenos (Solís, 2016); condiciones que sin duda conducen al detrimento de la calidad y sanidad de la producción.

En este sentido, resulta apropiado y conveniente registrar en que estrato de la biomasa foliar de las plantas y en qué nivel se presenta la infestación, por lo que el uso de compuestos volátiles y trampas adhesivas de color son una herramienta de monitoreo y control de fitófagos sostenible; así como un excelente método para la detección de poblaciones (Garzón, 2016). Lo anterior con el fin de establecer el momento oportuno para implementar estrategias de control, en

respuesta a la interacción planta-insecto y a un determinado umbral de daño económico.

En efecto cultivos como el aguacate, la gulupa y el café son actualmente de los productos más exportados en Colombia, después del banano, flores, aceite de palma y azúcar (Mincomercio, 2019), y denotan una importante contribución al comercio del sector agrícola, ya que en los últimos años las exportaciones tuvieron gran importancia en el país y representa una oportunidad para comercializar en destinos diferentes a Estados Unidos como principal país para estos productos.

Sin embargo, se deben cumplir estrictas normas fitosanitarias, ya que, en el caso de plagas asociadas a dichos cultivos, existen evidencias de su importancia económica al afectar severamente la calidad de las cosechas (Aguirre et al., 2013). La situación antes mencionada, incide en disminución del volumen de frutos producidos y exportados, así como de los rendimientos económicos en la cadena productiva, generando además problemas en el cumplimiento de los estándares de calidad requeridos en el mercado internacional (Ramírez & Serrano, 2017).

En este sentido y aprovechando que la comunicación entre insectos y el medioambiente, se puede producir a través de estímulos olfativos en cuanto a la respuesta a olores volátiles (Rebollar-Téllez et al., 2012), y visuales (Sánchez et al., 2011); así como por efecto de interacciones interespecíficas con semioquímicos (feromonas, Kairomonas y Alomonas), resultan de interés a través de la utilización de prácticas combinadas de control de plagas (físico y etológico). Esto considerando que los semioquímicos y las trampas pegajosas de colores son una de las principales alternativas en la captura y control de fitófagos, debido a su bajo costo y su fácil implementación (Arismendi et al., 2009).

Así el panorama, en el ámbito del manejo de plagas agrícolas la integración de diversas

técnicas de monitoreo y control permiten se genere información necesaria y valiosa para enfocar de mejor manera el uso seguro y eficaz de los productos fitosanitarios de síntesis química, que generalmente son empleados para reducir las poblaciones de fitófagos y con esto contribuir al manejo integrado de plagas mediante estrategias de regulación amigables con el ambiente (Vázquez, 2003).

En efecto, indagar sobre el uso de aleloquímicos y trampas de color para el control de plagas, se configura como información base para la toma de decisiones en cuanto al manejo a implementar, ya que, el desconocimiento de la densidad poblacional de las plagas, así como aspectos básicos de su biología, se puede traducir en un incremento de los costos de producción del cultivo y en general un aumento en los índices de contaminación del medio ambiente asociado (Badii et al., 2007).

2.4. Objetivos

2.4.1. General

Desarrollar un estudio sobre algunas técnicas de Manejo Integrado de Plagas (MIP) en *Persea americana* Mill., *Passiflora edulis* Sims., y *Coffea arabica* L. en Colombia.

2.4.2. Específicos

Documentar la importancia económica de los cultivos de aguacate, gulupa y café.

Demostrar la importancia económica de las plagas agrícolas en aguacate, gulupa y café.

Fundamentar la importancia del control etológico de las plagas.

Documentar las diferentes trampas contra insectos plaga.

Evidenciar los aspectos agroecológicos asociados.

3. Capítulo 1

A continuación, se presenta la revisión bibliográfica relacionada con los conceptos generales que fueron necesarios para el desarrollo de esta monografía.

3.1. Importancia económica de los cultivos de aguacate, gulupa y café

3.1.1. Aguacate (*Persea americana* Mill.)

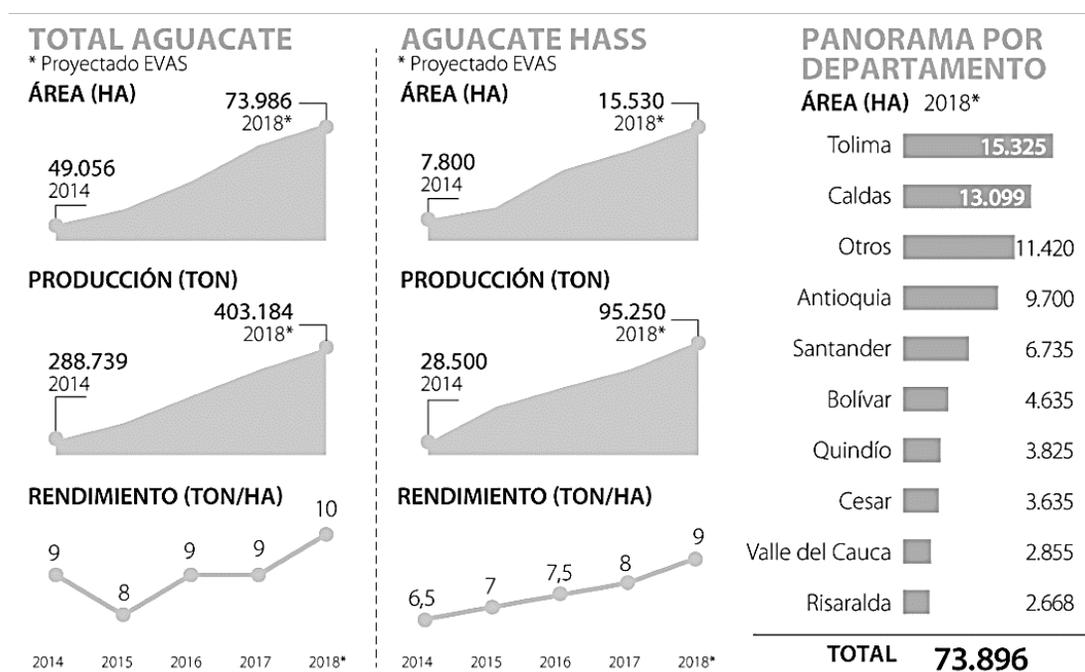
Según la Encuesta Nacional Agropecuaria, para el 2015 en Colombia se obtuvo una producción de 274.330 toneladas de frutos de aguacate, provenientes de las diversas zonas productoras y variedades cultivadas, con rendimientos promedios de 7,2 t por hectárea al año (DANE, 2016). De otro lado, datos de Procolombia (2017), reportan que el consumo mundial de aguacate crece casi 3% cada año, lo que se convierte en una oportunidad para países productores como Colombia, quien en 2016 exportó cerca de 18.200 t de esta fruta, y 30.000 t en 2018, representando para el PIB un valor de 35 y 63 millones USD respectivamente (Asociación Nacional de Comercio Exterior - Analdex, 2019).

El aguacate que se cultiva en Colombia involucra las razas Antillana, Guatemalteca o Mexicana e híbridos entre ellas (Barrientos & López, 2001), y las variedades más cultivadas son Booth 8, Choquette, Collinred, Fuerte, Gwen, Hass, Lorena, Reed, Trapica y Trinidad (Rios-Castaño, 2003). Se estima que, en los próximos años el consumo de aguacate tendrá un aumento de 10% a 15% (Minagricultura, 2016). Es la cuarta fruta tropical más importante en el mundo y se estima una producción global de 2.6 millones de toneladas, siendo en la actualidad México el primer exportador (1'400.000 t) y referente de la producción con una participación del 80% en el mercado mundial. De igual forma, países latinoamericanos como República Dominicana, Perú y

Chile llevan una considerable ventaja en la producción y exportación de aguacate (Díaz et al, 2019). Colombia es el quinto productor mundial de aguacate de todos los tipos, pero aún no figura entre los grandes exportadores de este producto (Analdex, 2017). Y los principales departamentos dedicados a la producción son Tolima, Antioquia, Caldas, Santander, Bolívar, Cesar, Valle del cauca, Risaralda y Quindío (véase la figura 1), que representan el 86% de la producción (Gómez & Pinzón, 2019).

Figura 1

Panorama de la producción de aguacate hass en Colombia



Fuente: La República (2018)

En cuanto a la dinámica comercial del aguacate hass colombiano según datos de Analdex (2019), los principales países para la exportación son Países Bajos, Bélgica, España, Reino Unido y Francia que reciben cerca del 65% del total de la fruta. Por su parte, Estados Unidos es el sexto mercado de exportación de mayor importancia para este producto. Sin embargo, la

admisibilidad del aguacate en el mercado internacional implica en los cultivos, cumplir con las exigencias técnicas, sanitarias y fitosanitarias, realizando entre otras actividades, el monitoreo fitosanitario continuo con el fin de determinar la presencia-ausencia de las plagas de control oficial o para la identificación de daños asociados (Díaz et al., 2019). Por otro lado, para poder aumentar el volumen de las exportaciones de aguacate colombiano y ser más competitivos, es necesario aumentar el número de fincas certificadas con vistos buenos por parte de los países de destino.

Además del aspecto económico, el aguacate juega un papel muy importante en la dieta alimenticia de las personas, ya que posee un alto valor nutritivo y grandes beneficios para la salud (Evans & Nalampang, 2009). Razón por la cual se hace necesario adoptar técnicas de producción como la implementación de programas de fertilización, el uso de plantas resistentes a enfermedades, el uso de injertos y prácticas de fitoprotección bioecológicas, sostenibles y sustentables para mejorar la producción de los cultivos (García, 2003).

Lo anterior considerando que mantener el equilibrio entre producción de alimentos, crecimiento socioeconómico y protección del medio ambiente, constituye uno de los retos más importantes a enfrentar la agricultura moderna, entendida como aquella que maximiza la productividad a través del uso de alternativas biológicas que aseguren la sostenibilidad ambiental y rentabilidad para el agricultor (Pedraza-Zapata et al., 2017).

En este sentido, es objetivo prioritario en el cultivo de aguacate, la maximización de la producción y preocupación central el tránsito urgente e inaplazable de sistemas de producción tradicional hacia agrosistemas sustentables (Altieri & Nicholls, 2001). Así el panorama, prácticas de biocontrol, que hace referencia al uso de diferentes organismos (o los compuestos o extractos obtenidos de ellos) que actuando solos o en combinación, son capaces de disminuir los efectos

que causa una población insectil sobre el crecimiento y productividad de un cultivo (Pal & Gardener, 2006); sirven para limitar la aplicación de agroquímicos y la presión en el cultivo de una forma ambientalmente amigable, considerando los efectos deletéreos para el medio ambiente por contaminación de suelos, fuentes hídricas y para la salud humana por exposición directa y prolongada a los agroquímicos; así como para la biodiversidad de microorganismos e insectos benéficos para el cultivo (Vinchira-Villarraga & Moreno-Sarmiento, 2019).

Es así como al garantizar a los consumidores un producto inocuo y de calidad, los productores garantizan también la sostenibilidad en el mercado. Uno de los aspectos fundamentales para el éxito del cultivo de aguacate, es la selección adecuada de las variedades a sembrar. De acuerdo con Rios-Castaño (2003), importante manejar adecuadamente su comercialización de tal forma que permita ofrecer un suministro más estable para el mercado, así como obtener mayores volúmenes de cosecha y por consiguiente mayor rentabilidad. Lo anterior implementando prácticas de cultivo dirigidas a disminuir el riesgo de los problemas ocasionados por plagas y enfermedades, garantizando un mejor desarrollo del cultivo y calidad de la fruta.

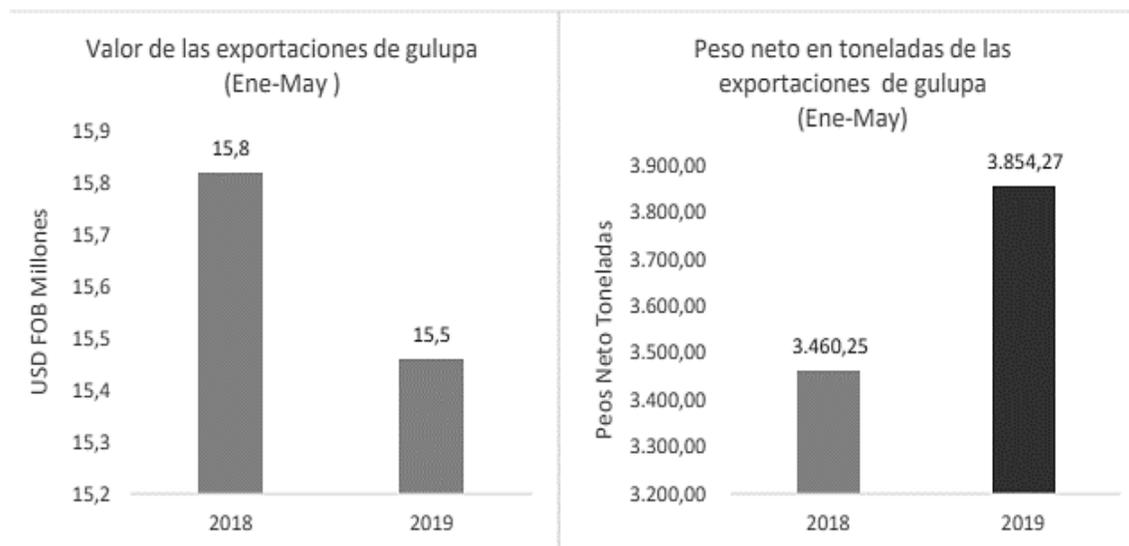
3.1.2. **Gulupa (*Passiflora edulis* Sims.)**

Por su parte la producción de gulupa reportó 15.945,7 toneladas en 2016 y un área cultivada alrededor de las 1.000,16 hectáreas para este mismo periodo (Analdex, 2018); de esta producción, el 90% se concentró en los departamentos de Cundinamarca, Antioquia, Risaralda, Quindío, Valle del cauca, Tolima, Boyacá y Santander. En 2017, el valor de las exportaciones incremento en un 2,58% mientras que el peso neto en kilogramos de la gulupa vendidos en el exterior fue de 3,45% (Analdex, 2018). En cuanto al peso en toneladas, se presentó un crecimiento del 11% para el primer semestre de 2019 (véase la figura 2), al pasar de 3.460,25 toneladas en 2018 a 3.854,27 en 2019 (Analdex, 2019). De otra parte, Agronet (2019), reporto

que en 2018 se exportaron 24.799 toneladas de gulupa.

Figura 2

Exportaciones de la Gulupa 2018-2019



Fuente: Analdex (2019)

La Comunidad Europea, Estados Unidos, Canadá y Asia son los principales destinos de exportación. Entre estos: Países Bajos, Bélgica, Reino Unido, Italia, España y Alemania, se destacan por su dinámica en las exportaciones. Colombia tiene una participación de 2,9% del mercado global y ventas por más de US\$74,9 millones. Así mismo, los departamentos que más exportan este tipo de fruta son: Cundinamarca, Antioquia, Risaralda, Quindío y Valle del Cauca (Analdex, 2019). Actualmente, se cultiva comercialmente en cerca de 2.144 hectáreas sembradas en total (Estrada, 2020). Sin embargo, su comercialización está sujeta a requisitos fitosanitarios generales para la exportación, entre estos la producción bajo Buenas Prácticas Agrícolas BPA, así como cumplir con los límites y tolerancias establecidos para pesticidas y metales pesados que garanticen la inocuidad del producto y la salud de los consumidores (Cámara de Comercio de Bogotá, 2015).

De acuerdo con las regulaciones vigentes la exportación de gulupa está sujeta al cumplimiento de las normas contenidas en la resolución ICA 448 de 2016 donde se establecen los requisitos para exportar frutas y vegetales frescos desde Colombia (ICA, 2016). Además, para ser exportador de fruta fresca se debe cumplir requisitos como a) registro ante el ICA como exportador de fruta fresca, b) obtener el registro del predio para la producción de frutas frescas ante el ICA, c) solicitar el certificado fitosanitario ante el ICA y d) adquirir el certificado de inspección sanitaria (CIS) expedido por el Instituto Nacional de Medicamentos y Alimentos – Invima (ICA, 2004).

Además del auge de la gulupa como producto de exportación y su importancia económica en Colombia, esta fruta posee un gran valor por su sabor y propiedad nutricional ya que es fuente de provitamina A, niacina, riboflavina y ácido ascórbico (Wenkam, 1990). Dentro de las principales frutas exportadas, actualmente en Colombia la gulupa ocupa el cuarto puesto después del plátano, aguacate y uchuva, posicionándose por encima de la lima tahití, la naranja y la granadilla (Analdex, 2019). De otro lado, la producción comercial de gulupa en Colombia se encuentra entre 1.400 y 2.200 msnm; la producción en altitudes mayores inicia a los 12 a 18 meses, con la particularidad que el tamaño de la fruta se reduce (Fischer et al., 2009).

Aunque las frutas tropicales se producen principalmente en Asia un 67,4%, América 20,5% y África 11,8% (Albino, 2016), según información de la FAO, se estima que el 99% de la producción de frutas tropicales tiene origen en los países en desarrollo, principalmente cultivadas por pequeños agricultores en predios de menos de cinco hectáreas de terreno (FAO, 2020); razón por la cual, es preciso además de efectuar una equilibrada nutrición mineral, mejorar el material de siembra, conocer y controlar las plagas y aplicar buenas prácticas agrícolas; acciones que deben adelantar los productores de gulupa para mejorar los cultivos y sus rendimientos. En este

sentido, el comercio de fruta como la gulupa puede generar ingresos sustanciales a los pequeños productores, así como importantes ingresos de exportación para el país, contribuyendo de esta manera a mejorar la seguridad alimentaria.

De otro lado, el fruto de la gulupa se destaca en el medio farmacéutico como materia prima para ansiolíticos y suplementos vitamínicos, mientras las hojas son utilizadas como sedante y antiespasmódico (Yockteng et al., 2011). Es también materia prima utilizada en perfumería y cosmetología. Así mismo, el interés por esta fruta en los mercados extranjeros está determinado además de su sabor dulce, por sus bondades en aplicaciones de alta cocina, por lo que resulta interesante para un amplio rango de usos y aplicaciones, especialmente la agroindustria en la elaboración de pulpa concentrada para jugos y néctares (Ocampo & Wyckhuys, 2012).

De acuerdo con Miranda (2011), el consumo mundial de frutas como la gulupa registra una tendencia en ascenso, lo cual se explica, además de los cambios en los ingresos y las estructuras poblacionales, por la creciente valoración social y científica de las propiedades nutricionales y funcionales de las frutas. Es así como en Colombia durante las últimas cinco décadas el área sembrada en frutas se comporta como una dinámica de constante crecimiento, consiguiendo así aumentar su participación tanto en el área dedicada a cultivos no exportables como en el total del área de la agricultura sin café (Miranda, 2011). Sin embargo, aunque la fruticultura colombiana actual muestra grandes esfuerzos de organización y proyección hacia los mercados internacionales, aún carece de procesos fundamentales de planificación a largo plazo, organización gremial, poca especialización y una alta dispersión de las zonas productoras, que ameritan un trabajo continuo de las cadenas existentes que jalone su desarrollo.

Según la FAO (2020), en cuanto a las perspectivas para la producción y el comercio

mundial de las frutas tropicales, las proyecciones 2019 – 2028 indican que este sector seguirá figurando entre los de más rápido crecimiento en la agricultura, razón por la cual amerita la atención de los encargados de formular políticas que busquen fuentes de crecimiento económico y la mitigación de la pobreza en las zonas rurales de los países tropicales.

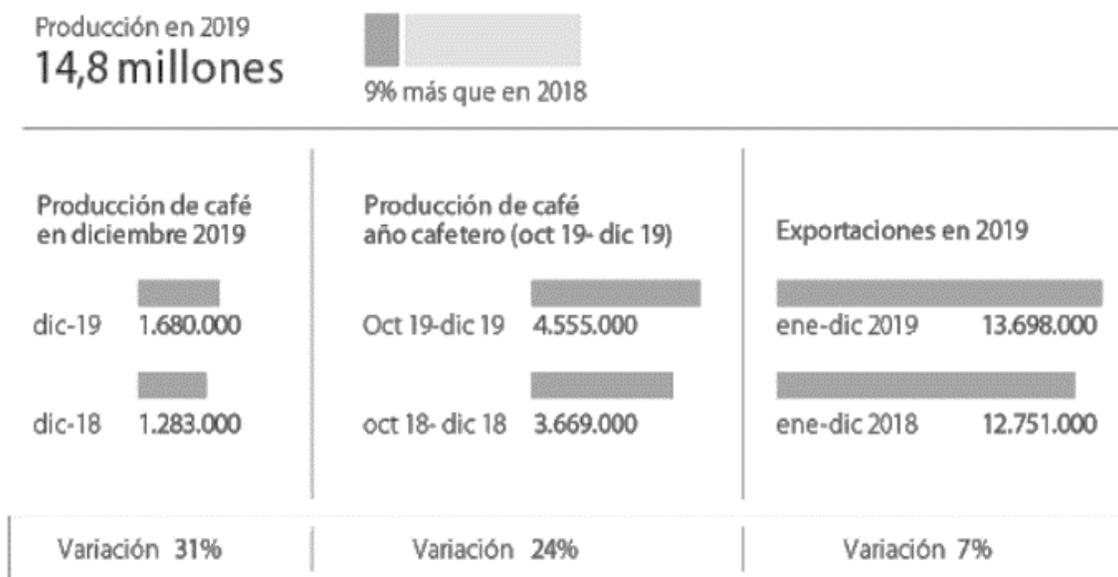
3.1.3. **Café (*Coffea arabica* L.)**

En lo que a la economía cafetera se refiere, es un cultivo desarrollado en todos los departamentos andinos del país y con la participación de alrededor de 595 municipios, con un área destinada para el cultivo cercana a las 970 mil hectáreas, empleando a las familias propietarias de los predios cafeteros, y a miles de recolectores de café (Pérez, 2013). Según Muñoz (2014), menciona que este sector genera cerca de 785 mil empleos directos, lo que equivale al 26% del total del empleo agrícola y el valor de la cosecha es de aproximadamente \$5,2 billones, con una participación de 43 puntos básicos o porcentuales sobre el PIB; contribución importante para el sostenimiento y crecimiento del sector agropecuario.

En este orden de ideas, el café es el segundo producto básico más valioso del mundo, siendo el petróleo el primero, y según datos de la Federación Nacional de Cafeteros – FNC (2020), el volumen anual de producción en 2019 fue de 14,8 millones de sacos y las exportaciones colombianas de café respondieron a un volumen de 13.698.000 sacos de 60 kg de café verde equivalente (véase la figura 3). Cifra histórica 9% más alta que la lograda en 2018 y producción que no se registraba desde hace 25 años; correspondiendo a un valor declarado de 2.607,2 millones de USD.

Figura 3

Cifras producción de café en Colombia 2019



Fuente: Federación Nacional de Cafeteros (2019)

El café ha sido importante en la economía nacional por generar grandes ingresos, producto de una mayor participación externa. Sin embargo, Perdomo y Mendieta (2007), mencionan que en años anteriores la caficultura colombiana ha experimentado pérdida de importancia económica, tanto en el contexto nacional como en el internacional, causado principalmente, por la trágica caída de su productividad; con esta el empobrecimiento de los caficultores, así como por el envejecimiento de los cultivos.

Junto con estos factores, también incidieron la falta de adopción de nuevas tecnologías y variedades resistentes a las plagas y enfermedades, en especial a la roya; y la baja fertilización, entre otras limitantes (Cano et al., 2012). En este sentido, la baja rentabilidad del cultivo del café es debido al bajo nivel del precio internacional del grano que se desarrolla en medio de una volatilidad creciente de este en relación con el dólar. Así mismo, la baja productividad técnica, el aumento de los costos de producción y el encarecimiento de la mano de obra para las labores del

cultivo como la recolección (García et al., 2016) que, asociados al cambio climático, se ha traducido en el hecho que un importante porcentaje de productores de café y sus familias se encuentren en condición de pobreza (déficit cuantitativo y cualitativo de vivienda, conexión a servicios públicos, asistencia educativa, acceso al sistema de salud, etc.) (FNC, 2017).

Por otro lado, Arias et al. (2017) mencionan que la variabilidad económica, principalmente en los precios internacionales, ha hecho que el sector cafetero no sea estable; siendo una coyuntura económica que también afecta el mercado interno (consumo, precios internos, distribución, etc.), así como las variaciones del medio ambiente, aduciendo que el comportamiento del sector sea aún más variable en el tiempo. Así el panorama del sector cafetero, conviene hallar condiciones que puedan, en gran medida, sostener los niveles productivos evolucionados a través de la producción del conocimiento al alcance de todos y que otorgue importancia al “Capital Humano”, ya que es el único instrumento de producción que no está sujeto a la disminución de los ingresos (Pérez Cázares, 2013).

Afortunadamente, en los últimos años según Quiñonez-Ruiz et al. (2016) han surgido estrategias de generación de valor agregado para la economía cafetera por parte de la producción primaria, mediante la creación de atributos especiales del producto tales como denominaciones de origen, forma de producirlo (orgánico), buenas prácticas agrícolas, preparaciones específicas, etc.; logrando primas o incentivos que el mercado reconoce a los productores. Los incentivos que obtienen los productores se generan debido a que el consumidor paga más por el café en los mercados de esta especialidad. Sin embargo, el mercado de "especialidad" sigue siendo reducido, aunque está creciendo, y se estima que a futuro llegará a representar entre el 10% y el 15% del mercado mundial, y que lo abastecerá un pequeño número de grupos de productores comprometidos con los estándares de producción y calidad exigidos (International Coffe

Organization – ICO, 2020).

Sin embargo, al Colombia ser exportador de café verde, explica la dependencia de los tostadores o de los propietarios de las marcas en realizar mezclas del café colombiano con cafés de otros orígenes, incidiendo negativamente en temas de calidad, consumo y rentabilidad (Quiñonez-Ruiz et al., 2016). El café verde, también llamado oro, es utilizado para el tostado, a nivel de la pequeña o grande industria, para posteriormente molerse y envasarse o bien solubilizarse (Figuroa-Hernández et al., 2015). De otro lado, la producción interna de café es afectada por distintos factores, por ejemplo, la revaluación del peso colombiano, la situación económica de los que importan el grano, la volatilidad en los precios y la falta de programas de transferencia bien estructurados (Arcila et al., 2007).

Según Clavijo y Joya (2018) es importante continuar con las buenas prácticas cafeteras de apoyos al programa de renovación cafetera y de subsidios a fertilizantes por cafeto renovado, con lo que se impulsaría la renovación de más de 30.000 hectáreas en el mediano plazo. Lo anterior considerando que el café por décadas ha sido uno de los principales motores del desarrollo en la economía rural, que impulsado por un marco institucional supone se encargó de agrupar a los productores y proveerles bienes y servicios para el mejoramiento de sus condiciones de vida (Ramírez et al., 2002).

Así el panorama y dado que la economía rural sigue dependiendo del empleo agropecuario, ya que según la Misión para la Transformación del Campo (2013) el 63% de los trabajadores rurales laboran en actividades agropecuarias y el restante 37% en actividades diferentes; resulta fundamental que la producción agrícola sea rentable para generar empleo en las zonas rurales del país, incrementar los ingresos de los campesinos, así como mejorar sus condiciones y calidad de vida (Rueda, 2017).

4. Capítulo 2

4.1. Importancia económica de las plagas agrícolas en aguacate, gulupa y café

Describir las plagas en cultivos como aguacate, gulupa y café, la evaluación del daño a la planta y su efecto en el desarrollo vegetativo, son indicadores de gran importancia para el manejo fitosanitario (ICA, 2012). En este sentido y debido a la importancia de los fitófagos en los cultivos y el desconocimiento que se tiene de ellos, particularmente por parte de los cultivadores de frutos y granos con destino al mercado nacional e internacional, es fundamental conocer la artropodofauna presente en estas explotaciones. Lo anterior considerando que el conocer su posible preferencia alimentar en la planta, supone facilitará a los productores e instituciones determinar en parte la magnitud del problema y estructurar los programas de manejo que minimicen el impacto de las plagas e implementar los planes de prevención y manejo que faciliten la continuidad de este tipo de explotaciones, sin perjuicio de la producción dado su potencial para el mercado de exportación.

4.1.1. Fitófagos de importancia agrícola en el aguacate

Entre los insectos plaga que afectan el cultivo de aguacate, se encuentran los trips (Thysanoptera: Thripidae) fitófagos que representan un alto riesgo para la agricultura por su polifagia, resistencia a pesticidas tradicionales, falta de enemigos naturales, además de ser capaz de sobrevivir y reproducirse frente a condiciones adversas, así como a desarrollar una notable estrategia de supervivencia (ICA, 2012). Estos, son insectos de pequeño tamaño, con aparato bucal raspador – chupador y metamorfosis completa (Mejía, 2011), que en los estadios inmaduros se parecen a los adultos, pasando por dos estadios larvarios ápteros pero móviles y dos o tres ninfales inactivos con esbozos alares (Goldarazena, 2015).

Por otra parte, la mayoría de las especies de trips concentran su actividad alimenticia en

los tejidos de crecimiento rápido, mientras que otras especies no infestan hojas jóvenes debido a un contenido mayor de agua en relación con el peso total de la hoja y consecuente dilución de los solutos de la célula (Arévalo et al., 2003). De acuerdo con Morales (2013), los trips en el cultivo de aguacate configuran una plaga de importancia económica ya que demeritan la calidad del fruto hasta en un 25%, debido a que daña severamente brotes vegetativos, inflorescencias y frutos en formación, trayendo como principal consecuencia la aparición de abultamientos irregulares en la epidermis. Este mismo autor relaciona como umbral de alerta para los trips en hoja, flor y fruto 15, 3 y 7 trips respectivamente.

En Colombia se han reportado tres especies causando daño en aguacate y son *Frankliniella gardenia*, *Selenothrips ruvosinteps* y *Heliothrips haemorrhoidalis* (Mejía, 2011), quien además reporta que el daño causado por trips puede producir pérdidas de hasta 100% de las flores si no se atiende oportunamente a un ataque fuerte. Tanto las ninfas como los adultos se alimentan y producen daños severos en los brotes y frutos recién cuajados, siendo el daño más grave en los frutos, produciendo rechazo comercial.

Según el Instituto Colombiano Agropecuario – ICA (2012), y tomando en consideración los diferentes insectos plaga que afectan el cultivo de aguacate, en condición de manejo deficiente, pueden llegar a causar pérdidas entre el 80 a 100% en la producción, por efecto de daño en la pulpa y semilla o por caída prematura de frutos. Así mismo, en la etapa de cosecha y poscosecha, se presentan pérdidas entre 20 a 25% relacionadas entre otros factores con el mal manejo fitosanitario del cultivo (ICA, 2012). Altas poblaciones de las plagas que lo atacan pueden inducir pérdida prematura de flores y disminución de frutos; además algunas son transmisores de virus que afectan la producción, pérdidas que en casos severos pueden ser de más del 50% (Guerrero et al., 2012).

Por su parte, Zumbado y Azofeifa (2018) mencionan a la cochinilla rosada del hibisco *Maconellicoccus hirsutus* (Hemiptera: Pseudococcidae) como una especie polífaga, presente en aguacate afectando el crecimiento; causando daño al alimentarse de los ápices de ramas y produciendo caída de las hojas (defoliación) y hasta la muerte de la planta. Los mismos autores también mencionan que la mosca del ovario *Bruggmanniella perseae* (Diptera: Cecidomyiidae) puede llegar a ser una plaga severa en aguacate, considerando que las larvas matan los frutos pequeños, antes de que alcancen los 2 cm de longitud. Esta mosca aprovecha la ocurrencia de la anthesis de las flores, oviposita en el ovario de la flor, del cual emerge la larva y se alimenta; cuando alcanza su madurez, se desplaza hacia el extremo apical del fruto barrenando un punto de salida, allí comienza el estado de pupa, ubicándose en el material raspado por la larva y sale hasta la mitad, momento en el cual el adulto emerge y al poco tiempo el fruto tierno es “abortado” (Delgado-Ortiz et al., 2017).

La polilla de la semilla del aguacate o complejo de pasadores del fruto, *Stenoma catenifer* Walsingham (Lepidoptera: Elachistidae) se destaca en Colombia, como plaga de importancia económica y priorizado por los agricultores como la mayor limitante entomológica para la producción competitiva de aguacate (Belline et al., 2014). Es además considerada endémica en el país y plaga cuarentenaria que puede causar pérdidas totales en la producción (Hohmann & Meneguim, 1993). Son barrenadores de semilla y de ramas y su presencia limita la comercialización del fruto. Las larvas que se alimentan en el fruto causan daños importantes al alimentarse de la pulpa y la semilla (SENASICA, 2017).

Este lepidóptero luego de pasar por los estados de huevo en alrededor de 5,5 días, larva en aproximadamente 18,5 días pasando por cinco instares sin diferencias de forma marcadas, pero cambiando de color (blanco, café claro, rosado hasta morado en el dorso y azul en el

vientre); en 20 días penetra el fruto y consume la semilla, ataca frutos en cualquier estado de desarrollo (Delgado, 2009); ocasionando pérdidas que pueden llegar al 80% de la cosecha (Orjuela, 2011). Genera daños indirectos en frutos por la exudación de savia, así como por favorecer la presencia de patógenos secundarios, como consecuencia de las lesiones causadas por las heridas de alimentación (Hoddle, 2011).

Dentro de los insectos plaga de importancia económica para el aguacate, también figuran los barrenadores o perforadores de la semilla *Heilipus* spp. (Coleoptera: Curculionidae). Su importancia radica en que estos fitófagos cumplen su ciclo de vida asociados a los tejidos de la planta atacando hojas, tallos, frutos o raíz (Rubio et ál., 2009). Entre estos, el picudo *Heilipus lauri* se encuentra ampliamente distribuido en las diferentes zonas productoras de aguacate en el país, generando pérdidas significativas de frutos hasta en un 80% (Caicedo et al., 2010). Sobre la biología de *H. lauri* García (1962), registró un ciclo de vida para el estado de huevo entre 12 a 14 días; de 54 a 63 días la duración del estado de larva, con cinco posibles instares larvarios; entre 14 a 16 días la pupa, y de 3,5 a 4,0 meses la longevidad del adulto.

Mientras los adultos *H. lauri* causan daño en las hojas, brotes y botones florales, las hembras ovipositan el fruto con una perforación en forma de media luna, donde deposita entre uno a dos huevos por fruto y un potencial de 36 huevos puestos al mes (Rodríguez, 1992). Posteriormente emergen las larvas que son ápodas, las cuales perforan la pulpa de un lado al otro y se introducen en la semilla, de la que se alimentan, debilitando el fruto el cual termina cayendo al suelo (Wysoki et al., 2002). Para finalizar el estado larval, este coleóptero empupa en la semilla del fruto hasta la emergencia del adulto, el cual sale por un orificio que hace con el pico o rostrum (Medina, 2005).

De otro lado Castañeda-Vildózola et al. (2007), reportan como especies nocivas para el

aguacatero en México y Costa Rica a *H. lauri*, *H. pittieri* y *H. trifasciatus*, identificadas a partir del estudio de la estructura general de la genitalia, quienes además consideran puede ser esta una herramienta para la posible ubicación sistemática e incluso filogenética de las especies del género *Heilipus*. Para Colombia se reporta a *H. lauri* Boheman, *Heilipus* sp. cerca *pitteri* Barber, *H. trifasciatus* (Fabricius) y *H. elegans* Guérin-Ménéville, como barrenadores de fruto en aguacate (Rubio et al., 2009), siendo limitantes para el cultivo por los daños que causa y las restricciones que genera en la comercialización del fruto (Téliz & Mora, 2007; Caicedo et al., 2010). Aunque la especie considerada predominante en Colombia es *H. lauri*.

Otro insecto de importancia agrícola en Colombia es el también denominado barrenador de las ramas del aguacate *Copturomimus perseae* Hustache (Coleoptera: Curculionidae), pequeño gorgojo que se caracteriza por hacer galerías en el interior de tallos y ramas, cuyo daño producido es la puerta de entrada al ataque de fitopatógenos que pueden terminar por causarle la muerte a la rama y en casos extremos hasta la muerte del árbol (Mejía, 2011). Su daño se puede extender incluso hasta los frutos y se han reportado pérdidas cercanas al 85% en cultivos atacados por esta plaga. Los estadios de huevo, larva, prepupa y pupa duran aproximadamente 9, 40, 4 y 12 días respectivamente y los adultos sobreviven 28 días con alimento o 19 cuando no tienen suficiente alimento (ICA, 2012).

La escama, cochinilla o conchuela verde *Coccus viridis* (Green) (Hemiptera: Coccidae), cuya preferencia alimentar la ejerce sobre ramas jóvenes y en retoños, especialmente en arbolitos; en condición de ataques severos ocasionan deformación y secamiento de los retoños. Son pequeños insectos, inmóviles y planos, cubiertos por una caparazón de cera que se conocen como escamas protegidas, debido a su consistencia dura (Mejía, 2009). Causa daño directo al succionar savia y en ataques severos pueden causar defoliación, en los frutos causan manchas y a

veces deformación. Así mismo causan daño indirecto ya que secretan un líquido azucarado (miel de rocío) que además de atraer las hormigas, sobre este crece el hongo causante de la fumagina (*Capnodium* sp.) (Mera et al., 2010). Las fumaginas del aguacate se han observado principalmente en cultivos ubicados en los departamentos de Antioquia, Caldas, Cundinamarca, Quindío y Risaralda (Tamayo, 2007).

De otro lado encontramos la hormiga arriera *Atta cephalotes* (Hymenoptera: Formicidae), como la de mayor presencia en Colombia y causante de daños en el cultivo de aguacate “defoliación total o parcial del árbol” y afectan principalmente hojas y ramas tiernas generando bajos rendimientos de producción y afectando directamente la economía. De acuerdo con Fernández et al. (2015) las hormigas arrieras o cortadoras de hojas son consideradas como una plaga de importancia agrícola, debido a su gran dispersión, adaptabilidad y éxito evolutivo.

Por su parte, Montoya (2012), menciona que son aproximadamente 47 los cultivos agrícolas y hortícolas, atacados por este herbívoro que puede llegar a causar disminuciones en la productividad y rentabilidad hasta de un 35 %. Las reinas viven de 15 a 25 años, con una tasa de oviposición aproximada de 1.500.000 huevos por año, las obreras viven de cuatro a siete meses en promedio, tienen metamorfosis completa (huevo: 25 días, larva: 25 a 52 días, ninfa: 14 días y adulto: varios meses) (Clavijo, 2014).

Otro insecto de importancia para el cultivo de aguacate es *Monalonion velezangeli* Carvalho & Costa (Hemiptera: Miridae), responsable de perforar el fruto y succionar la savia, así como por ocasionar daños en los brotes apicales “quemazón de cogollos”, tallos y botones florales, generando secreciones de color rojo y manchas de color café con presencia de exudado (Bernal & Díaz, 2005). Generalmente llegada la cosecha de los frutos es cuando se observa la perforación causada por la chinche del aguacate o coclillo (Cárdenas & Posada, 2001), daño en

ocasiones confundido con una enfermedad fungosa.

Cuando el daño se produce en frutos pequeños estos se pasman y se momifican; mientras que las hojas, brotes vegetativos e inflorescencias se rajan y se marchitan (Londoño, 2010). El ciclo de vida de *M. velezangeli* es de 63 días; tarda 51 días de huevo a adulto. Pasa por los estados de huevo, ninfa (con cinco ínstaes ninfales que se diferencian por tamaño y por presencia de rudimentos alares) y el adulto. Las ninfas son de color naranja, con manchas rojas y negras en cabeza, abdomen, patas y antenas (Carvalho & Costa, 1988). El chinche adulto se ubica debajo de las hojas, en lugares con menor impacto de la luz solar o en condiciones umbrías al interior del estrato foliar (Londoño, 2014).

Al cultivo del aguacate también se asocian chinches fitófagos del género *Antiteuchus* (Hemiptera: Pentatomidae). Para el caso de las zonas productoras de Colombia de acuerdo con el ICA (2012), se reportan las especies *Antiteuchus tripterus*, Fabricius; *A. pallescens* Stal; *A. piceus*, Palisot de Beauvois, como los de mayor importancia económica donde el adulto causa daños en ramas y pedúnculos y, adultos y ninfas, succionan savia. Esta chinche ataca la base de los frutos, siendo también señalada como vector de la moniliasis del cacao (Castillo-Carrillo et al., 2020; Umaña & Carballo, 1995). Según estos mismos autores *A. tripterus* pasa por cinco estadios ninfales desde su estado de huevo hasta la adultez y este periodo dura en promedio unos 100 días. Se les encuentra en todas las épocas del año, pero más en los periodos de sequía. Los daños causados por las chinches se distinguen como pústulas y manchas negras, algunas verrugosas sobre los frutos. Las ramas tiernas severamente atacadas, pueden secarse y los frutos pequeños detienen su desarrollo, quedando momificados y caen (Yepes & Zapata, 2019).

Algunas especies del género *Compsus* y otras dentro de la familia Curculionidae son consideradas plagas de importancia económica en la producción de aguacate (Zuluaga-Cárdenas

et al., 2015). El picudo *Compsus* sp. (Coleoptera: Curculionidae), cuya preferencia alimentar y daño se concentra principalmente en las hojas, causan pérdidas entre 20 y 30% en la producción en los departamentos donde se ha reportado su presencia Gallego et al., (2012). Este insecto es considerado como una amenaza para la sanidad de la fruticultura del país por su capacidad destructiva y por el manejo inadecuado efectuado para reducir sus poblaciones. Presenta una gran capacidad reproductiva ya que una hembra puede ovipositar hasta 3.500 huevos en toda su vida y oviposita en masas irregulares entre dos hojas unidas por el envés con una sustancia gelatinosa que segrega (ICA, 2012).

De otro lado, Cano et al. (2002) mencionan que esta plaga en estados inmaduros, sus larvas causan daño en las raíces, mientras que los adultos consumen hojas, flores y frutos. Es así como los daños causados por los estados larvales en los que se alimenta de raicillas y pelos absorbentes; luego, de raíces más gruesas; no solo afectan el rendimiento, sino el tamaño y la calidad del fruto. En cítricos es considerado una de las principales especies-plaga en Colombia y se encuentra distribuida en los departamentos de Antioquia, Caldas, Cundinamarca, Quindío, Risaralda, Santander, Tolima y Valle del Cauca (O'Brien & Peña 2012); algunos de estos departamentos también productores de aguacate.

4.1.2. **Fitófagos de importancia agrícola en la gulupa**

Los trips *Frankliniella* spp. (Thysanoptera: Thripidae), son una de las plagas de importancia para el cultivo de gulupa, y en las plantas los estados fenológicos reproductivos con mayor presencia del fitófago son las ramas primarias en floración y en la formación del fruto (Melgarejo, 2019). Ataca brotes apicales, flores y frutos; caracterizándose estos últimos por presentar cambios en el color y textura del epicarpio, causando deformaciones. Son insectos muy pequeños y los adultos ponen los huevos dentro de los tejidos de la planta (Angulo, 2009). Se

caracterizan por presentar cuerpo alargado, de color marrón o negruzco de no más de 2mm de largo, desde el ápice del abdomen al estilo de la antena, mientras que la parte más ancha del abdomen pueden medir más o menos 0,6 mm (Melgarejo, 2019).

El cultivo de gulupa además de los trips (*Frankliniella* spp), presenta diversos tipos de plagas que limitan la producción de frutos o demeritan su calidad. Entre estos se reportan insectos fitófagos como el gusano cosechero (*Agraulis vanillae* Linnaeus), la mosca del ovario o sonsa (*Dasiops* spp), la mosca negra de la flor (*Drosophila* sp), áfidos (*Aphis* sp); así como ácaros o arañita roja (*Tetranychus urticae*), como los fitófagos de mayor importancia en el cultivo (Guerrero et al., 2012; Jaramillo & Zuluaga, 2015).

El gusano cosechero (*A. vanillae* L.) (Lepidoptera: Nymphalidae), también conocida como “mariposa espejitos”, es un insecto de amplia distribución cuya preferencia alimentar la concentra en especies de pasiflora como la gulupa; el adulto es una mariposa llamativa de color naranja brillante dedicada a visitar flores, a la copula y oviposición para su reproducción. Es en su estado larval donde se alimentan del follaje dejando solamente las nervaduras, realizando el ataque de forma gregaria iniciando por los brotes y hojas jóvenes. En condiciones de alta infestación y consumo de follaje, las plantas se tornan esqueléticas; e importante considerar la existencia y conservación de enemigos para su control, por ejemplo, algunos himenópteros véspidos (Hernández et al., 2011).

Por su parte, la especie *Dasiops Rondani* (Diptera: Lonchaeidae) constituyen una importante limitante en la producción de gulupa debido a que utiliza los botones florales y los frutos para completar su desarrollo biológico (Santamaria et al., 2014). Por ejemplo, algunas especies del género *Dasiops* ovipositan en botones florales generando aborto, en tanto que otras especies ovipositan en flores recién fecundadas con aparente normal desarrollo del fruto,

mientras las larvas consumen su interior (Sepúlveda, 2008; Santos et al., 2009).

Según Castro et al. (2013), la producción comercial de pasifloras en Colombia se ve afectada principalmente por el brote de flores o la infestación de frutos por moscas del género *Dasiops*, tales como *D. curubae* Steyskal, *D. caustonae* Norrbom y McAlpine, *D. inedulis* Steyskal (Steyskal, 1980; Umaña, 2005; Chacón & Rojas, 1984; Ambrecht et al., 1986); *D. gracilis* Norrbom y McAlpine, *D. yepesi* Norrbom y McAlpine, *D. plumeus* McAlpine y *D. saltans* (Townsend) (Yépez & Vélez, 1989; McAlpine, 1964; Norrbom & McAlpine, 1996).

En condiciones agroecológicas de Colombia Ebratt et al. (2013), reportan la presencia *D. gracilis* en frutos de gulupa en formación y como agente causal del aborto floral. Estos mismos autores catalogan a *D. inedulis* como la ‘mosca del botón floral’, debido a que infesta exclusivamente botones florales en gulupa, así como en otras de las especies de pasiflora de importancia económica.

Por otro lado, se encuentran las moscas de la fruta, también conocidas como moscas negras de la flor, pertenecientes al género *Drosophila* (Diptera: Drosophilidae), asociadas con el cultivo de gulupa. *Drosophila* sp., causa daños directos al colocar sus huevos de forma tal que al emerger la larva se alimenta del botón floral; e incluso pueden llegar a encontrarse larvas en frutos tiernos en proceso de desarrollo y frutos maduros (Ocampo & Wyckhuys, 2012). Aunque los daños ocasionados a la flor y al fruto son leves, su importancia radica en el daño indirecto ya que favorecen la proliferación de fitopatógenos como hongos que ocasionan pérdidas económicas mayores.

Al respecto, Carreras y Rodríguez (2009), relacionan a *Drosophila* con la transmisión de diversos microorganismos fitopatógenos, en particular levaduras de los géneros *Kloeckera* y *Saccharomyces* y bacterias del género *Acetobacter*, capaces de provocar podredumbre en frutas.

Es así como el daño que la mosca produce es la descomposición de los frutos sanos, ya que luego que las hembras ovipositan bajo el pericarpio se generan machas de color café que hacen que la producción sea de baja calidad para el consumo y su comercialización (Matheus, 2005).

Los áfidos o pulgones *Aphis* sp. (Hemiptera: Aphididae), son insectos picadores y chupadores de savia que establecen sus colonias en los cogollos tiernos, hojas y ramas, induciendo amarillamiento, enrollamiento y caída prematura de las hojas (Angulo, 2009). También ocasionan disminución del desarrollo vegetativo y una reducción de la fotosíntesis en la hoja, ya que secretan una sustancia (miel de roció) en el envés de las hojas, empleada como sustrato por hongos saprofitos para su desarrollo y conocidos como fumaginas (Blackman & Eastop, 2000).

De otro lado, Ocampo y Wyckhuys (2012) menciona que en el cultivo de la gulupa el daño más importante causado por los áfidos, es que pueden ser vectores de enfermedades virales. En general se pueden considerar como plagas secundarias y esporádicas, pero presentan gran potencial para convertirse en plagas de importancia económica, debido a que estos fitófagos se pueden reproducir partenogénicamente, es decir, las hembras se reproducen sin necesidad de copula con los machos (León et al., 2007).

En un estudio sobre pasifloras silvestres del Valle del Cauca, Bacca (2019) mediante técnicas de biología molecular, diagnosticó la presencia de Potyvirus (Soybean mosaic virus) y Cucumovirus (Cucumber mosaic virus), donde además menciona que más de 80 especies de áfidos son potencialmente capaces de transmitir estos virus (Shukla et al., 1998; Gioria et al., 2002; Nascimento et al., 2006; Spiegel et al., 2007; Ha et al., 2008). Este resultado es substancialmente importante dada la posibilidad que tanto pasifloras silvestres como comerciales sean susceptibles y desarrollen virus.

Otro artrópodo fitófago en gulupa y no menos importante para su cultivo es el ácaro o arañita roja *Tetranychus urticae* Koch (Acarina: Tetranychidae), cuyo daño directo es producido al raspar y chupar el contenido de hojas y otros órganos de las plantas que son afectadas (Cardona & Mesa, 2015). En cuanto al hábito vital, se desarrollan en colonias en las que predominan las hembras, permanecen en el envés de las hojas más viejas entre una telaraña que tejen para su protección.

De acuerdo con Cardona y Mesa (2015), una característica de importancia y que potencializa la infestación de este ácaro, responde al hecho que se reproduce sexualmente y por partenogénesis arrenotóquica. Angulo (2010) reseña que las hembras en promedio pueden colocar 120 huevos, que eclosionan después de 4-6 días, completando su ciclo en 15 días dependiendo de las condiciones climáticas de la zona en la que se desarrollen. En tanto que, los ataques son más severos en épocas secas y cálidas. En lo que al ciclo biológico respecta, es holometábolo, y consta de 4 instar: huevo, larva, dos estadios ninfales (protoninfa y deutoninfa) y adulto (Reyes-Bello & Mesa-Cobo, 2011).

En gulupa *T. urticae* causa zonas de coloración amarillo grisáceo a lo largo de las nervaduras de la lámina foliar, dando a las hojas un aspecto “bronceado”; cuando el ataque es severo, puede presentarse defoliación. En frutos producen cicatrices o escoriaciones de coloración café en la epidermis, debido a la acción de raspado del tejido y succión de savia (Jaramillo & Zuluaga, 2015). Solano-Rojas et al. (2018) señalan que la amenaza del ataque de ácaros se amplifica cuando son capaces de favorecer el ataque de microorganismos fitopatógenos.

Ocampo y Wyckhuys (2012), mencionan la importancia de realizar monitoreos semanales durante las primeras etapas del cultivo, con el fin de poder determinar a tiempo la presencia-

ausencia de las plagas. Jaramillo y Zuluaga (2015), destacan la importancia de evaluar el nivel de infestación de las diferentes plagas en el cultivo de gulupa, realizando monitoreos al menos una vez al mes. En este sentido, el manejo integrado de plagas MIP, contempla la integración de medidas para evitar la proliferación de estas, manteniendo el uso de plaguicidas y minimizando su uso en niveles económica y ambientalmente justificables, mediante otros tipos de insumos y manejos enfocados a reducir o minimizar los riesgos para la salud humana, la producción y el medio ambiente en general (García et al., 2019).

4.1.3. Fitófagos de importancia agrícola en el café

En cuanto al café cultivado en las condiciones agroecológicas de Colombia presenta problemas de plagas asociadas principalmente con minadores de hoja *Leucoptera coffeella* (Guerin-Meneville) (Lepidoptera: Lyonetiidae), la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), siendo el insecto plaga más importante que afecta el cultivo del café; y cochinillas *Planococcus lilacinus* Cockerell (Hemiptera: Pseudococcidae) y *Puto barberi* (Cockerell) (Hemiptera: Putoidae) que atacan diversas partes, incluyendo ramas, nódulos, hojas, racimos de flores y raíces (Gil et al., 2015).

Estos insectos fitófagos parecen estar en aumento y potencializados por efecto de impactos asociados con el cambio climático (Panhuysen & Pierrot, 2014). Así mismo, en cafetales del departamento del Huila hacia el año 2000, se reportó la afectación fitosanitaria denominada por los caficultores como “chamusquina o quemazón de cogollos” cuyo responsable es la chinche *Monalonion velezangeli* (Hemiptera: Miridae), presentando reducciones de la productividad de hasta un 50% entre cada cosecha (Ramírez-Cortés et al., 2008).

De acuerdo con Bustillo (2008), el minador de hoja *L. coffeella* en Colombia se reporta distribuida en las tres cordilleras, en plantaciones ubicadas por debajo de los 1300 msnm,

afectando cafetales de todas las edades. Sin embargo, en los últimos años plantaciones de café situadas entre los 1500 y 1700 msnm se han visto afectadas por esta plaga, lo cual sugiere una inminente adaptación de las poblaciones de minador a rangos térmicos altitudinales por encima de los reportados para su especie (Constantino et al., 2011). Lo anterior resulta importante considerando que su ciclo de vida varía entre 30 a 45 días en función de los cambios de temperatura (Cárdenas, 1991; Bustillo, 2008). David-Rueda et al. (2016) mencionan que cuando las poblaciones de *L. coffeella* alcanzan el nivel de plaga, las defoliaciones pueden ser superiores al 67% y la producción disminuir hasta 52%.

En este sentido, el principal daño lo ocasiona la larva en la lámina foliar, causando lesiones que se forman entre la epidermis, producidos al perforar la parte superior de esta y penetrar el mesófilo, alimentándose del tejido de empalizada; lesiones también llamadas galerías o minas (David-Rueda et al., 2016). La forma de las minas es irregular, redondeadas, alargadas y en zigzag. Su ataque produce debilitamiento de la planta debido a que disminuye la superficie foliar y con esta la acción fotosintética, ocasionando posterior defoliación, lo que influye directamente en la baja de la producción de café (Enríquez et al., 1975).

De otro lado, altas infestaciones se ven favorecidas por manejo inadecuado de las arvenses y el uso irracional de agroquímicos (Benavides et al., 2013). Aunque el ciclo de vida del insecto puede variar de acuerdo con las condiciones climáticas y la variedad de café a la que se encuentre asociado, de forma general su desarrollo se sitúa entre 19 y 87 días de huevo a adulto, encontrándose como un rango favorable la temperatura de 22 a 28°C, y es considerada en Colombia como una plaga potencial (Giraldo & Postali, 2017).

Así mismo, insectos fitófagos como la broca del café *H. hampei* además de afectar la calidad física del grano y la calidad de la bebida, se distribuye en gran parte de las zonas

cafeteras del país (Romero & Cortina-Guerrero, 2004). En el control de plagas se presentan diferentes problemas debido a que no se hace el manejo adecuado; en este sentido es necesario como estrategia de control, combinar las prácticas de manejo de las plagas y el manejo agronómico del cultivo. Según las condiciones de cultivo en Colombia el café que es afectado por la broca, cuando ataca frutos cercanos a los dos meses de edad, más del 50% de estos terminan cayendo de las ramas; pero si el ataque ocurre después de los tres meses de edad, la caída de frutos se reduce a menos del 23,5% (Bustillo, 2010). Así mismo, esta afectación produce pérdidas al disminuir el peso y deteriorar la calidad del grano, desmejorando el precio de venta y aumentando los costos de producción.

En lo que al daño e impacto económico representa la “broca del café”, hace el daño al atacar la cereza y reproducirse internamente, donde el adulto hembra taladra y hace galerías en el endospermo del grano de café, produciendo perforación de los granos, daño físico que permite que los granos maduros atacados sean susceptibles a la infestación de otras plagas y enfermedades; así como, la caída prematura de granos verdes (Bustillo, 2007). En efecto, se produce una baja en la calidad física y peso del grano, que incide en afectación para la exportación del producto (pergamino seco y oro), donde Montilla-Pérez et al. (2008) referencian que en los últimos años el daño físico producido por *H. hampei* al grano de café, ha provocado alteraciones que sin duda afectan el rendimiento de su proceso productivo.

En un estudio relacionado con el manejo sostenible de la broca del café, Rojas (2012) sugiere que el realizar un control diferenciado de broca, mediante un sistema de poda por hileras con intervalos de 3 años, permitió ahorrar el 30% del tiempo de la aplicación, 40% del insecticida y 36,5% del agua utilizada para la aspersión. Esto debido que al podar por lote y por hilera permite concentrar la población de brocas en áreas reducidas del cafetal y facilita las

labores de control. Lo anterior además de sostenible se puede considerar económicamente viable, ya que, al reducir la población de la plaga insectil con el manejo cultural, junto con reducir el uso de insecticidas químicos para su control, supone una disminución de pérdidas a nivel de plantación, grano almacenado, beneficio del grano y costos de producción, al tiempo que se aumentaría el rendimiento, sanidad, calidad física y organoléptica de la bebida (Rojas, 2012).

De acuerdo con Bergamin (1943), la broca es una plaga exótica originaria de la zona ecuatorial del África e introducida accidentalmente al continente americano (Brasil) a principios del siglo pasado. Por su parte, en Colombia en la última década cerca de 800.000 hectáreas de café fueron infestadas por la broca del café, afectando sin duda el patrimonio de más de medio millón de familias cafeteras (Bustillo, 2006). El uso de insecticidas como única medida de control de *H. hampei* no es recomendable, y su eficiencia depende si se aplica en el momento cuando el insecto está penetrando el fruto y el producto entra en contacto con la broca, ya que una vez en el interior de la almendra, ningún insecticida ofrece un control satisfactorio (Villalba et al., 1995). Así mismo, el uso continuado de insecticidas conduce al desarrollo de resistencia a ciertas moléculas químicas (Góngora et al., 2001).

Lo anterior, indica la necesidad de utilizar todas las herramientas disponibles para combatir y reducir las poblaciones de la broca del café, tales como prácticas de control cultural y manejo agronómico del cultivo, para fomentar la fauna benéfica, la introducción de enemigos biológicos como parasitoides y entomopatógenos, incluido el control etológico, de forma tal que jueguen un papel importante sobre las dinámicas poblacionales de la artropodofauna asociada y un componente fundamental para el control biológico de la broca del café (Orozco & Aristizábal, 1996). Según Constantino et al. (2011), en Colombia existen dos especies de *Hypothenemus* de importancia económica (*H. hampei* e *H. obscurus*); la primera es la plaga más destructiva del

café, mientras que la segunda ataca varias especies, incluyendo café.

Otro insecto la cochinilla (*P. lilacinus*), se configura como una plaga de importancia económica para el cultivo de café; insecto que tiene un amplio rango de hospederos y causa pérdidas considerables en cultivos como el cacao (*Theobroma cacao* L.), la chirimoya (*Annona squamosa* L.), el tamarindo (*Tamarindus indica* L.), la granada (*Punica granatum* L.) y la guayaba (*Psidium guajava* L.) (Mukhopadhyay, 2006); además de otras frutas tropicales, subtropicales y árboles de sombra (MAF, 2006; Martínez et al., 2007).

El daño directo es causado al succionar la savia vegetal, también es responsable de inyectar toxinas e inducir la secreción de líquidos azucarados del floema de la planta, que sirven de medio para el establecimiento de hongos sobre la superficie de los órganos atacados, lo cual provoca daños fisiológicos al cultivo (Palma-Jiménez et al., 2019). De forma general, los daños producidos por la cochinilla se manifiestan como un debilitamiento en la planta y decoloraciones de las hojas, acompañadas de necrosis en los bordes; y en arboles jóvenes causa daños severos por la muerte de los brotes de crecimiento de las ramas (Cox, 1989).

En el cultivo de café *P. lilacinus*, afecta principalmente las etapas de floración, fructificación y crecimiento vegetativo, en virtud que se alimenta de las partes tiernas de las plantas donde succiona savia; en condición de altas infestaciones induce clorosis foliar y se produce aborto floral e incluso la muerte del individuo vegetal (SAGARPA, 2014). Por otro lado, su mayor relevancia está dada porque pueden convertirse en plagas de importancia si se introducen en regiones geográficas donde sus enemigos naturales no están presentes (Miller et al., 2002). Comúnmente esta cochinilla se distribuye y observa en las zonas cafeteras con bastante frecuencia durante los meses de verano. Entre las variedades de cafés más cultivadas comercialmente (arábica y robusta), esta última es más propensa al ataque de cochinillas ya que

esta variedad se cultiva en zonas más abiertas (Vinod et al., 2016).

En efecto, la población de cochinillas aumenta con la temperatura y donde prevalecen las condiciones húmedas (Vinod-Kumar et al., 2007); razón por la cual mantener y manejar un óptimo estrato de sombra ayuda a regular el microclima alrededor de las plantas de café, lo cual sirve para evitar que las plantas queden expuestas a la luz solar y con esto favorecer el ataque de la cochinilla (Vinod et al., 2016). Por otro lado, fundamental reducir el uso de insecticidas organofosforados y piretroides, que además de ser altamente tóxicos para el medio ambiente en general, comprometen la sobrevivencia de enemigos naturales bien sea introducidos o nativos (Reddy et al., 1988).

Otro fitófago de interés económico en el cultivo de café en Colombia es la cochinilla o insecto escama (*P. barberi*), especie polífaga, común en el neotrópico y asociada principalmente con daños y lesiones ocasionadas a las raíces del cultivo de café. Dentro de las características que destacan a este herbívoro encontramos su gran tamaño (>5 mm), su hábito críptico y con diversos procesos reproductivos; así mismo, presentan dimorfismo sexual contrastante, especie ovovivípara, de reproducción partenogenética de tipo telitoquia (Villegas et al., 2013), reducida movilidad principalmente en las hembras adultas oviplenas, también la capacidad de secretar sustancias cerosas que le ofrecen protección de las condiciones ambientales y controladores naturales (Caballero et al., 2019). Además, presentan relaciones trofobióticas con otros insectos, principalmente hormigas (Kondo & Gullan, 2010), que favorecen su dispersión, así como el hecho que se hospedan en un rango amplio de plantas, estrategia ecológica que facilita su supervivencia y reproducción (Suarez-P et al., 2018).

Villegas et al. (2013), referencian que además de *P. barberi* (Cockerell), en Colombia las principales cochinillas que se encuentran asociadas causando daños a las raíces del café son

Dysmicoccus brevipes (Cockerell), *D. neobrevipes* Beardsley, *D. texensis* (Tinsley), *Neochavesia caldasiae* (Balachowsky) y *Pseudococcus jackbeardsleyi*; siendo *P. barberi* la especie que predominó, según diagnósticos realizados en siete departamentos donde dicha cochinilla se encontró en el 86% de plantas muestreadas en más de 200 fincas cafeteras (Villegas & Benavidez, 2011). En Colombia se ha reportado tanto en raíces y hojas de *Coffea arabica*, como en frutos de *Citrus sinensis* (L.) Osbeck (Ramos, 2006); y en el cultivo de café específicamente se ha registrado en los departamentos de Caldas, Cauca, Quindío, Risaralda, Antioquia, Santander, Norte de Santander y Tolima (Villegas & Benavidez, 2011).

En cuanto a los daños ocasionados por la cochinilla en el cultivo de café, se relacionan con síntomas en la filosfera como amarillamiento y caída de hojas, relacionados con la presencia del insecto; en la rizosfera malformaciones y llagas radicales, además de asociaciones con nematodos y chisas (Villegas-García et al., 2009). Generalmente las labores de intervención se han enfocado en la aplicación de insecticidas de síntesis registrados y formulados para el blanco biológico y el cultivo, y en casos de alta infestación se considera incluso hasta la eliminación de las plantas afectadas (Gil et al., 2016). Por otro lado, estos mismos autores reportan 5,8% de parasitismo con especies de pequeños himenópteros de los géneros *Hambletonia* y *Aenasius* (Hymenoptera: Encyrtidae) sobre *P. barberi*, en fincas cafeteras en el Valle del Cauca, Colombia; evidenciando que estrategias de control biológico conservativo y aumentativo podrían aportar de forma importante en la reducción y regulación de la plaga.

Por otro lado, y al igual que en el cultivo de aguacate, la chinche (*M. velezangeli*) que es un mívrido polífago, cuyo género es de origen neotropical y originario de Centro y Sur America; es considerada una plaga en algunas regiones cafeteras de Colombia y responsable de la afectación denominada por los caficultores como “chamusquina del café” (Giraldo-Jaramillo et

al., 2010). Es causante de daños como manchas y quemazones en hojas, tallos, brotes nuevos y flores, condición que impide el normal desarrollo fisiológico de la planta (Ramírez-Cortés et al., 2008); Wheeler, 2001), evidenciándose disminución en la producción del grano hasta en un 50% en cada cosecha como respuesta al daño que sufren las plantas. Carvalho y Costa (1988) en cuanto al ciclo de vida de esta chinche indican que presenta metamorfosis incompleta (huevo, ninfa y adulto) pasando por cinco instar ninfales y tamaño variable entre 1,5 mm y 12 mm, a medida que desarrolla el estado ninfal. De otro lado, Giraldo-Jaramillo et al. (2010) mencionan que los adultos de *M. velezangeli* viven entre 8 y 12 días, e insertan los huevos en el tejido vegetal y éstos se incuban durante aproximadamente 14 días.

Arellano y Vergara (2016), destacan la diversidad morfológica y plasticidad trófica que presentan las chinches (Hemiptera: Miridae) pudiéndose catalogar como artrópodos clave en el funcionamiento de los ecosistemas naturales y agroecosistemas en función de su interacción como fitófagos y como depredadores. Por su parte, *M. velezangeli* se caracteriza por la combinación de colores negro y amarillo oscuro en su cuerpo, así como la presencia de dos o más marcas rojas en la membrana del ala anterior y la banda blanca en el fémur (Giraldo-Jaramillo et al., 2010). En el cultivo de café esta chinche genera grandes pérdidas económicas, en función del daño directo al disminuir la producción de las plantas, así como por el aumento en los costos de producción generados por las constantes aplicaciones de plaguicidas para su control. Hecho, que amenaza la viabilidad y sostenibilidad del negocio cafetero, en especial para los pequeños caficultores, que en su gran mayoría son de escasos recursos económicos (Ramírez et al., 2007).

Otro fitófago no menos importante y que vale la pena mencionar es el ácaro o arañita roja del café (*Oligonychus yothersi* McGregor) (Acari: Tetranychidae); el cual se alimenta sobre el

haz de la lámina foliar rompiendo la epidermis, causando una coloración parda del follaje y en condición de altas poblaciones causan defoliación, donde por lo general, las hojas infestadas se caen prematuramente (Bustillo, 2008). En condición de laboratorio Reyes-Bello et al. (2011) determinaron que el ciclo de vida de *O. yothersi* tuvo una duración de 14 días de huevo a adulto, entre estos dos estados pasando por los estadios de larva, protocrisalida, protoninfa, deutocrisalida, deutoninfa y teliocrisalida. Tanto en el estado de larva, los estados ninfales y el adulto ocasionan el daño a su hospedero.

Si las condiciones ambientales son favorables, cada hembra puede poner en promedio 36 huevos, durante 13,4 días, parámetro que indica una gran capacidad reproductiva (Orozco et al., 1990). Aunque se estima que este fitófago puede presentarse en baja poblaciones la mayor parte del tiempo, temperaturas mayores a 22°C favorecen su reproducción y con esta ataques severos de forma imprevista (Giraldo et al., 2011); lo anterior ya que el ciclo de vida completo de la arañita roja puede ser de tan solo 12 días si la temperatura supera los 25°C (Benavides, 2012).

En cuanto a estrategias de control para *O. yothersi* Vargas-S (2017), menciona que el hongo entomopatógeno (*Paecilomyces fumosoroseus*) presenta atributos bioecológicos como el mantenerse activo en el tiempo y con esto ejercer un amplio control, colonizando huevos, estados inmaduros y adultos del ácaro. Importante en época seca y de mayor temperatura revisar los cultivos de café para detectar oportunamente el aumento de las poblaciones de arañita roja; dicho aumento generalmente se manifiesta por la aparición de árboles o ramas con hojas de color bronce, especialmente en focos ya que los ataques inician de manera agregada (Benavides, 2012). De acuerdo con este mismo autor, los acaricidas de síntesis química no son adecuados para su manejo, y por el contrario se ha observado estimulan la reproducción de huevos aumentando la infestación.

En general, los insectos plagas del café debilitan los granos y reducen la densidad; así mismo, las picaduras de estos pueden facilitar afectaciones secundarias en las plantas del café por parte de hongos y otros microorganismos (Molina, 2019). De acuerdo con el mismo autor, el monitoreo es una parte esencial para mantener los cafetos libres de plagas y monitorearlas a nivel de cultivo ayuda a prevenir grandes brotes y minimizar el control químico. Según información de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (2012), la pérdida de peso del café pergamino seco por causa de la broca en promedio puede llegar al 18,1%, y los frutos que son atacados tempranamente presentan una maduración prematura, lo cual repercute en manchado del pergamino de los granos sanos demeritando su calidad y valor.

En este sentido, determinar mediante muestreos, que plagas hay en el cafetal, su distribución y densidad de las poblaciones, es fundamental para el manejo de las plagas de importancia económica. Sánchez (2018), refiere el considerar las prácticas de muestreo como base para estimar densidades poblacionales y la distribución espacial, así como enfocar las acciones de control de plagas, preferiblemente al uso de métodos culturales, biológicos y etológicos.

5. Capítulo 3

5.1. Importancia del control etológico de plagas

En este ámbito, la producción agrícola moderna demanda la implementación de tácticas o estrategias de carácter biológico, cultural, físico y químico, que, integradas entre sí, permitan proteger los cultivos del ataque de insectos, patógenos, arvenses y otros organismos; minimizando los riesgos ambientales, económicos, sociales y a la salud, estrategia conocida como Manejo Integrado de Plagas (MIP).

De acuerdo con Garzón (2016), los aleloquímicos (griego: Allelon, uno al otro), son compuestos volátiles que emiten señales que coadyuvan en las interacciones entre dos organismos de diferente especie, influenciando positiva o negativamente tanto al emisor (especie 1) como al receptor (especie 2). Si la señal es adaptativamente favorable al emisor, pero no al receptor, la sustancia se considera que es una alomona. Si la señal es favorable para el receptor, pero no para el emisor, la sustancia es clasificada como un kairomona. Si tanto el receptor como el emisor se ven beneficiados, la sustancia es una sinomona y cuando no se beneficia ninguno de los organismos se habla de antimonas (Klowdem, 2010).

Cardona y Mesa (2015), mencionan que el mayor interés en los aleloquímicos que son sustancias para la comunicación interespecífica entre organismos ha sido puesto en el posible uso de kairomonas para el control de insectos, con el fin de atraer enemigos naturales de ciertas plagas. Atrayentes como las kairomonas pueden ser de origen natural o sintético y son considerados estímulos químicos provenientes de diversas fuentes (incluyendo insectos), que causan respuestas en individuos de una misma u otra especie, sin discriminar los sexos de los individuos (Estrada et al., 2018).

El uso de semioquímicos en el manejo integrado de plagas en los cultivos, configura una estrategia de agricultura limpia y sostenible. Las kairomonas pueden ser utilizadas como feromonas sexuales, cebos para trampas de monitoreo o para perturbar el comportamiento de ubicación del hospedero (Garzón, 2016). De acuerdo con Teulon et al. (2007), por ejemplo, los señuelos para captura de adultos de trips se dividen en dos grupos principales: (1) las feromonas de agregación identificadas para *F. occidentalis* y (2) los productos químicos atrayentes (kairomonas) derivados principalmente de plantas.

Por ejemplo, TRIP-LURE es una kairomona atrayente sintética para trampas cromáticas

que aprovechando la comunicación entre insectos y el medioambiente se utiliza para el manejo de trips. Con la adición de volátiles químicos como p-anisaldehído, se han logrado incrementos en la captura de 1.8 a 6 veces más la captura de plagas en trampas de diferentes colores, en comparación con el uso de solo las trampas adhesivas de color (Robles-Bermúdez et al., 2011).

Sin embargo, la concentración de semioquímicos en el medio, es determinante en el comportamiento de las capturas a obtener durante la evaluación en campo y podría estar relacionada con la concentración de volátiles emitidos por cada uno de los señuelos, así como el hecho que depende de la percepción del semioquímico para producir comportamientos fisiológicos en el insecto (Garzón, 2016).

5.2. La ecología química y el manejo integrado de plagas – MIP

5.2.1. Generalidades

La ecología en su definición más prístina es una ciencia multidisciplinaria que involucra principalmente a la biología animal y vegetal, relacionadas compleja y dinámicamente con muchas otras ciencias del saber, considerando las relaciones entre los organismos vivos y su ambiente, también conocidas como interacciones bióticas. De aquí se desprenden los ecosistemas, que configuran complejos dinámicos que incluyen comunidades de plantas, animales y microorganismos y sus interacciones con el ambiente abiótico como unidad funcional (López-Arévalo et al., 2014).

Por su parte la ecología química, consiste en las interacciones entre organismos vivos y su entorno, mediadas por productos o compuestos químicos volátiles (semioquímicos) presentes naturalmente, y en cuyas áreas de investigación se incluyen la química, la bioquímica y la función de productos naturales, su importancia en todos los niveles de organización ecológica, su evolución, origen y su aplicación práctica (Anaya, 2003). Estos compuestos orgánicos volátiles

(VOCs) están altamente involucrados en las relaciones planta-herbívoro y planta-planta. En general los semioquímicos son VOCs detectados por el olfato del insecto.

5.2.2. Semioquímicos en el manejo de insectos-plaga

Los Semioquímicos (Semion = marca o señal), están involucrados en las relaciones entre organismos y abarca dos tipos de compuestos: los que transmiten información a los receptores (infoquímicos) y los que funcionan como toxinas o nutrientes (Anaya & Espinosa, 2006). Es así como, las interacciones bióticas mediadas por sustancias químicas son variables entre especies, así como los efectos ocasionados, y muchas de ellas se asocian con metabolitos, principalmente secundarios (MS), constitutivos o inducidos como respuesta a un estímulo (Marín-Loaiza & Céspedes 2007).

En este sentido, ha surgido el interés por los MS volátiles debido a sus propiedades como atractivos de polinizadores y enemigos naturales, así como señales para ubicar fuentes de comida, anidación, cría, recompensa, etc. (Knudsen et al., 1993). Dentro de los métodos de control de plagas relacionadas con insectos fitófagos, haciendo uso de la ecología química se encuentran algunas alternativas de gran potencial como son el uso de semioquímicos y de productos derivados de plantas.

En los semioquímicos se pueden reconocer dos grandes grupos de sustancias (véase la figura 4) que interfieren en la comunicación entre organismos y, pueden clasificarse en feromonas y aleloquímicos (Domínguez, 2018).

Figura 4

Clasificación de los semioquímicos



Fuente: Autoría propia

Las feromonas son sustancias emitidas por animales de una especie que provocan una reacción determinada en individuos conespecíficos. Estas pueden ser de diversos tipos (sexuales, de agregación, de alarma, entre otras) actuando en función del cambio comportamental que desencadene en el receptor (Cortez, 2013). Entre ellas están las feromonas sexuales, los atrayentes, los repelentes y los antiapetitivos o inhibidores de alimentación.

Bagnères y Hossaert-McKey (2020), mencionan que, a partir de estas sustancias o mediadores químicos, las plantas pueden tener diversos efectos directos o indirectos, positivos o negativos, no solo sobre los herbívoros, sino también sobre otras plantas, insectos, microorganismos, y sus enemigos naturales. Por ejemplo, diversos caracteres químicos y físicos son esenciales para la localización de los hospederos entomófagos; es así como las avispas del género *Trichogramma*, parasitan en mayor grado a los huevos de *Heliothis* sp. y *Plusiinae* sp., que son mariposas que atacan a diversos cultivos (Morales et al., 2007).

Según Khan et al. (2008) algunas plantas pueden modular el comportamiento de los insectos utilizando una estrategia conocida como push-pull (atracción repulsión), en la que la planta emite primero compuestos que atraen a los polinizadores y una vez fertilizadas, emiten compuestos repelentes de insectos tanto polinizadores como herbívoros. Mientras que existen otras especies vegetales que se defienden contra herbívoros produciendo y almacenando sustancias tóxicas como alcaloides o compuestos cianogénicos, que almacenan en sus tejidos (Bagnères & Hossaert-McKey, 2020).

Los atrayentes sexuales de los insectos son muy poderosos y pueden ser las mismas feromonas sexuales, naturales o sintéticas. Actualmente algunas compañías se han especializado en la producción de las sustancias activas y de sus formulaciones para usos específicos tales como: muestreo, captura masiva, desorientación de apareamientos y eliminación de poblaciones de insectos (Sifuentes, 2016).

Por su parte, los aleloquímicos también llamados alelomonas, son señales químicas de comunicación interespecíficas que son emitidas por organismos de una especie y captadas por individuos de otra distinta. Los alelomonas pueden diferenciarse en alomonas, kairomonas y sinomonas, en función de si estas sustancias químicas benefician al emisor, al receptor, o a ambos organismos, respectivamente. Es decir, *Alomonas* (cuando el comportamiento que se desencadena es favorable al emisor), *Kairomonas* (favorable para el receptor) y *Sinomonas* (favorable para ambos). Para el caso de las *Antimonas* (no se beneficia a ninguno) (Vacas, 2011).

A partir del uso de feromonas y alelomonas con la intención de encontrar alternativas más amigables con el medio ambiente, así como en la configuración de métodos más selectivos que los insecticidas convencionales, se han llevado a cabo un gran número de estudios que han

permitido la identificación de numerosos mediadores químicos útiles para monitorear la resistencia y abundancia de insectos, así como para proteger a plantas y animales de su ataque (Domínguez, 2018).

Las interacciones químico-bióticas que ejercen las plantas sobre los insectos se basan en alelomonas y kairomonas, metabolitos secundarios denominados también fitoalexinas. A su vez, las fitoalexinas son alelomonas compuestas por metabolitos secundarios sintetizados por las plantas en forma de: glucósidos, limonoides, lactonas, quinonas, saponinas, cumarinas, flavonoides, terpenos, alcaloides u otros principios activos que, por su carácter ácido, alcalino, astringente, mordiscante, repulsivo y hasta venenoso, ejercen su acción alelopática sobre otras especies (Cardenas, 2014).

Por otra parte, en la producción agrícola surgen limitantes ecoambientales por el abuso de los plaguicidas químicos convencionales que ha dado lugar a graves consecuencias como desarrollo de resistencias, explosiones de plagas secundarias, afectación de la entomofauna benéfica y en general, problemas de toxicidad (Vacas, 2011). En virtud de lo anterior, surge la necesidad de cambiar las estrategias de aplicación de plaguicidas, como de buscar nuevos métodos de control de plagas ambientalmente sostenibles.

Es así como, los llamados “métodos biorracionales”, resultan indicados como alternativa de control de plagas. Entre estos el control biológico y los semioquímicos cuya estrategia de acción se basa en el conocimiento de los procesos fisiológicos y bioquímicos muy específicos, la patología de los insectos y los sistemas de comunicación intra e interespecífica, con el objetivo de obtener agentes capaces de interferir en cualquiera de estos procesos (Primo-Yúfera, 1991). Además, considerando que el uso inapropiado y excesivo de pesticidas ha contribuido a la

eliminación de la fauna benéfica, problemas de carencia y residualidad, además de contaminación ambiental.

5.2.3. Las feromonas en el manejo de herbívoros

Las feromonas se han utilizado para manipular el comportamiento de la artropodofauna por medio de la detección y el monitoreo de poblaciones endémicas, confundir durante el apareamiento y reducir las poblaciones de artrópodos, mediante trapeo masivo para apoyar la toma de decisiones y determinar el momento oportuno de aplicar otros métodos de monitoreo y control. Dentro del manejo integrado de plagas, las feromonas son probablemente los semioquímicos usados con mayor frecuencia y este tipo de compuestos ha sido utilizado en más del 90% de los casos publicados (Nadel et al., 2012). Por ejemplo, las feromonas sexuales, son sustancias segregadas por el macho o la hembra de los insectos y que facilitan el encuentro para la copula. Artificialmente se ha logrado sintetizar varias feromonas las cuales se usan de diversas maneras a saber:

a) Como atrayentes hacia trampas, con fines de monitoreo o para control. Dichas trampas pueden contener pegantes o agua para capturar los insectos o insecticidas para eliminarlos. Por ejemplo, las trampas empleadas para el picudo del algodonoero, gusano rosado de la India, mosca de las frutas, polilla guatemalteca, entre otras.

b) Para evitar la copula, al liberar la feromona en un campo los insectos se confunden y no logran encontrar a los de sexo contrario; como consecuencia al no haber cópula los huevos son infértiles. Por ejemplo, este sistema se ha usado con la feromona del *Pectinophora gossypiella*, gusano rosado de la India.

De acuerdo con León et al. (2007), existen tres sistemas por los que las feromonas están siendo utilizadas contra plagas agrícolas y forestales. El primero de ellos es el uso de feromonas

para detectar y estudiar la dinámica de las poblaciones de la plaga. Aunque esta no es una técnica de control en sí misma, hace posible que puedan usarse otros métodos de forma más efectiva.

En segundo lugar, puede utilizarse un gran número de trampas cebadas de feromona para atraer y eliminar el mayor número posible de individuos de la población en periodo reproductivo. Por último, las feromonas también pueden distribuirse en el campo, para impedir al máximo los encuentros de los machos con las hembras, o el comportamiento de agregación. Lo anterior, explica el interés en ser utilizadas como herramienta de control y monitoreo dentro de los programas de Manejo Integrado de Plagas (MIP).

Las tecnologías de control por medio de feromonas tienen la ventaja de no dejar residuos y de afectar únicamente a la especie objetivo, siendo por lo tanto aplicables en combinación con métodos de control biológico que utilicen parasitoides o depredadores (Parpal & Heguaburu, 2013). Sin duda su uso favorece la productividad de los cultivos, es así como en un estudio realizado por Cardé y Minks (1995), mencionan que la saturación del ambiente con feromona sintética en cultivos de algodón en California y Arizona, disminuyó significativamente el apareamiento de *Pectinophora gossypiella* (Lepidoptera: Gelechiidae), aumentando la producción de algodón y presentando solo un 5% de daño en el cultivo, mientras las plantaciones sin tratamiento con feromona presentaron un 30% de daño.

5.2.4. Los aleloquímicos en el manejo de herbívoros

De otro lado, los aleloquímicos en relación con los herbívoros son los mediadores de la comunicación interespecífica y dentro de estos se encuentran alomonas, kairomonas y sinomonas. De acuerdo con Vacas (2011) y como se mencionó anteriormente, las kairomonas son compuestos que sirven para la comunicación entre diferentes especies, ya sea plaga-parasitoide, plaga-depredador o plaga-planta hospedera, donde solo el organismo receptor se ve

beneficiado. A su vez, la emisión de kairomonas por la planta favorece al insecto porque lo orienta hacia ella, o induce su alimentación u oviposición, entre otros beneficios; por lo tanto, pueden utilizarse en MIP, tanto para monitorear poblaciones como para atraerlos hacia lugares donde su presencia favorezca el control biológico de una plaga (Mareggiani, 2001).

Las kairomonas pueden ser utilizadas como feromonas sexuales, cebos para trampas de monitoreo o para perturbar el comportamiento de ubicación del hospedero; así como varias feromonas sexuales también actúan como kairomonas a la hora de buscar parásitos (Garzón, 2016). Tal es el caso del parasitoide *Trichogramma* spp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae) que utilizan las feromonas emitidas por las polillas *Spodoptera* sp. (Lepidoptera: Noctuidae) como señal para localizar los huevos y poder de esta forma parasitarlos (Rani, 2014).

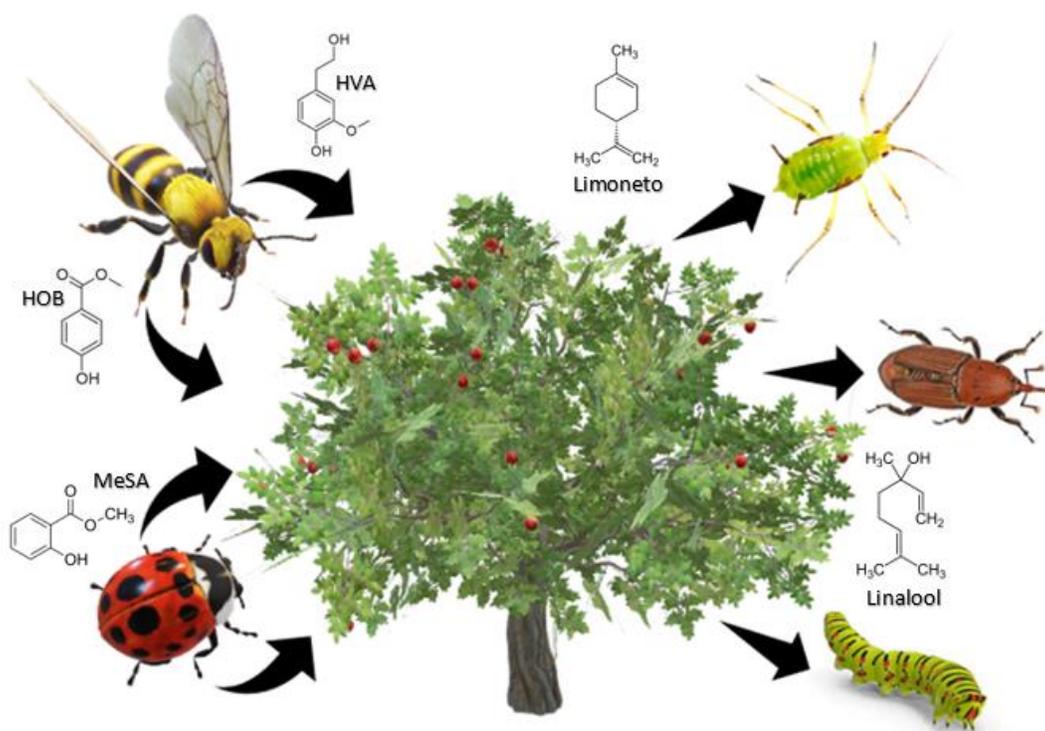
Por su parte los atrayentes, son sustancias que emiten olores no sexuales que atraen los insectos y se usan de manera similar a las feromonas. Entre ellos están la proteína hidrolizada de maíz y el metil eugenol. En cuanto a los repelentes, son sustancias cuyo olor ahuyenta a las plagas; razón por la cual algunos insecticidas además de sus propiedades de letalidad poseen efectos repelentes. En cuanto a los inhibidores de la alimentación son sustancias que no repelen al insecto, pero lo inducen a dejar de alimentarse.

Es así como, en el ámbito del manejo integrado de plagas MIP, la alelopatía se ocupa de las interacciones químicas planta-planta, y planta-insectos, ya sean estas perjudiciales o benéficas. Esto obedece principalmente a que en los tejidos vegetales existen ciertas sustancias que constituyen un sistema de defensa. Estas sustancias llamadas aleloquímicos alonómicos, son compuestos moleculares que actúan como señales o como mensajeros de desviación y detectados por quimiorreceptores (véase la figura 5), produciendo efectos atrayentes, repelentes, repulsivos

y antialimentarios tóxicos; así como, activadores de la fisiología y el comportamiento sexual poblacional de insectos (Duran, 2010).

Figura 5

Efectos aleloquímicos comunes en plantas para atracción y repulsión de insectos



Fuente: Autoría propia

En este mismo sentido, a través de la aleopatía en las comunidades bióticas, muchas especies vegetales se regulan unas a otras por medio de la producción y liberación de repelentes, atrayentes, estimulantes e inhibidores químicos. Los compuestos con potencial alelopático están presentes virtualmente en todos los tejidos de las plantas: hojas, tallos, raíces, rizomas, flores, frutos y semillas que pueden ejercer su efecto por medio de su estructura original, o bien pueden constituirse como precursores de diferentes compuestos tóxicos o benéficos (Anaya et al., 2001). Teniendo en cuenta lo anterior, se pueden utilizar diversas plantas y compuestos volátiles de las

mismas, para mejorar o hacer más atractivo el hábitat y la selección de los hospederos de los insectos parásitos de plagas. Ya que, para hallar las presas, los depredadores adultos usan varias acciones, lo que incluye productos químicos volátiles tanto de las plantas como de los insectos (Altieri & Nicholls, 2007).

Según Parpal y Heguaburu (2013), las sustancias utilizadas por los insectos para comunicarse pueden ser manipuladas por el ser humano, con la finalidad de interferir en el éxito de esta comunicación. Es así como el estudio de semioquímicos de insectos considerados plagas, permite la potencial combinación de uso de insecticidas con tecnologías de control biológico, en el marco de programas de manejo integrado de plagas. En el caso de las interacciones entre plantas e insectos, ciertos compuestos con estructuras muy similares pueden ejercer actividades muy disímiles, desde insecticidas hasta repelentes o incluso atrayentes (Jongsma & Bolter, 1997).

La interacción con organismos microbianos, herbívoros y otras especies de plantas puede ser de carácter positivo, negativo o neutral. Por ejemplo, para percibir la presencia de insectos herbívoros, las plantas se valen de las secreciones orales del artrópodo, y como mecanismo directo de defensa los vegetales inducen la producción de metabolitos secundarios tóxicos o repelentes y de moléculas volátiles (Vivanco et al., 2005). En efecto, ciertos volátiles producidos por una planta pueden servir a un herbívoro para encontrarla, actuando como kairomonas o bien pueden ser utilizados por un predador del herbívoro para ubicar a su presa actuando como sinomonas (Villacide & Corley, 2013). Los insectos herbívoros utilizan los VOCs de las plantas (kairomonas) para localizar sus fuentes de alimento (Visser, 1986). Sin embargo, la selección de las plantas hospederas por los insectos herbívoros también puede ser afectada por los

semioquímicos de sus rivales (Schoonhoven, 1990) y los de sus enemigos naturales (Grostal & Dicke, 1999).

En lo que a los aleloquímicos respecta Cardona y Mesa (2015), señalan que el mayor interés se dirige al posible uso de kairomonas para el control de insectos, con el fin de atraer enemigos naturales de determinadas plagas. Un ejemplo de esto es el uso de metil eugenol para aumentar los niveles de control biológico de la mosca *Dacus dorsalis* Hendel, insecto plaga de frutales (Dent, 1995).

Otra ventaja de las kairomonas es que son útiles para atraer tanto a estados inmaduros como a adultos y en general, desde un punto de vista químico son más simples; esto hace que sea más fácil producirlas comercialmente a bajo costo (Villacide & Corley, 2013). Sin embargo, las kairomonas presentan una desventaja frente a las feromonas al ser menos específicas. Esto debido a que los volátiles de plantas son ubicuos debido a que muchas especies de plantas comparten las mismas vías metabólicas para la síntesis de VOCs, razón por la cual dichos compuestos son capaces de atraer además de la especie insectil de interés, otras especies beneficiosas como polinizadores, predadores y parasitoides (Rodríguez-Saona & Stelinski, 2009).

Cabe precisar que la eficiencia de los métodos de control basados en feromonas puede mejorarse mediante el uso de kairomonas, que también afectan el comportamiento de las hembras al crear confusión sexual, siendo un método eficiente en condición de altas densidades de población de plagas (Sellanes, 2011). Razón por la cual las kairomonas han sido utilizadas para control de plagas como estrategia de trapeo masivo o como atracticidas. También, una técnica muy efectiva, por ejemplo, para controlar especies de *Helicoverpa* sp. (Lepidoptera: Noctuidae) es el uso de atrayentes florales y estimulantes de alimentación combinados con

insecticidas (Witzgall et al., 2010). Por ejemplo, numerosas especies de lepidópteros de la familia Noctuidae, entre estos *Copitarsia turbata* (Herrich-Schaeffer) y *C. incommoda* (Walker) que constituyen plagas ampliamente distribuidas y significativas para la agricultura en cultivos como espárragos, manzanas, kiwi, entre otros, que pueden ser regulados con semioquímicos (Olivares & Angulo, 2004). Adicionalmente el daño directo causado por la alimentación de las larvas sobre las especies cultivables demerita la calidad y sanidad, siendo causal de rechazo en los mercados.

En este sentido, Gerding et al. (2003) mencionan que las feromonas sexuales (z)-9-tetradecenil acetato y (z)-9-tetradecenol, podrían ser utilizadas para confundir a los machos de la polilla y así evitar que ubiquen a la hembra y copulen, mientras que las kairomonas, pueden atraer a machos y hembras vírgenes y fecundadas como estrategia de control. Lo anterior en virtud de propiedades muy particulares que tienen las plantas como mecanismos de defensa constitutivas e inducidas, frente al ataque de herbívoros y de esta manera obtener cosechas limpias, con la ventaja de no afectar a enemigos naturales de la polilla y no producir toxicidad ni contaminación al tratarse de compuestos naturales, biodegradables.

Sin embargo, una característica de las interacciones biológicas mediadas por semioquímicos es que son dinámicas; es decir, pueden cambiar por diversos factores (intrínsecos o extrínsecos), determinando en algunos casos modificaciones significativas en las relaciones entre los organismos (Anaya & Espinosa, 2006). A continuación “como se puede ver en la tabla 1” algunas de las ventajas y desventajas frente al uso de semioquímicos como estrategia para la fitoprotección.

Tabla 1*Ventajas y desventajas de los semioquímicos en el MIP*

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> ▪ No afectan la fauna benéfica ni el ambiente ▪ Se requieren dosis muy bajas ▪ Alta sensibilidad (muy efectivas con densidades poblacionales bajas) ▪ Sirven para reducir poblaciones de la plaga por debajo del límite de daño económico ▪ Mayor efectividad en campos grandes ▪ No perjudican la salud humana ▪ Fácil empleo ▪ No crean resistencia ni residualidad ▪ Compatibles con programas MIP ▪ Bajo costo 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Elevada especificidad ▪ Su éxito depende del tipo y mantenimiento del dispositivo empleado ▪ Menos efectiva en densidades altas ▪ Para su empleo requieren alta pureza ▪ Muchos de los compuestos son muy inestables, descomponiéndose en pocos minutos en presencia de luz u oxígeno ▪ Su actividad puede ser altamente dependiente de factores fisiológicos (madurez sexual) o factores climáticos (humedad, temperatura) ▪ La efectividad en el campo se ve afectada según diseño del dispensador (velocidad de liberación del compuesto) ▪ Se requiere conocimiento exacto de la estructura de la feromona o aleloquímico.

5.2.5. Relaciones entre plantas e insectos – Alelopatía

El manejo de plagas y enfermedades de los cultivos agrícolas mediante el establecimiento de la biodiversidad (cultivos asociados y rotaciones), y con estos el aprovechamiento de la liberación de aleloquímicos por estos, es un principio ecológico mediado por la alelopatía para la lucha natural de herbívoros que en combinación con métodos de lucha biológica, química, resistencia genética y prácticas agronómicas adecuadas permiten reducir las plagas. Así mismo, la alelopatía como proceso ecológico, actúa de manera simultánea y sinérgica con otros procesos como la competencia (Oliveros-Bastidas et al., 2009).

De acuerdo con León et al. (2007), en las comunidades bióticas muchas especies se regulan unas a otras por medio de la producción y liberación de repelentes, atrayentes e inhibidores químicos. Es en este sentido que la alelopatía se ocupa de las interacciones químicas planta-planta y planta-insectos, ya sean estas perjudiciales o benéficas. Para el caso de regulación de poblaciones o comunidades de herbívoros, los tipos de control que frecuentemente se emplean son plantas acompañantes o cultivos trampa, con la finalidad de repeler, atraer y establecer la entomofauna según sea el caso. Esto considerando que en los tejidos vegetales existen ciertas sustancias llamadas aleloquímicos alonómicos (Durán, 2010) que constituyen un sistema de defensa y son compuestos moleculares que actúan como señales o como mensajeros que influyen sobre el comportamiento de la entomofauna.

Según Durán (2010), estas relaciones se hacen especialmente significativas a medida que las plantas adultas sintetizan enzimas y aromas característicos. Los compuestos químicos o metabolitos secundarios que están implicados en la alelopatía pertenecen a diversos grupos de sustancias. Según Putnam (1985), se pueden dividir arbitrariamente en: gases tóxicos, ácidos orgánicos, aldehídos, lactonas simples insaturadas, cumarinas, quinonas, flavonoides, taninos,

alcaloides, terpenos, esteroides, y finalmente, un grupo misceláneo de compuestos que incluyen ácidos de cadena larga, alcoholes, polipéptidos y nucleósidos. A continuación, se relacionan las características alelopáticas de algunas plantas “Tal como se puede ver en la tabla 2” que se pueden asociar con los cultivos de importancia agrícola como acompañantes o cultivos trampa, para coadyuvar con el control natural en el MIP.

Tabla 2

Características alelopáticas de plantas con potencial para el MIP

Especie vegetal	Propiedad alelopática
Ajenjo (<i>Artemisa asynthium</i>)	Principios activos: lactonas sesquiterpénicas. Como acompañante repele moscas negras, polillas, cochinillas, pulgones, babosas y grillos.
Ají- chile (<i>Capsicum frutescens</i>)	Principios activos: capsaina, alcaloide. Inhibe el apetito de los insectos, controlando áfidos, hormigas, escarabajos de la papa, gorgojo de arroz, polilla de la col y orugas.
Ajo (<i>Allium sativum</i>)	Principios activos: alicina o S-alilcisteína, colina, yodo, nicotinamidas, sulfuro de garcilina. Como acompañante de la fresa, mejora el crecimiento y controla escarabajos. Repele áfidos, chinches, mosca blanca, nematodos.
Albahaca (<i>Ocimum basilicum</i>)	Principios activos: Estregol, linalol, leneol, alcanfor. Se rechaza fuertemente con la ruda, pero es excelente compañera del tomate; además repele moscas y mosquitos.
Artemisa (<i>Artemisa vulgaris</i> , <i>Ambrosia cumanensis</i>)	Principio activo: cínelo. Sembrada en los bordes de los lotes de cultivo, restringe el paso de insectos.

Borraja (<i>Borrago officinalis</i>)	Principios activos: tesina, amabilina, cinaustina, taninos. Sembrada en la esquina de las eras o en las camas intermedias del cultivo, controla el gusano comedor del follaje del tomate. Cuando esta florecida es un buen atrayente de abejas.
Calendula (<i>Calendula officinalis</i>)	Principios activos: calendulina, calendina. Sembrada entre las camas del cultivo controla Nematodos, intercalada con hierbabuena repele la palomilla.
Cilantro (<i>Coriandrum sativum</i>)	Principios activos: coriandrol, limoneno, linalol, gerianol, borneol. Como acompañante sus flores atraen abejas e insectos benéficos como Coccinellidae.
Hierbabuena (<i>Mentha piperita</i>)	Principios activos: mentol, cíñelo, tanino, limoneno. Plantada o esparcida entre los cultivos de repollo, los protege de la mariposa blanca y es un excelente repelente de palomilla en tomate.
Romero (<i>Rosmarinus officinalis</i>)	Principios activos: linalol, cineón, taninos. Como acompañante repele la polilla del repollo, el escarabajo del frijol y la mosca de la zanahoria.
Salvia (<i>Salvia officinalis</i>)	Principios activos: Boreol, cineol. Como compañera del romero, la zanahoria y el repollo, controla mosca blanca.
Tomillo (<i>Thymus vulgaris</i>)	Principios activos: timol, carvacrol, fenol, borneol, linalol, cimeno. Excelente acompañante para todas las plantas estimula la entomofauna benéfica.

Así mismo, los procesos ecológicos y fisiológicos que se ven afectados por la liberación de metabolitos secundarios procedentes de especies vegetales, como lo menciona Blanco (2006), cobran especial importancia si se tiene en cuenta que muchos de los agentes alelopáticos, además del efecto sobre otras plantas también los tienen sobre otros tipos de organismos asociados a estas como insectos fitófagos y la artropodofauna benéfica.

Según estudios realizados por Celis et al. (2008), la mayoría de las especies de plantas que se utilizan en la protección vegetal exhiben un efecto insectistático más que insecticida, es decir, inhiben el desarrollo normal de los insectos mediante defensas de tipo químicas, actuando como reguladores de crecimiento (Silva et al., 2002), inhibidores de la alimentación (Cuttler & Schmutters, 1999), o como repelentes (Silva et al., 2002); siendo estos metabolitos secundarios los responsables de la interacción entre las plantas con su entorno.

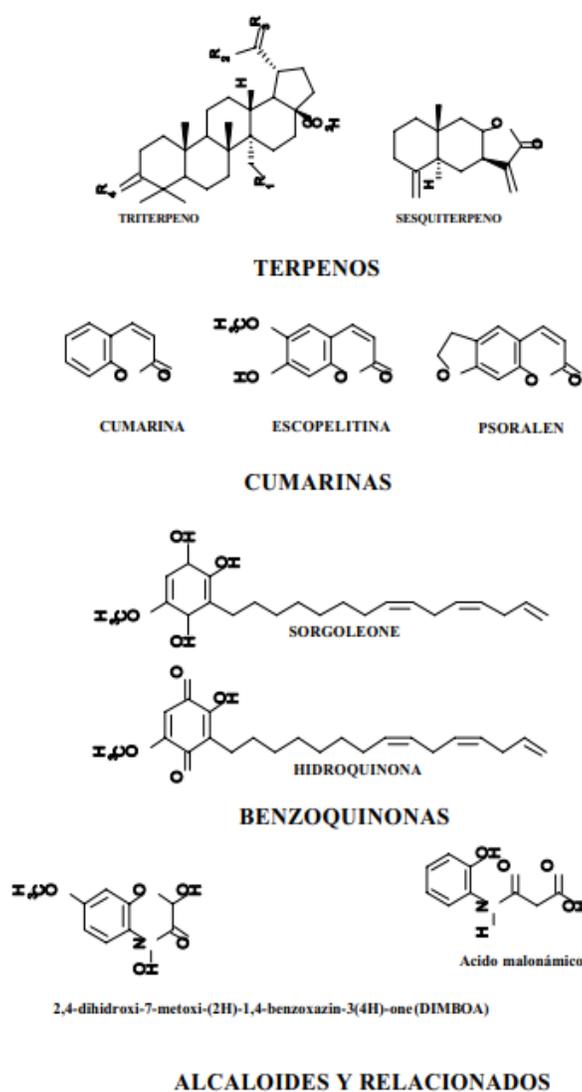
Es así como, dependiendo del tipo de interacción o información a transmitir, muchos de estos metabolitos son sintetizados desde los primeros estadios de crecimiento de las plantas (defensa constitutiva), como en el caso de las interacciones planta-planta de la misma especie, o por el contrario, estos pueden ser sintetizados por estímulos externos, como la presencia de herbívoros, que se traducen en una alarma metabólica que disparan o catalizan sus rutas biosintéticas, también conocida como defensa inducida (Oliveros-Bastidas, 2008). Por otra parte, los compuestos alelopáticos pueden ser liberados de las plantas al ambiente por medio de la exudación de las raíces, lixiviación, volatilización y descomposición de los residuos de las plantas en el suelo (Labra, 2004).

Por lo tanto, dadas estas características alelopáticas dichas sustancias podrían ejercer de algún modo una función pesticida (Lorenzo & González, 2010). En consecuencia, la posibilidad de incorporar características alelopáticas en los cultivos de importancia económica, podrían

reducir la necesidad de aplicar plaguicidas a los cultivos. Sin embargo, debe ser cuidadosamente considerada, dada la complejidad de la interferencia de las plantas que incluye efectos positivos, negativos y neutros entre las mismas (Duke et al., 2001). Véase en la figura 6, algunas estructuras de metabolitos secundarios con propiedades alelopáticas, potencialmente útiles para el control de plagas.

Figura 6

Estructura de algunos metabolitos de origen secundario con propiedades alelopáticas



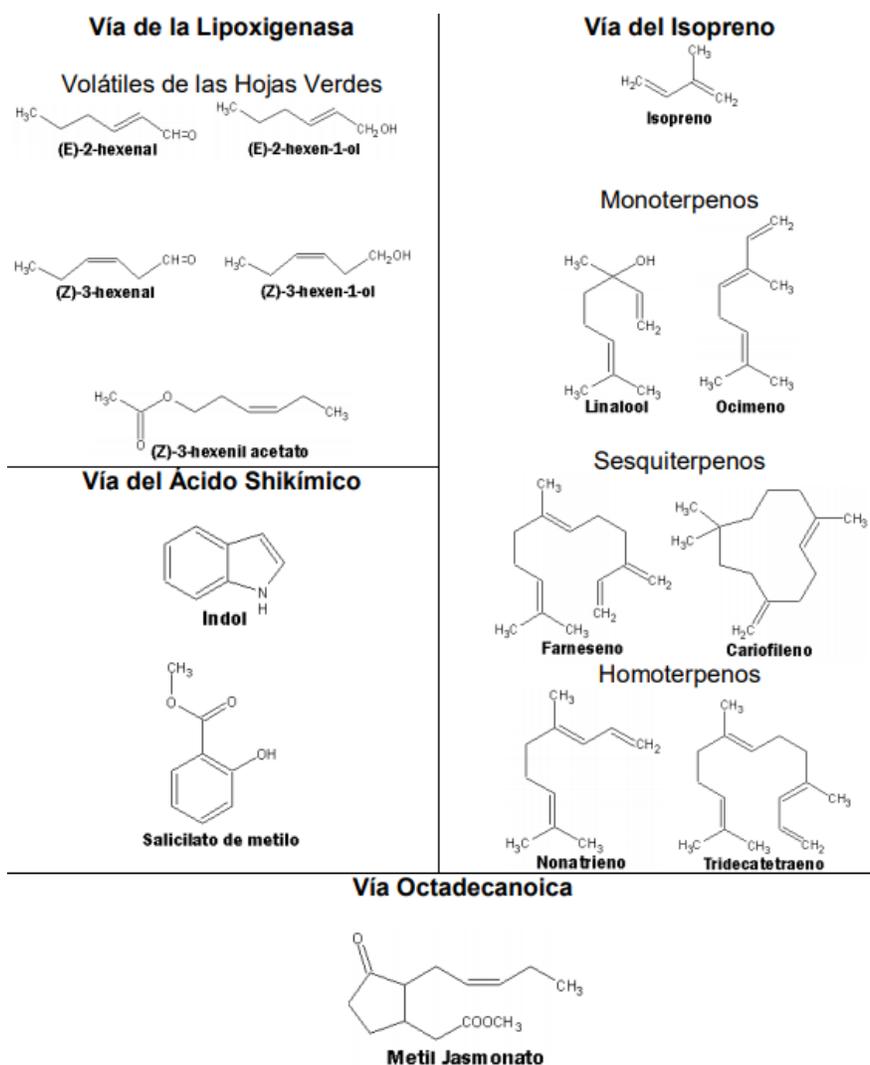
Fuente: Oliveros-Bastidas (2008)

Canihuante (2012) señala que la liberación de agentes alelopáticos por volatilización está frecuentemente asociada a plantas que producen terpenoides. Los géneros que comúnmente liberan compuestos volátiles incluyen *Artemisia*, *Salvia*, *Parthenium*, *Eucalyptus* y *Brassica*. Así mismo estas sustancias han demostrado también actividad insecticida y como disuasivos alimenticios (León et al., 2007).

De otra parte, Granados-Sánchez et al. (2008) expresan que las plantas perfeccionan diversas adaptaciones químicas que disuaden a sus herbívoros, por ejemplo, al sintetizar sustancias tóxicas y de sabor desagradable. También mencionan que son tres (fenólicos, alcaloides y terpenos) las principales categorías de metabolitos secundarios de defensa. En lo que a los tipos de volátiles respecta Paré y Tumlinson (1997) los clasificaron como aquellos emitidos por las plantas en tres grupos básicos según la ruta metabólica de la que provienen “como se puede ver en la figura 7”.

Figura 7

Clasificación de los compuestos volátiles según su ruta metabólica



Fuente: Bravo (2003)

En primer lugar se encuentran los volátiles de las hojas verdes: aldehídos, alcoholes, ésteres y acetatos de seis carbonos saturados e insaturados, como son [(Z)-3-hexenal, (E)-2-hexenal, (Z)-3-hexen-1-ol, (E)-2-hexen-1-ol y (Z)-3-hexen-1-il-acetato], los cuales son producidos por la vía de la lipoxigenasa (Paré & Tumlinson, 1999; Turlings et al., 2000).

El segundo grupo de volátiles comprende a los monoterpenos como el [linalool y el ocimeno]; también los sesquiterpenos como el [farneseno y el cariofileno], y los homoterpenos como el [nonatrieno y el tridecatetraeno], de la vía del isopreno. El tercer grupo lo conforman los volátiles que provienen de la vía del ácido shikímico; producto de esta ruta metabólica el [indol, el salicilato de metilo] y, probablemente, el acetato de bencilo y el acetato de fenil etilo (Bravo, 2003). Por su parte, el metil jasmonato, es un compuesto volátil conocido por participar en la senescencia, regular proteínas de almacenamiento, inducir inhibidores de proteasas e intervenir en la comunicación entre plantas (Karban et al., 2000).

Tomando en cuenta todo el potencial bioecológico que ofrecen los semioquímicos, en el sentido que no son tóxicos para los mamíferos, no generan resistencias, se utilizan a muy bajas concentraciones, su especificidad, así como no ser fuente de contaminación y no afectar la entomofauna benéfica, el uso de compuestos volátiles sintéticos configura una técnica de control biorracional, que se ajusta a los requerimientos del MIP. Por ejemplo, el [Neryl (S)-2-methylbutanoate y el (R)-lavandulyl acetato], son compuestos volátiles de uso comercial que actúan como feromonas de agregación, y son empleadas para aumentar las capturas en trampas de machos y hembras de *F. occidentalis* en invernaderos (Hamilton et al., 2005).

Así mismo, el uso de Metil Isonicotinato LUREM-TR®, que es una kairomona de agregación sintética, la cual evidenció cambios de comportamiento en la marcha y el vuelo de los trips expuestos a esta (Van Tol et al., 2011), por lo cual se podría utilizar para mejorar la eficacia de trampas empleadas para la detección y captura de la plaga.

De otro lado, Coral et al. (2012), quienes evaluaron la capacidad de atracción del salicilato de metilo sobre insectos benéficos (parasitoides y depredadores) presentes en un cultivo de café en el departamento de Nariño, reportaron la captura de 11 morfoespecies de

insectos benéficos pertenecientes a las familias Perilampidae, Formicidae, Coccinellidae, Chrysopidae, Ichneumonidae, Chalcidae, Chrysididae y Braconidae, evidenciando que el uso de atrayentes químicos COV's puede ser eficiente para aumentar las poblaciones de enemigos naturales y de esta manera contribuir en el control biológico de las plagas del café.

En otro estudio, Muñiz-Merino et al. (2014), reportaron que la combinación de los compuestos volátiles [(Z)-bocimeno, D-limoneno y 2-isobutil-3-metoxipirazina] atrajeron a hembras y machos adultos del picudo del chile (*Capsicum* spp.) *Anthonomus eugenii* Cano (Coleoptera: Curculionidae); así como la mezcla de los tres compuestos volátiles del chile [(E)-b-ocimeno, (Z)-b-ocimeno y 2-isobutil-3- metoxipirazina] atrajeron más machos que la feromona de agregación sola.

De otro lado, según estudios realizados por Cotes et al. (2012) donde analizaron el efecto de los compuestos volátiles emitidos por plantas de papa para la atracción de la polilla guatemalteca *Tecia solanivora* (Lepidoptera: Gelechiidae), concluyeron que el metil-fenilacetato, el tetadecanal, y el sulcatón que son compuestos presentes en plantas con flores y los tubérculos de la papa, pueden ser útiles en el desarrollo de trampas que permitan el monitoreo de poblaciones y el posible control de dicha polilla en condiciones de almacenamiento y campo.

Según un estudio realizado por Qin et al. (2020) en condición de laboratorio, evaluaron la actividad biológica de derivados del [Carboxil (E)-B-farneseno] sintéticos sustituidos con [salicilatos], como estrategia para el control de pulgones mediante la estimulación del sistema olfativo, encontrando que los derivados de [E β F, (E) -3,7-dimetilocta-2,6-dien-1-il-2-hidroxi-3-metilbenzoato y (E) -3,7-dimetilocta-2,6-dien-1-ilo-2-hidroxi-3-metoxibenzoatos], a una dosis de 5 μ g expusieron una excelente actividad repelente en las especies de áfidos *Acyrtosiphon pisum* (67,3% y 71,2%, respectivamente) y *Myzus persicae* (80,0% y 74,4%, respectivamente).

Lohonyai et al. (2019) quienes evaluaron el Benzaldehído como volátil para la atracción de del gorgojo *Sitona humeralis* (Coleoptera: Curculionidae), insecto plaga de diversas leguminosas, reportaron que tanto los machos como las hembras de *S. humeralis* respondieron positivamente al olor de las flores de alfalfa, especie vegetal que es una fuente de benzaldehído y un volátil aromático; lo cual sugiere que en el nivel sensorial periférico el gorgojo es capaz de detectar este volátil, y puede ser un candidato adecuado para el desarrollo de herramientas de seguimiento de esta plaga.

Otro aspecto de importancia en el contexto de los compuestos de defensa indirecta son los denominados volátiles vegetales inducidos por herbívoros (HIPV), que son utilizados para atraer fauna beneficiosa y como una herramienta de control biológico con eficacia para la agregación de enemigos naturales de plagas clave.

En este sentido, Gencer et al. (2019) utilizando formulaciones sintéticas de cuatro HIPV principales [salicilato de metilo (MeSa), benzaldehído (B), linalol (L) y farneseno (F)] solos y en combinaciones binarias para la atracción de enemigos naturales de pulgones en cultivos de manzanas, reportaron que se observó una gran cantidad de coccinélidos y crisópidos en trampas cebadas con [benzaldehído y farneseno]; así como, la combinación binaria de [MeSa + Linalol] atrajeron más sírfidos que los tratamientos individuales de cualquiera de los agentes. Lo anterior evidencia que, así como los HIPV probados tienen valor potencial para congregarse a los depredadores de pulgones en los cultivos de manzanas, bien podrían funcionar para el control en otros hospederos de importancia agrícola y económica.

Vale la pena mencionar que, en la respuesta de las plantas a la herbivoría, de acuerdo con War et al. (2011), los HIPV no solo se comunican entre la planta infestada y los enemigos naturales de los insectos herbívoros, sino que también advierte a las plantas vecinas no dañadas

del peligro inminente, además de comunicarse entre diferentes partes de la misma planta (entre plantas e intraplanta). Rioja et al. (2016), analizaron la relación entre densidades de población y la alimentación continua de *Oligonychus yothersi* (McGregor) (Acari: Tetranychidae) y las emisiones de HIPV en los brotes de aguacate (*Persea americana* Mill. Cv. Hass) en condiciones de campo, encontrando en los perfiles químicos recogidos *in situ*, cambios significativos después de la infestación, donde aumentaron las emisiones de [(Z) - β -ocimeno, (E) - β -ocimeno, β - linalol, α -farneseno, cianuro de farnesilo y salicilato de metilo (MeSA)] en comparación con los tratamientos no infestados, incluso después de dos semanas de infestación continua.

Por otro lado, los compuestos orgánicos volátiles en los ecosistemas no solo modulan las interacciones entre miembros de distintos niveles tróficos, sino que también juegan un papel importante en la química de la atmosfera (Cantúa et al., 2019); y su efectividad y emisión están influenciados por factores ambientales como temperatura, humedad y disponibilidad de nutrientes (Kallenbach et al., 2014). Aun así, las especies vegetales han desarrollado habilidades perceptivas que les permiten monitorear y responder a una amplia gama de condiciones bióticas y abióticas cambiantes, influyendo profundamente en sus interacciones con otros organismos (Mescher & De Moraes, 2015).

6. Capítulo 4

6.1. Trampas para el manejo de plagas agrícolas

Actualmente, las trampas y los atrayentes configuran una importante herramienta en el manejo integrado de plagas, y son elementos fundamentales en el control etológico para la detección, monitoreo y control de artrópodos de importancia económica. Razón por la cual, Barrera et al. (2006) señalan que el uso de trampas se acrecentó a partir del descubrimiento, aislamiento y síntesis de las feromonas, kairomonas y de otros semioquímicos, que median en la

conducta de los artrópodos, en particular de los insectos. Por su parte, Flores (2003) define las trampas como estructuras físicas con características específicas que le permiten atraer y capturar algún organismo en particular. Por lo tanto, las trampas son dispositivos que atraen a los insectos para capturarlos o destruirlos. Sirven además para definir índices como la presencia–ausencia, abundancia, diversidad y equidad; así como la posibilidad de ajustarse para el desarrollo de estudios sobre el ciclo biológico y número de generaciones al año, que cada plaga tiene (Howell et al., 1998).

Según Muirhead-Thomson (1991), entre los tipos de trampas existentes las más utilizadas son las trampas de luz dirigidas a especies voladoras y de hábitos nocturnos; otras son las trampas de succión dirigidas a especies voladoras de pequeño tamaño (mosquitos, áfidos, psílidos, otros); también están las trampas cebadas con atrayentes sexuales, principalmente feromonas o con proteína hidrolizada de maíz como las McPhail empleadas para la mosca de la fruta (Imbachi et al., 2012). Así mismo, cuando se trata de muestreos indirectos, las trampas de interceptación o de caída al hueco (pitfall) son generalmente usadas, en especial para estudios relacionados con artrópodos marchadores de superficie (Lobo et al., 1988).

En producción agrícola bajo condiciones protegidas y a campo abierto, las trampas cromáticas con pegamento son bastante empleadas para la detección de plagas que son atraídas por determinados colores. De acuerdo con Silva et al. (2018) además de las trampas adhesivas de color existen diferentes tipos de trampas diseñadas para monitorear especies de gorgojos (Coleoptera: Curculionidae) y disponibles comercialmente; entre estas la trampa de Tedder, la trampa para picudo del algodón, la trampa de caída ISCA, y la trampa de caída ChemTica. Sin embargo, es preciso mencionar que en este estudio se hará énfasis en las trampas adhesivas de colores o cromáticas.

Lo anterior considerando que, la evaluación con trampas adhesivas de color provee un método simple para estimar la densidad poblacional de plagas sin mayor intervención antrópica. Las mismas pueden medir poblaciones de la plaga más fácilmente que los métodos absolutos de monitoreo con uso intensivo de mano de obra, ya que continúan capturando en el tiempo mayor cantidad de artrópodos (Castresana et al., 2008). Estas se basan en la atracción cromotrópica que diversos colores ejercen sobre determinadas especies insectiles, y si se colocan placas adhesivas en suficiente densidad en un área determinada, además de permitir evaluar la presión de la población, pueden servir también para la captura masiva (Urretabizkaya et al., 2010).

Además del color, la atracción puede estar directamente relacionado con el patrón espacial de las plantas hospederas o el movimiento de los fitófagos dentro un área o cultivo (Orenstein et al., 2003). Por lo que la posición y la altura de colocación de estas trampas en las plantas, pueden tener efectos significativos en la cantidad de especímenes que se pueden capturar, siendo elementos relevantes en dar algunas respuestas al comportamiento de los insectos plaga en el cultivo (Arismendi et al., 2009). Es así como para evitar pérdidas económicas y lograr rendimientos óptimos del cultivo, debe realizarse el manejo integrado de fitófagos, aplicando un conjunto de medidas que conduzcan a mantener bajos niveles poblacionales de plagas. Entre estas medidas de manejo se encuentran los controles biológicos, culturales, mecánicos, etológicos, físicos y químicos (Sánchez et al., 2011).

Por lo tanto, se requiere monitorear las poblaciones de plagas y determinar los umbrales de acción de estas, proceso que puede ser realizado mediante trampas adhesivas de diferentes colores y la adición de compuestos volátiles. Lo anterior teniendo en cuenta que según el ICA (2012), generalmente las plagas se distribuyen en focos y es frecuente encontrar ramas o frutos intensamente atacados mientras el resto de los árboles o plantas vecinas pueden estar libres de la

plaga. Según recomendaciones del ICA (2011), la densidad de trampas para predios productores de frutos se debe establecer de acuerdo con factores tales como: el objeto de la detección, efectividad de la trampa y del atrayente, ubicación en relación con el tipo y presencia de hospedantes, el clima y la topografía. Consecuentemente, el número de trampas por cultivo varía según los objetivos del sistema de control (detección, seguimiento, capturas masivas) del blanco biológico en cuestión (Badii et al., 2007).

De acuerdo con Barrera et al. (2006), la efectividad de la atracción se incrementará conforme se incrementen las interfases del atrayente y del insecto-dispositivo (área de la superficie activa disponible para los insectos atraídos), relativas al tamaño de la población de la plaga. Su éxito puede mejorarse evaluando la población objetivo, la competitividad del atrayente (incrementar la potencia) y la eficacia del dispositivo (incrementar tamaño o eficiencia). Esto puede lograrse incrementando el tamaño o número de las trampas, usando superficies pegajosas. Así mismo, la eficiencia de las trampas puede ser fuertemente afectada por su posición; otros aspectos incluyen el color, la altura sobre el nivel del suelo y la calidad de la superficie de la trampa (Barrera et al., 2006).

6.1.1. El control etológico en la detección y control de plagas agrícolas

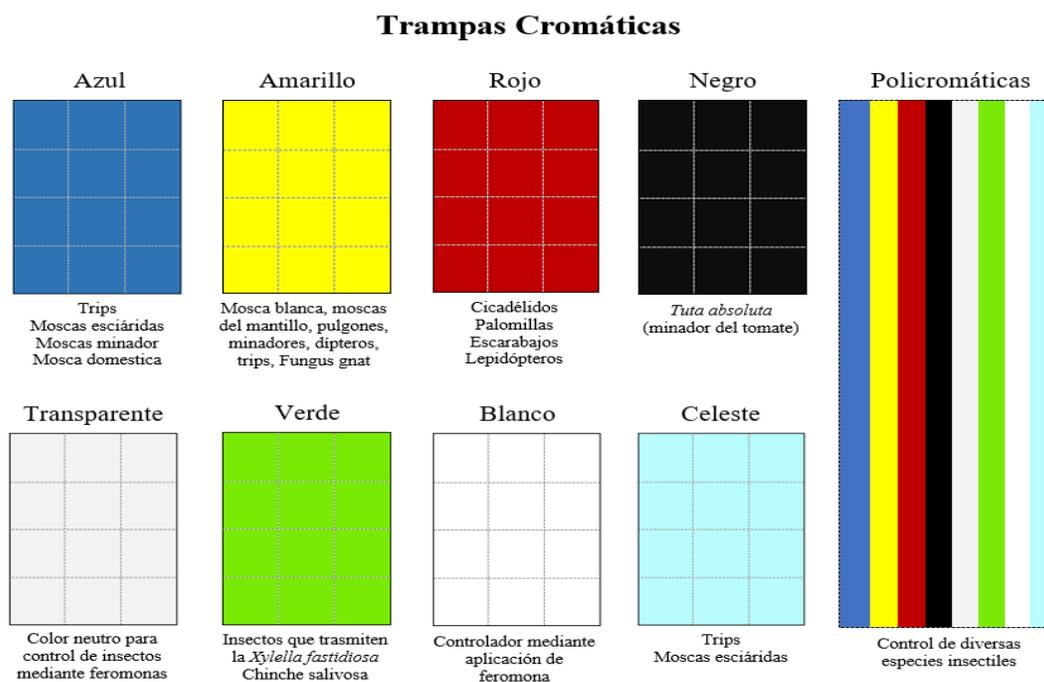
El estudio biológico del comportamiento animal, incluidos sus aspectos fenomenológicos, causales, ontogenéticos y evolutivos, es una disciplina conocida como etología (Tinbergen, 1963). Como ya se ha venido mencionado, la etología aplicada al manejo de plagas se refiere al estudio del comportamiento de los artrópodos en relación con su medio ambiente, incluido feromonas, atrayentes, repelentes y antiapetitivos o inhibidores de alimentación (Ramos, 2002). Dicho control se realiza a través de la utilización de sustancias que alteran el comportamiento de los artrópodos, muy especialmente los insectos; que, junto con el uso de superficies o

dispositivos de distintas formas (trampas), cubiertas con sustancias pegajosas y de colores apropiados sirven de atractivo y se utilizan para la captura de ejemplares, principalmente voladores (Cucchi & Uliarte, 2020).

Desde el punto de vista práctico, las aplicaciones del control etológico incluyen la utilización de atrayentes sexuales, alimenticios y atrayentes visuales en trampas (Servicio de Sanidad Agraria - SENASA, 2015). En general, su uso incluye la utilización de cebos y atrayentes cromáticos, considerando que ciertos colores le resultan atractivos para algunas especies insectiles, aprovechando además los hábitos de vida y estímulos que se relacionan con el comportamiento de estos, frente a semioquímicos empleados en combinación con trampas (Cañedo et al., 2011). “Como se puede ver en la figura 8” existe relación entre las trampas de color o cronotrópicas pegajosas y los insectos plaga que atrae.

Figura 8

Colores de trampas para la captura de insectos según la visión cromática



Fuente: Autoría propia

De otra parte, desde el punto de vista agroecológico, el uso de trampas tiene la ventaja de operar continuamente, no dejar residuos tóxicos y no verse afectadas por las condiciones agronómicas del cultivo, además de representar un bajo costo de operación (Selva, 2018). Es así como el uso de trampas de colores o cromáticas para atraer insectos dañinos es una alternativa de tipo físico y etológico útil para la atracción, detección, seguimiento y capturas masivas de artrópodos, como parte de las estrategias contempladas en el MIP. Es en este sentido que Pfadt (1978) recomienda como práctica de control físico el uso de trampas adherentes, en las cuales los insectos quedan atrapados al ser atraídos por el color de la superficie. Cabe precisar que, según sea el objetivo del sistema de control, se deben considerar ciertos factores (población de la plaga, cultivos, tipo y densidad de trampas, nivel de control que se pretende, etc.) que son determinantes para el equilibrio biológico de los agroecosistemas y los cultivos (Garzón et al., 2014).

Este tipo de estrategia se puede utilizar solamente como trampa de atracción cromática, o con cebos de feromonas o aleloquímicos, que, unido a la atracción por el color, aumenta la eficacia de las capturas y por ende el control físico y etológico de plagas. Generalmente consisten en láminas o rollos de plástico o papel del color según sea la preferencia de la plaga objetivo y las láminas van cubiertas de un adhesivo en el que se quedan pegados los insectos. Así mismo, la sustancia pegajosa, pueden ser pegamentos especiales fabricados con este fin, o bien aceites y grasas de origen vegetal, mineral o sintético (Ramos, 2002).

De otro lado, se considera que insectos de importancia ecológica por su gran participación en la polinización como son las abejas, son capaces de diferenciar el amarillo, verde-azul, azul y ultravioleta. Aunque no pueden ver el rojo y fácilmente lo confunden con el negro, pueden llegar a diferenciar el color naranja y el verde (Raynal-Roques & Roguenant,

2018). Lo anterior considerando que la mayoría de los insectos presentan dos tipos de órganos visuales: los ojos simples (ocelos) y los compuestos, condición determinante para su visión cromática compleja. En relación con la visión de los insectos García (2019), reseña que son tricrómatas (basado en tres colores primarios) en su mayoría, excepto moscas, hormigas y libélulas que son dicrómatas (basado en dos colores primarios o dos tipos de conos). También, se menciona que con sus ojos establecen miles de imágenes parciales y a partir de éstas, posiblemente crean una representación cromática nítida y única que emplea para localizar el alimento, la pareja sexual, el nido, las posibles presas y los eventuales enemigos naturales (Jordán, 2013).

Una de las razones que destaca la importancia de investigar e implementar prácticas de control etológico mediante el uso de trampas y señales químicas, radica precisamente en que para muchas plagas importantes no se conocen agentes atrayentes que además actúen, no solo en fitófagos adultos, sino que también resulten efectivos en estadios larvales que es cuando muchos insectos causan más daño, además de la conservación de los enemigos naturales. En este sentido Franco y Castrejón (2017) recomienda el uso de trampas de colores con pegamento considerando el doble efecto de estas; por un lado, el efecto directo al reducir la población de adultos y, por otro lado, el efecto indirecto al contribuir a preservar los enemigos naturales.

Por otra parte, Miller y Miller (1986), mencionan como aspectos importantes a considerar en el control etológico, que ningún atrayente es responsable de guiar individualmente al insecto a su planta hospedera, alimento o complemento sexual y que estos comportamientos son activados por estímulos químicos, lumínicos, y climáticos, actuando armónicamente. A partir de esta condición, surge la selección de la planta hospedera por parte del insecto, que empieza con la dispersión hacia el hábitat del hospedero y su atracción inicial, mediadas por estímulos olfativos

y visuales; después la fase de reconocimiento por contactos táctiles y quimiogustativos, que pueden resultar en el establecimiento (oviposición) y finalmente la aceptación del hospedero por presencia de fagoestimulantes (Hodkinson & Hughes, 1982). En algunas especies insectiles, particularmente entre los escarabajos, ambos sexos pueden ser atraídos por el mismo aroma, razón por la que hoy en día estas señales químicas (feromonas) se han usado en cultivos como la manzana para inspeccionar y monitorear el área foliar empleando bandas rojas (Wood-Gush, 1983).

6.1.2. Fitófagos y cultivos evaluados mediante aleloquímicos y trampas cromáticas

Como ejemplo tenemos que diferentes estudios han encontrado que, dentro de toda la gama de colores empleados en las trampas de captura, para el caso de trips el amarillo, azul y blanco se destacan, considerando la preferencia que estos insectos revelan por estos colores, siendo los que más se utilizan comercialmente (Rodríguez-Saona et al., 2010). En efecto Walker (1974) menciona que, aunque una gran mayoría de los insectos fitófagos se caracterizan por una respuesta positiva frente a los pigmentos amarillos; en lo que respecta a los géneros y especies como los Thysanoptera la atracción del color es variable. Hoddle et al. (2002), en un estudio sobre la atracción de tres especies de trips mediante trampas pegajosas de colores amarillo, blanco y azul, obtuvieron los mejores resultados con las placas de color azul.

Por su parte, Vázquez (2003) expone que insectos como los trips pueden ser muestreados eficientemente con trampas amarillas, sin embargo, para medir el nivel de infestación es necesario contar ninfas y adultos presentes a la altura media de la planta, en el cultivo. En otro estudio realizado por Chu et al. (2006) en un cultivo de brócoli, encontraron que *F. occidentalis* fue capturado en mayor número en trampas de color azul en comparación con las amarillas, en tanto que *Scirtothrips perseae* y *S. dorsalis* prefieren las trampas de color blanco. Sin embargo,

importante considerar en casos donde existe o se emplea entomofauna auxiliar, como ejemplo, la chinche benéfica *Orius laevigatus* (Hemiptera: Anthocoridae), depredador natural del insecto perjudicial *F. occidentalis*; el cual ha mostrado verse afectado dado que según evaluaciones en campo son atraídas por las trampas de color azul, comprometiendo su establecimiento y sobrevivencia (López-Marín et al., 2010). Esto evidencia la necesidad y valides de evaluar en campo la preferencia de los insectos al color, considerando además de la taxonomía de la plaga, el tipo y sistema de cultivo asociado.

En cultivos de la vid *Vitis vinifera* en Ica, Perú, Joyo y Narrea (2015) encontraron que las trampas pegantes de color azul son más eficientes en la captura de trips *T. tabaci* y *F. occidentalis*, a diferencia del color blanco y amarillo; registrando además las mayores capturas en la etapa fenológica de postcosecha. En cultivos de papa en la Habana, Cuba, Jiménez et al. (2004), reportaron que las trampas engomadas de color azul colocadas en posición vertical a 30 cm de altura del suelo resultan efectivas para la detección y el monitoreo de *Thrips palmi* Karny. En el cultivo de rosa de corte en estado fenológico de producción de flores y cuatro años de establecimiento, Robles-Bermúdez et al. (2011), encontraron que las trampas azules impregnadas con el extracto del fruto de anís (*Pimpinella anisum*) a una concentración de 50 g L⁻¹ incrementa la capacidad de captura de trips.

En *Chrysanthemum* sp., flor cultivada para la exportación en condiciones agroecológicas de la Sabana de Bogotá Garzón (2016), quien evaluó la combinación de la feromona Thripline ams® [Eucaliptol, p – cimeno, alcanfor, metil isonicotinato y neryl metil butanoato] y la kairomona Lurem-TR® [metil Isonicotinato] con trampas cromáticas, sobre la captura de trips plaga, concluyo que la trampa de color azul combinada con los dos semioquímicos evaluados, presento mejores resultados en términos de captura de *Frankliniella occidentalis*, *F. panamensis*,

F. minuta, *Thrips tabaci* y *T. australis*, siendo estas las especies de trips encontradas asociadas al cultivo. Por su parte, Sánchez et al. (2011) quienes evaluaron la preferencia de *Thrips palmi* Karny por la orientación cardinal, el color (azul, blanco, amarillo y violeta) y la condición de la trampa adhesiva (nueva o usada), en dos ciclos de siembra de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.); mencionan que, aunque la atracción de los trips por el color de la trampa depende de la especie involucrada, los colores blanco y violeta y la trampa nueva, ejercieron la mayor atracción de la plaga.

Por otra parte, y como herramienta de monitoreo en cultivos de aguacate en Nayarit, México, las trampas adhesivas ubicadas a 2m de altura, como resultados arrojo que los trips *Scirtothrips perseae* respondieron mejor a trampas de color amarillo, a diferencia de los géneros *Frankliniella* y *Neohydatothrips* que respondieron mejor al uso de trampas de color azul (Urías et al., 2007).

En cultivos de aguacate en Michoacán, México Coria-Ávalos et al. (2012) quienes cuantificaron la captura de adultos del barrenador de las ramas *Copturus aguacatae* Kissinger (Coleoptera: Curculionidae) con trampas de colores, en comparación con el método de colocación de mantas debajo del árbol y captura de adultos precipitados al sacudir las ramas, encontraron que las trampas pegajosas de color azul y amarillo fueron más eficaces en la captura de adultos de este coleóptero fitófago.

Para cultivos de aguacate en zonas productoras de Colombia, el ICA (2012) reporta que se han empleado trampas pegajosas de color amarillo o azul, para trips (*Thrips palmi* Karny, *Selenothrips rubrocinctus* Giard, *Heliethrips haemorrhoidalis* Bouché), siendo las que ofrecen mejores resultados.

Otro estudio realizado por Leiva-Espinoza et al. (2019) quienes evaluaron el uso de trampas de colores y atrayentes alcohólicos para la captura de la broca del café (*Hypothenemus hampei*) en plantaciones ubicadas en Amazonas, Perú, recomiendan en cultivos altamente infestados el uso del color rojo con atrayente alcohólico (etanol: metanol en una proporción de 1:1) ya que fue esta combinación la que demostró ser más eficiente, en contraste con la combinación (metanol: esencia de café en una proporción de 1:1:1).

En un estudio realizado para la evaluación de atrayentes dirigidos a la captura de hembras adultas de la broca del café, en plantaciones ubicadas en Pinar del Río, Cuba Moreno et al. (2010), reportaron que la mezcla de metanol + etanol (3:1) resultó la más efectiva en la captura de adultos de *H. hampei*, en relación con el alcohol etílico solo y el alcohol etílico + café tostado molido, que fueron los tratamientos evaluados.

En cultivos de gulupa en Colombia se ha efectuado el monitoreo y control de moscas del ovario (*Dasiops* sp.), moscas negras de la flor (*Drosophila* sp.) mediante atrayentes y el uso de trampas Mc-phail cuya base generalmente es de color amarillo, cebadas con proteína hidrolizada de maíz comercial y enriquecida con bórax (Castro et al., 2012), que empleadas de manera intensificada arrojan una mayor efectividad (Jaramillo & Zuluaga, 2015). Estos mismos autores indican que para el caso de trips (*F. occidentalis*) en cultivos de gulupa, el uso de láminas con plástico de colores azul y amarillo impregnadas con pegante y ubicadas dentro del área del cultivo presentan buenos resultados. En otras investigaciones se ha reportado el uso de trampas cromáticas atrayentes de color morado, presentado buenos resultados en la captura de moscas del género *Dasiops* Rondani (Diptera: Lonchaeidae) (Vaca, 2015).

En un estudio para identificar los visitantes florales asociados con la fragancia floral *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener, Romero (2018) destacó la emisión de los compuestos

[1,4-dimethoxibenceno y alcohol bencílico] como típicos en flores abiertas, resultado que indica su posible evaluación y uso, de cebos impregnados con estos compuestos de forma individual o en mezcla, para determinar la respuesta de entomofauna benéfica, por ejemplo, del Orden Hymenoptera y Diptera. Para el cultivo de curuba (*Passiflora mollissima*) Tapia y Campos (2016), destacan el uso de trampas cromáticas amarillas para el control de mosca blanca *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) y trampas cromáticas celestes para el control de *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae), como método de control físico.

De otro lado, en evaluación dirigida al gusano tornillo *Telchin atymnius* (Lepidóptera: Castniidae), plaga limitante del plátano en condiciones de cultivo en La Vega, Cundinamarca, Atuesta (2017) determinó que la combinación trampa de color azul + cebo de agua-melaza, en comparación con las de color blanco y transparente, resultó más efectiva para el monitoreo de este fitófago, especialmente en la época de verano que es cuando se presenta condición de alta incidencia. Sosa-Armenta et al. (2012) determinaron la fluctuación poblacional de adultos de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) en dos cultivos de cítricos (lima persa y naranja valencia) en el Estado de Morelos, México, encontrando que las trampas amarillas colectaron más adultos que trampas azules en ambos cultivos.

En estudios recientes Rodríguez -Saona et al. (2020), evaluaron el efecto de un señuelo que contenía salicilato de metilo del HIPV (PredaLure®) en combinación con trampas adhesivas de diferentes colores (amarillo, blanco, verde, azul y rojo) para monitorear las poblaciones de insectos en campos con arándano rojo (*Vaccinium macrocarpon*) cultivados en el sur de Nueva Jersey (EE. UU.), demostrando que las trampas pegajosas blancas y amarillas cebadas con HIPV MeSA pueden ser útiles para monitorear poblaciones del sírfido *Toxomerus marginatus*

(Diptera: Syrphidae) importante insecto benéfico en el control biológico de algunos herbívoros de importancia agrícola y como polinizador.

Silva et al. (2018) para el monitoreo de adultos *Anthonomus musculus* (Coleoptera: Curculionidae) en arándanos cultivados en Burlington y Atlantic condados del sur de Nueva Jersey (EE. UU.), evaluaron la efectividad de diferentes tipos de trampas (adhesivas color blanco y amarillo) y cuatro tipos de trampas comerciales diseñadas para otras especies de gorgojos, además de la ubicación y el color; encontraron que de todas las trampas y colores, en las trampas pegajosas amarillas ubicadas en la mitad inferior (0,5 – 1,0 m) del dosel de los arándanos, se capturaron más adultos del coleóptero. Los mismos autores indican que se requiere investigar en sistemas de captura que integren además de las señales visuales, señales químicas (semioquímicos) para mejorar el monitoreo y el manejo de adultos de *A. musculus* hospedados en los arándanos.

Importante mencionar lo reportado por Rosa et al. (2018) quienes en un análisis sistemático para identificar el color (amarillo, rojo, azul y verde) y la altura (0.5, 0.75 y 1.0 m) más efectivos de las trampas pegajosas para la captura de insectos en general en un cultivo de chili (*Capsicum* sp.), encontraron que la trampa de color rojo mostro el nivel más alto de captura, seguido por los colores azul, verde y amarillo en todos los niveles de altura; así mismo, los insectos capturados en su mayoría eran enemigos naturales. Este resultado indica una consideración cuidadosa al instalar las trampas de color, cuando estas tienen como objetivo monitorear o controlar plagas, por lo que convendría colocar las trampas en los lugares que tienden a ser atacados por plagas (focos de infestación) para minimizar los efectos negativos sobre los insectos no objetivo o enemigos naturales.

7. Capítulo 5

7.1. Aspectos agroecológicos en los cultivos de aguacate, gulupa y café

El desarrollo sustentable de los cultivos agrícolas se debe enfocar hacia la estabilidad, resiliencia y adaptabilidad, conjugados con un enfoque económico basado en productividad, eficiencia y eficacia, con el fin único de mejorar el bienestar, la calidad de vida y la equidad entre los agricultores, la actividad agropecuaria y la sostenibilidad ambiental (FAO, 2015). Contrario a esto, las prácticas inadecuadas de manejo fitosanitario se traducen en afectación del medio ambiente en general, por efecto del uso indiscriminado de productos químicos de síntesis para la fitoprotección, así como el riesgo de sacar al mercado alimentos con niveles de contaminación, que por residualidad química pueden afectar la salud del consumidor e incluso dificulten su comercialización (Quiceno et al., 2018).

En lo que a las afectaciones fitosanitarias que son limitantes para los cultivos de aguacate, gulupa y café corresponde, es necesario adelantar el monitoreo y control oportuno de las poblaciones de plagas, dado que además del ataque directo que estas producen, son responsables de favorecer la entrada de microorganismos fitopatógenos. Otros factores que son limitantes para los cultivos se relacionan con el mal manejo de podas y riegos deficientes, así como, las aspersiones inadecuadas en las plantaciones que son realizadas para contener los daños de las plagas y enfermedades en pre y poscosecha (CEDRSSA, 2017). En este sentido, indagar sobre las condiciones bioecológicas de las plagas y su interacción con los cultivos de importancia agrícola, permitirá conocer las poblaciones de artrópodos presentes en estas explotaciones y diseñar mejores estrategias de manejo.

Así mismo, conocer la posible preferencia alimentar de los herbívoros en la planta y determinar en parte la magnitud del problema, facilitará a los cultivadores de frutas y granos con

destino al mercado nacional e internacional, así como a las instituciones involucradas en la fitoprotección, estructurar los programas de manejo que minimicen el impacto de las plagas e implementar los planes de prevención y manejo que faciliten la continuidad de estas explotaciones de importancia agrícola, sin perjuicio de la producción dado su potencial para el mercado de exportación (Gómez & Pinzón, 2019).

En cuanto a los aspectos agroecológicos relacionados con el aguacate, abarca hábitats que van desde el nivel del mar hasta los 3000 msnm, comprendiendo una amplia gama de climas y tipos de suelo, que han dado lugar a la gran diversidad genética y amplia adaptabilidad de la especie (Whinley et al., 2007; Wolstenholme, 2007). Dentro de las diversas variedades que se han desarrollado, el aguacate Hass es en la actualidad el más cultivado en climas subtropicales y mediterráneos (Newett et al., 2007). Se considera presenta un adecuado desarrollo en condiciones ambientales templadas con temperaturas entre 17 – 19 °C, requiere una precipitación de 1200-1600mm distribuidos durante el año, el pH del suelo recomendado en forma general es de 5 – 7; sin embargo, el aguacate muestra sensibilidad a factores edáficos (salinidad) y climáticos extremos (heladas) (Gutiérrez-Contreras et al., 2010).

Dependiendo de la zona geográfica, se estima que la mejor época recomendada para la siembra del cultivo de aguacate es terminando el verano en los meses cuando el invierno ya está bien definido. Así mismo y de forma general se recomienda elegir la variedad de acuerdo con la zona geográfica donde se quiera establecer el cultivo, ya que es de vital importancia para el éxito de la plantación (Rios-Castaño, 2003). Este mismo autor caracterizo según el porte (**Bajo:** ‘Gwen’ y ‘Hass’; **Medio:** ‘Booth 8’, ‘Lorena’, ‘Fuerte’ y ‘Trinidad’; **Alto:** ‘Choquette’, ‘Collinred’, ‘Trapica’ y ‘Reed’), estas las variedades que mejor se adaptan a las condiciones agroecológicas de Colombia. Sin embargo, y de acuerdo con el DANE (2016) en la actualidad el

aguacate Hass es uno de los más cultivados y apetecidos en el mercado, resaltando que dicha variedad requiere condiciones agroecológicas que correspondan al clima frío moderado y suelos de texturas livianas como los comprendidos entre arenosos (A) hasta los franco-arcillo-arenosos (FArA) y bien drenados, aspectos ideales para el cultivo.

Por su parte y de acuerdo con Jiménez et al. (2012), la gulupa se desarrolla adecuadamente en altitudes entre los 1800 a 2400 msnm., con temperaturas que oscilen entre 15 a 20 °C; sin embargo, las épocas de heladas afectan el cultivo, ya que reducen el desarrollo vegetativo y en efecto la productividad del cultivo. Así mismo temperaturas superiores a los 30°C en el día y 25°C en la noche afectan el desarrollo de flores. Precipitaciones entre 900 a 1200 mm bien distribuidas a lo largo del año resultan ideales; sin embargo, el exceso de agua en época de floración afecta la polinización (Jiménez et al., 2012).

La gulupa es una planta que requiere luz solar directa, siendo esta una variable que incide directamente sobre la producción; y la humedad relativa que oscila entre 60 y 70% se considera adecuada (Angulo 2009). Este mismo autor señala que esta pasiflora ha mostrado buen desempeño en suelos francos, con buen contenido de materia orgánica, pH ligeramente ácido a neutro y excelente drenaje, ya que esta planta es muy sensible a pudriciones radiculares, frecuentemente favorecidas por condiciones de encharcamientos.

Medidas como el realizar podas constantes para controlar su crecimiento, remover estructuras viejas y ramas improductivas, además de mejorar la productividad ayuda a disminuir la incidencia de plagas y enfermedades. Aunque es bien sabido que la carencia o deficiencia de nutrientes modifica el metabolismo en las plantas volviéndolas más susceptibles a los ataques de enfermedades, insectos y al daño físico (Epstein, 1994), conviene incorporar en los planes de nutrición vegetal fuentes alternativas a la fertilización química de síntesis, como son los abonos

orgánicos, enmiendas minerales, abonos verdes, microorganismos benéficos, entre otros. De otro lado Ocampo y Wyckhuys (2012) recomiendan como estrategia para el control biológico de la mosca del ovario *Dasiops* sp., considerando su importancia en el cultivo de la gulupa, realizar liberaciones de la avispa “paquita” (*Pachycrepoideus vindemmiae*); así como aplicaciones del entomopatógeno (*Metarhizium anisopliae*) al suelo, para el control de pupas que en este estadio allí se hospedan.

Importante considerar en el manejo fitosanitario, que el flujo genético de especies como la gulupa depende de vectores que transporten el polen hasta el estigma para la fecundación y producción de frutos (Rendón et al., 2013); razón por la cual reducir el uso de agroquímicos es vital para la productividad. Es en este sentido que Ángel-Coca et al. (2011) indican que la intervención de los insectos polinizadores en *P. edulis* incrementa características del fruto, debido a la probabilidad de obtener un mayor número de óvulos fecundados. No en vano Arias-Suárez et al. (2014) mencionan que los polinizadores naturales proporcionan un servicio ambiental esencial tanto para los ecosistemas naturales como para los agroecosistemas, por lo que en cultivos como la gulupa, se debe contribuir en su conservación, debido a que la producción y calidad de frutos depende de ellos.

Por otro lado, el agroecosistema del café en Colombia es tal vez uno de los más importantes, por la extensión de sus cultivos, fuente de empleo y gran generador de la economía rural. Es así como, en principio resulta importante reconocer el papel que la agroecología busca incorporar en sistemas productivos como el del café, ya que como lo menciona De Schutter (2010), esta se propone aumentar la productividad sobre el terreno, reducir la pobreza rural, mejorar la nutrición de las familias campesinas y aumentar la resiliencia frente al cambio climático. Al respecto Machado et al. (2014), identificaron como puntos críticos asociados al

cultivo de café que el rendimiento en la producción y el riesgo económico, son los factores que constituyen las principales limitantes para transformar el sistema cafetero hacia una producción sostenible.

El cultivo de café en Colombia se desarrolla en “ecotopos cafeteros” representados en diferentes zonas del territorio nacional. En este sentido y de acuerdo con la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (2012), la producción cafetera se encuentra localizada principalmente en las laderas de las cordilleras que atraviesan el país de sur a norte, a lo largo de las cadenas montañosas abarcando una franja altitudinal comprendida entre los 1.000 a 2.000 msnm. La temperatura media varía entre los 18 a 22.5°C; y las regiones con temperatura por fuera de estos límites se consideran como (zona marginal alta y zona marginal baja) para el cultivo de café.

La tendencia general de la precipitación en la zona es de distribución bimodal (dos periodos secos y dos de lluvias). Al respecto, Ramírez et al., (2010) estudiaron la relación entre las tasas de evapotranspiración de referencia, la altitud y la cuenca hidrográfica, donde teniendo en cuenta las condiciones agroecológicas de Colombia, determinaron que la demanda hídrica se ubica entre 1.000 a 1800 mm distribuidos a lo largo del año para el cultivo del café.

Lo antes mencionado es considerando que el requerimiento hídrico en el café esta en función de la altura sobre el nivel del mar, la edad del cultivo y la cuenca hidrográfica donde este se ubique (Ramírez et al., 2010). De otro lado, se determinó que un déficit de brillo solar promedio diario, por trimestre no mayor de 7,5 horas; un déficit hídrico moderado entre 60 y 65 días, representado en el índice de déficit hídrico (IDH) menor de 0,8 o entre 20 y 30 días de déficit hídrico fuerte, son algunas de las condiciones ambientales necesarias para una apropiada floración del café (Ramírez et al., 2011). Así mismo, se estima que la humedad relativa entre 70 a 85 %, evapotranspiración diaria de 3 a 4 mm y vientos menores a 5 km/hora favorecen el

cultivo. También, parte del éxito en el cultivo está en la variedad que se seleccione, considerando entre otras cualidades (alta producción y rendimiento, resistencia a plagas y enfermedades como la roya, porte bajo, fácil manejo, rápida producción, buen sistema radicular, además de buena duración y características organolépticas en la bebida).

Los suelos ideales para cafetales, en general, deben tener buenas características físicas como una profundidad efectiva mayor de 50 cm, permeables, adecuado drenaje, suficiente aireación y alta resistencia a la erosión; se debe evitar encharcamientos. En efecto, el manejo de los suelos destinados al cultivo de café está basado en la selección de coberturas nobles, que permiten la conservación del recurso suelo. Así mismo, el establecimiento de coberturas protege el suelo del impacto de las gotas de lluvia, principal causante de la erodabilidad de los suelos colombianos cafeteros (Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, 2012).

En la etapa de semillero y propagación del material vegetal Ormeño et al. (2017) recomiendan la aplicación del hongo antagonista *Trichoderma* (*T. harzianum*), en la desinfección del sustrato y en el trasplante de las plántulas al campo; así como intensificar su aplicación en época de lluvia para evitar la aparición de enfermedades ocasionadas por hongos. Estos mismos autores, para el caso de algunos de los herbívoros de importancia en el cultivo recomiendan realizar aspersiones preventivas con los hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana* o *Paecilomyces fumosoroseus* como medida de control biológico.

En general y para evitar la pérdida de la entomofauna benéfica asociada a los cultivos estudiados, y con esta el control natural de los herbívoros; así como dada la importancia de mantener bajo control las arvenses, el manejo del estrato herbáceo conviene se realice, a través de desbrozado mecánico o manual y no con la aplicación de herbicidas que contaminan el medio natural y reducen o eliminan las poblaciones de artrópodos y microbiota, generando

desequilibrios en los agroecosistemas (Linden et al., 1994). En publicación realizada por la FAO (2018), señalan que características como: la diversidad, las sinergias, la eficiencia, la resiliencia, el reciclaje, la creación conjunta y el intercambio de conocimientos, son los elementos comunes, prácticas básicas y los criterios de innovación que deben integrar los sistemas agroecológicos.

Fundamental en la nutrición de los cultivos, antes de aplicar fertilizantes de síntesis química, implementar un plan de gestión del suelo que garantice un manejo adecuado para su protección y conservación. Es aquí donde gestionar y emplear productos orgánicos para la nutrición vegetal cobra importancia, haciendo uso, por ejemplo, de biopreparados enriquecidos con minerales (Super magro 10, entre muchos otros) y microbiota benéfica que mejoran la fertilidad del suelo y su conservación (Asohofrucol, 2019).

De otro lado, en la preparación del suelo la materia orgánica recomendada es el humus de lombriz o la gallinaza procesada en una proporción del 40% del total de la mezcla del sustrato (Amórtégui, 2001). En efecto y desde el punto de vista agroecológico para conservar el componente edáfico es necesario mejorar la actividad biológica del suelo, a través de aportaciones de materia orgánica, ya sea como cultivo de leguminosas, plantas de enraizamiento profundo, o a través de incorporación de estiércoles, compost, purines, etc. (García, 2003).

Sin duda los cultivos analizados en mayor o menor grado y en el corto o mediano plazo, pueden verse afectados por condiciones de elevadas temperaturas, la alteración de las precipitaciones y de los regímenes de transpiración, así como el cambio en la presión ejercida por malezas, plagas y patógenos. Es aquí donde y como lo indica Nicholls et al. (2015) cobra importancia la implementación de medidas agroecológicas más radicales que incluyan la diversificación de los agroecosistemas en forma de policultivos, sistemas agroforestales, acompañados por el manejo orgánico de los suelos, la conservación y la cosecha del agua y un

incremento general de la agrobiodiversidad. Por tal motivo se debe difundir los principios y prácticas de resiliencia utilizados, así como los resultados de estudios científicos que documentan la efectividad de las prácticas agroecológicas.

8. Conclusiones y Recomendaciones

8.1. Conclusiones

La admisibilidad de productos como el aguacate, la gulupa y el café, en el mercado internacional implica en los cultivos, cumplir con las exigencias técnicas, sanitarias y fitosanitarias, de control oficial. En tanto que se debe mantener el equilibrio entre producción de alimentos, crecimiento socioeconómico y protección del medio ambiente; lo que sin duda constituye uno de los retos más importantes a enfrentar en el marco de la agricultura moderna, entendida como aquella que maximiza la productividad a través del uso de diversas alternativas, que integradas entre si aseguren la sostenibilidad ambiental y rentabilidad para el agricultor.

En efecto y aunque la fruticultura colombiana actual muestra grandes esfuerzos de organización y proyección hacia los mercados internacionales, aún carece de procesos fundamentales de planificación a largo plazo, organización gremial, poca especialización y una alta dispersión de las zonas productoras, que ameritan un trabajo continuo de las cadenas existentes que jalone su desarrollo.

En lo que a la importancia económica respecta, la producción total de variedades de **aguacate** en 2018 fue de 403.184 t (cultivadas en 73.986 ha), de estas 95.250 t corresponden a la variedad Hass (cultivadas en 15.530 ha), de las cuales cerca de 30.000 t fueron exportadas. Los principales departamentos dedicados a la producción son Tolima, Antioquia, Caldas, Santander, Bolívar, Cesar, Valle del cauca, Risaralda y Quindío. Para el caso de la **gulupa**, en 2018 se exportaron 24.799 t, cultivadas en un total de 2.144 ha, y el 90% de la producción se concentra en los departamentos de Cundinamarca, Antioquia, Risaralda, Quindío, Valle del cauca, Tolima, Boyacá y Santander. Por su parte, el **café** es cultivado en 970 mil hectáreas, distribuidas en cerca de 595 municipios de los 1.103 que posee Colombia, generando un aproximado de 785 mil

empleos directos. Es el segundo producto básico más valioso del mundo, y en 2019 la producción fue de 14,8 millones de sacos de los que se exportó un volumen de 13.698.000 sacos de 60 kg de café, siendo este el producto con mayor participación externa.

Aunque son diversos los herbívoros asociados a la producción de aguacate, gulupa y café, que causan daños directos e indirectos, demeritan la calidad, sanidad y productividad de estos cultivos de importancia económica; también es preciso mencionar que existen diversos métodos de control biológico, físico y etológico, que de forma natural o artificial sirven para la detección, monitoreo y supresión de plagas, y que aplicados de acuerdo con los principios del MIP, ayudan a reducir significativamente la presión de los fitófagos y el uso de agroquímicos, a la vez que se favorecen las interacciones tritróficas involucradas en el control de plagas.

Teniendo en cuenta que los compuestos orgánicos volátiles (VOCs), están altamente involucrados en las relaciones planta-herbívoro y planta-planta; por sus propiedades como atractivos de polinizadores y enemigos naturales, así como señales para ubicar fuentes de comida, anidación, cría, recompensa, entre otras interacciones; sin duda el uso de semioquímicos es una herramienta útil que puede ser empleada según sea su conveniencia para la atracción o repulsión de la artropodofauna asociada a los cultivos de aguacate, gulupa y café, dada la necesidad de sistemas de producción desarrollados de forma sustentable y sostenible.

Los diferentes tipos de trampas contra insectos son una importante herramienta en el manejo integrado de plagas, ya que permiten efectuar la detección, monitoreo y control de artrópodos de importancia económica en los cultivos. En efecto, las trampas adhesivas de color o cromáticas pueden resultar más convenientes ya que proveen un método económico, simple y eficiente para estimar la densidad poblacional de plagas sin mayor intervención antrópica. Así mismo y según estudios realizados en diferentes cultivos y para evaluar diversas poblaciones

insectiles, si las trampas adhesivas de diferentes colores son empleadas con la adición de semioquímicos (COV's) para monitorear las poblaciones de plagas y determinar los umbrales de acción, aumenta su efectividad.

Aspectos agroecológicos como el conservar la entomofauna benéfica y promover el control natural de plagas en los cultivos estudiados, requiere se indague sobre las condiciones bioecológicas de las plagas y su interacción con los cultivos de importancia agrícola, lo cual permitirá conocer las poblaciones de artrópodos presentes en estas explotaciones y diseñar mejores estrategias de manejo, así como disminuir el uso de agroquímicos.

8.2. Recomendaciones

Teniendo en cuenta que existe una gran diversidad de herbívoros asociados a los cultivos de aguacate, gulupa y café, que reducen su sanidad, calidad y comercialización, así como la necesidad de implementar estrategias de control, económicamente viables y ecológicamente sostenibles, conviene realizar la evaluación de la mejor combinación de color de trampa y tipo de semioquímico (feromonas y kairomonas), para la detección, captura y supresión de plagas; dado que este tipo de estrategia de manejo genera información para dirigir de manera adecuada el control químico y su uso racional. En la actualidad el uso de feromonas y kairomonas en el control de plagas es una estrategia sostenida, económicamente similar al manejo químico y socialmente más desarrollada.

Considerando la importancia de los aspectos agroecológicos asociados a los cultivos estudiados, estos deben ser incorporados en los sistemas productivos no desde la perspectiva netamente del crecimiento económico, sino como el sistema ordenante para la sostenibilidad ambiental, para aumentar la calidad y soberanía alimentaria, así como para garantizar a los campesinos ingresos económicos justos y suficientes que le permitan mejorar la calidad de vida.

Lo anterior ya que los impactos socioambientales de la agroecología contribuyen a la reducción de elementos nocivos de la agricultura, así como la disminución de los costos de producción y de mano de obra en los procesos de producción.

Dado el potencial que presentan algunas plantas al liberar compuestos químicos de forma natural y su interacción con el entorno, incluidas otras plantas y la artropodofauna asociada por medio de la alelopatía, se puede efectuar el manejo agroecológico de plagas, diversificando el monocultivo e incluyendo plantas con potencial alelopático y con esto aumentar el hábitat para la entomofauna benéfica (enemigos naturales que prevengan las explosiones de plagas), al tiempo que se incrementa la habilidad de los cultivos para resistir o tolerar el ataque de los herbívoros. Esto, entendiendo que continúa siendo prioridad el desarrollo de nuevos métodos para el control de insectos plaga en forma ambientalmente sustentable.

9. Referencias Bibliográficas

- Aguirre, L., Miranda, M., Urías, M., Orona, F., Almeyda, I., Johansen, R. & Tucuch, M. (2013). Especies de trips (Thysanoptera) en mango, fluctuación y abundancia. *Revista Colombiana de Entomología*, 39 (1), 9 – 12.
- Agronet. (2019). *Gulupa y otras frutas exóticas se pueden mejorar para exportación*. Minagricultura. Recuperado de <https://www.agronet.gov.co/Noticias/Paginas/Gulupa-y-otras-frutas-ex%C3%B3ticas-se-pueden-mejorar-para-exportaci%C3%B3n.aspx>
- Albino, N. (2016). *La producción de frutas tropicales: panorama mundial y en Argentina*. Hoja de divulgación N° 42. Argentina: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 20 p.
- Altieri, M. & Nicholls, C. (2007). *Biodiversidad y manejo de plagas en agroecosistemas*. Barcelona, España: Icaria Editorial. 247 p.
- Altieri, M. & Nicholls, C. (2001). *Propuesta agroecológica de manejo de plagas y enfermedades*. En: La práctica de la agricultura y la ganadería ecológicas. Ed. Comité Andaluz de Agricultura Ecológica.
- Ambrecht, I., Rojas, M & Chacón, P. (1986). Biología de la mosca de los botones florales del maracuyá *Dasiops inedulis* (Diptera: Lonchaeidae), en el Valle del Cauca. *Rev. Colomb. Entomol.*, 12(1), 16 – 22.
- Amórtegui, I. (2001). *El cultivo del aguacate*. Módulo educativo para el desarrollo tecnológico de la comunidad rural. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural-PRONATA. Ibagué, 49 p.
- Anaya, A. L. (2003). *Ecología química*. México, D. F. : Plaza y Valdés, S.A. de C.V. 349 p.
- Anaya, A. L. & Espinosa, F. J. (2006). La química que entretiene a los seres vivos. *Ciencias*, julio-septiembre, Universidad Nacional Autónoma de México, 083, 4 – 13.
- Anaya, A., Espinosa, F. & Cruz-Ortega, R. (2001) (eds.). *Relaciones químicas entre organismos: aspectos básicos y perspectivas de su aplicación*. México: Instituto de Ecología, UNAM, Plaza y Valdés, S.A. de C.V.
- ANALDEX. (2019). *Informe de exportaciones de fruta enero – mayo 2019*. Recuperado de <https://www.analdex.org/2019/07/31/informe-de-exportaciones-de-fruta-enero-mayo-2019/>
- ANALDEX. (2019). *Comportamiento de la Gulupa – Exportaciones enero-mayo*. Dirección de Asuntos Económicos. Recuperado de <https://www.analdex.org/wp-content/uploads/2019/07/Exportaciones-gulupa-a-mayo-2019.pdf>
- ANALDEX. (2019). *Exportaciones de Aguacate colombianas 2018*. Dirección de Asuntos Económicos. Recuperado de <https://www.analdex.org/wp-content/uploads/2019/03/2019-03-Informe-exportaciones-aguacate-2018.pdf>
- ANALDEX. (2018). *Mercado de la gulupa*. Asociación Nacional de Comercio Exterior. Recuperado de <https://www.analdex.org/2018/03/09/mercado-de-la-gulupa/>
- ANALDEX. (2017). *Los retos del aguacate Hass colombiano en los mercados internacionales*. 1 – 29 p.

- Ángel-Coca, C., Nates, G., Ospina, R., Melo, C. & Amaya, M. (2011). Biología floral y reproductiva de la gulupa *Passiflora edulis* Sims f. *edulis*. *Caldasia*, 33(2), 433 - 451.
- Angulo, R. (2010). *Maracuyá Passiflora edulis, variedad flavicarpa*. Bayer CropScience S. A. Bogotá, Colombia, 40 p.
- Angulo, R. (2009). *Gulupa Passiflora edulis var. edulis Sims*. Bogotá: Bayer CropScience S. A. Univisual Ltda. 40 p.
- Arcila, J., Farfán, F., Moreno, A., Salazar, L. & Hincapié, E. (2007). *Sistemas de producción de café en Colombia*. Chinchiná: Cenicafé. 309 p. Recuperado de https://www.cenicafe.org/es/publications/sistemas_de_produccion.pdf
- Arellano, G. & Vergara, C. (2016). Especies de Miridae (Hemiptera) registradas en algunos cultivos tropicales en Chanchamayo y Satipo. Junín – Perú. *Ecología Aplicada*, 15(2), 101 – 106.
- Arévalo P, E., Quintero F, O. X., & Correa L, G. (2003). Reconocimiento de trips (Insecta: Thysanoptera) en floricultivos de tres corregimientos del municipio de Medellín, Antioquia (Colombia). *Revista Colombiana de Entomología*, 29(2), 169-175.
- Arias, C., Prada, J. & Cerquera, O. (2017). La producción cafetera y su impacto en el crecimiento económico del departamento del Huila, Colombia. *Ánfora*, 24(42), 45 – 66.
- Arias-Suárez, J., Ocampo-Pérez, J. & Urrea-Gómez, R. (2014). La polinización natural en el maracuyá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener) como un servicio reproductivo y ecosistémico. *Agronomía Mesoamericana*, 25(1), 73 – 83.
- Arismendi, N., Carrillo, R., Andrade, N., Riegel, R., & Rojas, E. (2009). Evaluación del color y la posición de trampas en la captura de cicadélidos en *Gaultheria phillyreifolia* (Ericaceae) afectadas por fitoplasmas. *Neotropical Entomology*, 38(6), 754-761.
- Asohofrucol. (2019). *Producción agroecológica de frutas y hortalizas*. Convenio SENA – ASOHOFrucol 0045 de 2019: Bogotá, D.C., Colombia, 48 p.
- Atuesta, F. (2017). *Evaluación de métodos de captura de adultos de gusano tornillo (Telchin atymnius) en trampas de diferente color y tipo de cebo, en el municipio de La Vega Cundinamarca*. (Tesis de Pregrado). Universidad de Cundinamarca, Facatativá, Cundinamarca. 90 p.
- Ávila, G., Téliz, D., Vaquera, H., González, H. & Johansen, R. (2005). Progreso temporal del daño por trips (Insecta: Thysanoptera) en aguacate (*Persea americana* Mill.). *Agrociencia*, 39 (4), 441 – 447.
- Bagnères, A. & Hossaert-McKey, M. (2020). *Ecología química*. London: ISTE Science Publishing Ltd. 226 p.
- Bacca, X. (2019). *Detectan virus en pasifloras silvestres del Valle del Cauca*. Agronet. Recuperado de <https://www.agronet.gov.co/Noticias/Paginas/Detectan-virus-en-pasifloras-silvestres-del-Valle-del-Cauca.aspx>
- Badii, M., Landeros, J. & Cerna, E. (2007). Manejo Sustentable de Plagas o Manejo Integral de Plagas. Un apoyo al desarrollo sustentable *CULCYT*, 4(23), 13 – 30.

- Barrera, J., Montoya, P. & Rojas, J. (2006). *Bases para la aplicación de sistemas de trampas y atrayentes en manejo integrado de plagas*. Sociedad Mexicana de Entomología & Colegio de la Frontera Sur. Manzanillo, Colima, México, 2006, 1-16 p. ISBN 970-9712-28-4.
- Barrientos, A. & López, L. (2001). *Historia y genética del aguacate*. Recuperado de Avocadosource: http://www.avocadosource.com/journals/cictamex/cictamex_19982001/cictamex_1998-2001_pg_100-121.pdf
- Belline, M., Carabalf, A., Kondo, T. & Bacca, T. (2014). Biología del pasador del fruto del aguacate *Stenoma catenifer* Walsingham (Lepidoptera: Elachistidae) y búsqueda de sus posibles enemigos naturales. *bol.cient.mus.hist.nat.*, 18(2), 79 – 92.
- Benavides M., Gil, P., Constantino, C., Villegas, G. & Giraldo, J. (2013). *Plagas del café: Broca, minador, cochinitas harinosas, araña roja y Monalonia*. 215-260 p. En: Cenicafé. Manual cafetero colombiano: Investigación y tecnología para la sostenibilidad de la caficultura. Chinchiná: Cenicafé.
- Benavides, P. (2012). La araña roja del café: vigilancia fitosanitaria y manejo oportuno. Cenicafé. Recuperado de <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/715/1/37901.pdf>
- Bernal, J. & Díaz, C. (2005). *Manual técnico No. 5: Tecnología para el cultivo del Aguacate*. Colombia: Produmedios. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria Corpoica, Centro de Investigación La Selva, Río Negro, Antioquia, 241 p.
- Bergamin, J. (1943). Contribuição para o conhecimento da biologia da broca do café *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Col. Ipidae). *Arquivos do Instituto Biologico, São Paulo*, 14, 31 – 72.
- Bustillo, Á. (2010). *El manejo de cafetales y su relación con el control de la broca del café en Colombia*. Centro Nacional de Investigaciones de Café – Cenicafé. Chinchiná, Caldas Colombia. Recuperado de <http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/579/1/024.pdf>
- Bustillo, A. (2008). *El minador de la hoja del cafeto, Leucoptera coffeellum* (Lepidoptera: Lyonetiidae). 360 – 363 p. En: Bustillo P., A.E. Los insectos y su manejo en la caficultura colombiana. Chinchiná, FNC: Cenicafé, 1974, 4 p.
- Bustillo, A. (2008). *Los insectos y su manejo en la caficultura colombiana*. Chinchiná, Colombia: Federación Nacional de Cafeteros de Colombia- Centro Nacional de Investigaciones de Café
- Bustillo, A. (2007). *El manejo de cafetales y su relación con el control de la broca del café en Colombia*. Chinchiná, Caldas, Colombia: Cenicafé, 40 p.
- Bustillo, A. (2006). Una revisión sobre la broca del café, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), en Colombia. *Revista Colombiana de Entomología*, 32(2), 101 – 116.
- Blanco, Y. (2006). Revisión bibliográfica la utilización de la alelopatía y sus efectos en diferentes cultivos agrícolas. *Cultivos Tropicales*, 27(3), 5 – 16.
- Blanco, H. (2004). Las feromonas y sus usos en el manejo integrado de plagas. Hoja Técnica No. 47. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica)*, 71, 112 – 118.
- Blackman, R. & Eastop, V. (2000). Los áfidos en los cultivos del mundo. Guía de información e identificación. *Ecología*. 143 – 158 p.

- Bravo, A. (2003). *Emisión de volátiles en Persea americana Molino. como respuesta al ataque del barrenador de la rama (Copturus aguacatae Kissinger)*. (Tesis de Pregrado). Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México.
- Caballero, A., Ramos-Portilla, A., Suárez-González, D., Serna, F., Gil, Z. & Benavides, P. (2019). Los insectos escama (Hemiptera: Coccoomorpha) de raíces de café (*Coffea arabica* L.) en Colombia, con registros de hormigas (Hymenoptera: Formicidae) en asociación. *Cienc Tecnol Agropecuaria, Mosquera (Colombia)*, 20(1), 69 – 92.
- Caicedo, L., Varón, E., Bacca, T. & Carabali, A. (2010). Daños ocasionados por el perforador del aguacate *Heilipus lauri* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) en Tolima (Colombia). *Revista Corpoica - Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 11(2), 129 – 136.
- Cámara de Comercio de Bogotá. (2015). *Manual gulupa*. programa de apoyo agrícola y agroindustrial vicepresidencia de fortalecimiento empresarial Cámara de Comercio de Bogotá, 56 p.
- Cantúa, J., Flores, A. & Valenzuela, J. (2019). Compuestos orgánicos volátiles de plantas inducidos por insectos: situación actual en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(3), 729 – 742.
- Cano, C., Vallejo, C., Caicedo, E., Amador, J. & Tique, E. (2012). *El mercado mundial del café y su impacto en Colombia*. Bogotá: Borradores de economía Núm. 710. 56 p.
- Cano, D., Serna, F. & Bustillo, A. (2002). Características anatómicas de una nueva especie de Compsus (Coleoptera: Curculionidae) plaga de cítricos en Colombia. *Revista Colombiana de Entomología*, 28(1), 33 – 41.
- Canihuante, L. (2012). La alelopatía y la agricultura. Tesis de Pregrado. Universidad de La Frontera, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales. Temuco, Chile.
- Cañedo, V., Alfaro, A. & Kroschel, J. (2011). *Manejo integrado de plagas de insectos en hortalizas*. Principios y referencias técnicas para la Sierra Central de Perú. Centro Internacional de la Papa (CIP), Lima, Perú. 48 p.
- Cardona, C. & Mesa, C. (2015). *Entomología económica y manejo de plagas*. Primera edición. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia (Sede Palmira). 308 p.
- Cardenas, C. (2014). *Las plantas alelopáticas*. Universidad de las fuerzas Armadas – ESPE. Recuperado de <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/9218/3/Las%20Plantas%20Alelopaticas.pdf>
- Cárdenas M. & Posada, F. (2001). *Los insectos y otros habitantes de cafetales y platanales*. Comité Departamental de Cafeteros del Quindío, Armenia, Optigraf Edit., 120 p.
- Cardé, R. & Minks, A. (1995). Control of moths pests by mating disruption: Successes and Constraints. *Annual Review of Entomology*, 40, 559 – 585.
- Cárdenas, R. (1991). El Minador de las hojas del Cafeto *Leucoptera coffeella* (Guerín-Ménéville) Lepidoptera: Lyonetiidae. Boletín técnico/Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, 14, 1 – 31.
- Carreras, B. & Rodríguez, D. (2009). Evaluación de cepas de *Bacillus thuringiensis* para el control de *Drosophila melanogaster* Maengi. *FITOSANIDAD*, 13(2), 83 – 87.

- Carvalho, J.C. & Costa, L. A. (1988). Mirídeos neotropicales, CCXCVII: Duas novas espécies do genero Monalonia Herrich – Schaeffer (Hemiptera). *Rev. Brasil. Biol.*, 48 (4), 893 – 896.
- Castillo-Carrillo, P., Sernaque-Cortez, A. & Purizaga-Preciado, J. (2020). Record of the cacao bug, *Antiteuchus triperus* (Fabricius 1787) (Hemiptera: Pentatomidae), in Tumbes Perú. *Bol. Mus. Nac. Hist. Nat. Parag.*, 24(1), 15 – 20.
- Castro, A., Korytkowski, C., Ebratt, E., Brochero, H. (2013). *Dasiops luzestelae*: a new species of the genus *Dasiops* Rondani (Diptera: Lonchaeidae) associated with passion fruit crops in Colombia. *Agronomía Colombiana*, 31(2), 253 – 256.
- Castro, A., Korytkowski, C., Ebratt, E., Santamaría, M. & Brochero, H. (2012). New Records of *Dasiops* spp (Diptera: Lonchaeidae) Associated with *Pasiflora* Grown in Clombia. *Rev. Fac. Nal. Agr. Medellin*, 65(2), 6687-6696.
- Castresana, J., Gagliano, E., Puhl, L., Bado, S., Vianna, L., & Castresana, M. (2008). Atracción del trips *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) con trampas de luz en un cultivo de gerbera *jamesonii* (G.). *Idesia (Arica)*, 26(3), 51-56.
- Castañeda-Vildózola, A., Valdez-Carrasco, J., Equihua-Martínez, A., González-Hernández, H., Romero-Nápoles, J., Solís-Aguilar, J. & Ramírez-Alarcón, S. (2007) Genitalia de tres especies de *Heilipus* Germar (Coleoptera: Curculionidae) que dañan frutos de aguacate (*Persea americana* Mill) en México y Costa Rica. *Neotropical Entomology*, 36(6), 914 – 918.
- CEDRSSA. (2017). *Reporte caso exportación el aguacate*. Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria. Ciudad de México, 31 p. Recuperado de <http://www.cedrssa.gob.mx/files/b/13/54Exportaci%C3%B3n%20aguacate.pdf>
- Celis, Á., Mendoza, C., Pachón, M., Cardona, J., Delgado, W. & Cuca, L. (2008). Extractos vegetales utilizados como biocontroladores con énfasis en la familia Piperaceae. Una revisión. *Agronomía Colombiana*, 26(1), 97 – 106.
- Clavijo, S. & Joya, J. (2018). *Panorama cafetero 2018-2019*. La República. Recuperado de <https://www.larepublica.co/analisis/sergio-clavijo-500041/panorama-cafetero-2018-2019-2797742>
- Clavijo, J. (2014). *Manual para el manejo de la hormiga arriera*. Programa MIDAS, Departamento de Planeación. 8 p. Recuperado de <https://sioc.minagricultura.gov.co/Aguacate/Normatividad/Manual%20Hormiga%20Arriera.pdf>
- Constantino, L., Flórez, J., Benavides, P. & Bacca, T. (2011). *Minador de las hojas del café, una plaga potencial por efectos del cambio climático*. Chinchiná, Caldas, Colombia, Cenicafé. Avances técnicos 409, 12 p.
- Constantino, L., Navarro, L., Berrio, A., Acevedo, F., Rubio, D. & Benavidez, P. (2011). Aspectos biológicos, morfológicos y genéticos de *Hypothenemus obscurus* e *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *Revista Colombiana de Entomología*, 37(2), 173 – 182.

- Coria-Ávalos, V., Tovar, H., Nájera-Rincón, M. & Muñoz-Flores, H. (2012). Cuantificación de adultos de *Copturus aguacatae* Kissinger (Coleoptera: Curculionidae) con trampas pegajosas de colores en una prueba de efectividad biológica con bioplaguicidas microbiales en Ziracuaretiro, Michoacán, México. *Entomología Agrícola*, 703–708 p.
- Cortez, V. (2013). Ecología química y perspectivas de su aplicación en la conservación de la biodiversidad. *Cuadernos de Biodiversidad*, 41, 16 – 21. Recuperado de https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/28016/1/CuadBio_41_3.pdf
- Coral, F., Bacca, T. & Dias, L. (2012). Efecto atractivo de los volátiles de un terpenoide a insectos asociados a *Coffea arabica* L. (Rubiaceae). *bol.cient.mus.hist.nat.*, 16(2), 78 – 86.
- Cotes, A., López-Ávila, A., Bosa, C., Zuluaga, M., Rincón, D, Valencia, E., Clavijo, A. Aragón, S., Borrero, F., Camargo, C., Cuadros, D., Witzgall, P., Bengtsson, M., Karlsson, M. & Birgersson, G. (2012). *Uso de los compuestos volátiles de la papa en el control de la polilla guatemalteca*. Bogotá: CORPOICA, 48 p.
- Cox, J. (1989). The mealybug genus *Planococcus* (Homoptera: Pseudococcidae). *Bulletin of the British Museum (Natural History)*. *Entomology*, 58(1), 1 – 78.
- Cucchi, N. & Uliarte, E. (2020) *Controles mecánicos y físicos*. En: Cucchi, N. (ed.) (2020). *Agricultura sin plaguicidas sintéticos: manejo agroecológico de plagas en cultivos argentinos*. Buenos Aires: INTA Ediciones, Estación Experimental Agropecuaria Mendoza, 113 p.
- Cuttler, P. & Schmutteres, H. (1999). Natural pesticides from the Neem seed and other plants. *J. Ethnopharmacology*, 333, 11 – 19.
- Chacón, P. Rojas, M. (1984). Entomofauna asociada a *Passiflora mollissima*, *P. edulis* f. *flavicarpa*, *P. quadrangularis* en el departamento del Valle del Cauca. *Turrialba*, 34 (3), 297 – 311.
- Chu, C., Ciomperlik, M., Chang, N., Richards, M. & Henneberry, T. (2006). Developing and evaluating traps for monitoring *Scirtothrips dorsalis* (Thysanoptera: Thripidae). *Florida Entomologist*, 89(1), 55 – 47.
- DANE. (2016). *Cultivo del aguacate Hass (Persea americana Mill; Persea nubigena var. Guatemalensis x Persea americana var. drymifolia), plagas y enfermedades durante la temporada de lluvias*. Boletín mensual Núm. 50. Recuperado de https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/Bol_Insumos_ago_2016.pdf
- David-Rueda, G., Constantino, L., Montoya, E., Ortega, O., Gil, Z. & Benavides- Machado, P. (2016). Diagnóstico de *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae) y sus parasitoides en el departamento de Antioquia, Colombia. *Revista Colombiana de Entomología*, 42(1), 4 – 11.
- DANE. (2016). *Cultivo del aguacate Hass (Persea americana Mill; Persea nubigena var. Guatemalensis x Persea americana var. drymifolia), plagas y enfermedades durante la temporada de lluvias*. Boletín mensual Núm. 50. Recuperado de https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/Bol_Insumos_ago_2016.pdf
- De Schutter, O. (2010). *Informe del relator especial sobre el derecho a la alimentación*. Naciones Unidas, Asamblea General, 20 de diciembre, 24 p.

- Delgado-Ortiz, F., García-Bonilla, C., Vargas-Sandoval, M., Ayala-Ortega, J., Lara-Chávez, Ma. B., Arias-Valencia, Ma. Del C. & Gutiérrez-Contreras, M. (2017). Distribución geográfica de *Bruggmanniella perseae* (Díptera: Cecidomyiidae) en la franja aguacatera de Michoacán, México. *Memorias del V Congreso Latinoamericano del Aguacate*. 94 – 101.
- Delgado, C. (2009). *Perforadores del fruto del aguacate cv. hass en el eje cafetero*. Tesis de Pregrado. Universidad de Caldas, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Programa de Agronomía. Manizales, Caldas. 72 p.
- Dent, D. (1995). *Integrated Pest Management*. Londres: Chapman & Hall.
- Díaz, J., Ardila, C. & Guerra, M. (2019). Case Study on the Eligibility of Colombian Hass Avocado in the US Market: Opportunities in East Asia. *Revista Mundo Asia Pacífico*, 8 (14), 5 – 27. DOI: 10.17230/map.v8.i14.01
- Domínguez, A. (2018). *Estudios dirigidos a la ecología química de insectos plaga mediante semioquímicos*. Universitat de Barcelona. Recuperado de https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/482166/02.ADC_2de12.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Duran, F. (2010). *Control biológico de plagas*. Bogotá, Colombia: Grupo Latino Editores.
- Duke, S., Scheffler, B., Dayan, F., Weston, L. & Ota, E. (2001). Strategies for using transgenes to produce allelopathic crops. *Weed Tech.*, 15, 826 – 834.
- Ebratt, E., Salamanca, J., Martínez, O. [et al]. (2013). *Moscas Dasiops en cultivos de pasifloras en Colombia*. Boletín Técnico: Instituto Colombiano Agropecuario, ICA, 47p.
- Enríquez, E., Bejarano, S. & Vila, V. (1975). Morfología, ciclo biológico y comportamiento de *Leucoptera coffeella* Guer.-Men. *Revista Peruana de Entomología*, 18(1), 79 – 81.
- Epstein, E. (1994). *The anomaly of silicon in plant biology*. Proceedings of the National Academy of Sciences. Washington, D. C., 91, 11 – 17 p.
- Estrada, C. (2020). *Colombia exporta en promedio us\$75 millones al año de la fruta exótica gulupa*. AGRONEGOCIOS. Recuperado de <https://www.agronegocios.co/agricultura/colombia-exporta-en-promedio-us75-millones-al-ano-de-la-fruta-exotica-gulupa-2975537>
- Estrada, E., Romero, A., Betancur, M., Escobar, J., Quiceno, J. & Martínez, B. (2018). *Compuestos volátiles y trampas usados en el monitoreo y captura de plagas en cultivos de aguacate (Persea americana Mill cv. Hass)*. Primera edición. Rionegro, Antioquia : Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), 25 p.
- Evans, E., & Nalampang, S. (2009). *Un análisis de la demanda de EE. UU. Para el aguacate (molina de persea americana)*. ISHS International Society for Horticultural Science.
- FAO. (2020). *Perspectivas a mediano plazo: perspectivas para la producción y el comercio mundial de bananos y frutas tropicales 2019-2028*. Roma. Recuperado de <http://www.fao.org/3/ca7568es/ca7568es.pdf>

- FAO. (2020). *Análisis del mercado de las principales frutas tropicales*. Recuperado de <http://www.fao.org/3/ca9213es/ca9213es.pdf>
- FAO. (2018). *Guía para la transición hacia sistemas alimentarios y agrícolas sostenibles*. Roma. 15 p. Recuperado de <http://www.fao.org/3/i9037es/i9037es.pdf>
- FAO. (2015). *Agricultura sostenible*. Una herramienta para fortalecer la seguridad alimentaria y nutricional en América Latina y el Caribe. 48 p.
- FAO. (2015). *El cambio climático, las plagas y las enfermedades transfronterizas*. Recuperado de <http://www.fao.org/tempref/docrep/fao/010/i0142s/i0142s06.pdf>
- Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. (2020). *Estadísticas cafeteras*. Recuperado de <https://federaciondefcafeteros.org/wp/estadisticas-cafeteras/>
- Federación nacional de Cafeteros de Colombia. (2017). Informe sobre el Primer foro mundial de países productores de café. Medellín (Colombia) Julio de 2017 *Ensayos sobre economía cafetera No. 32*. Recuperado de <https://federaciondefcafeteros.org/static/files/ECC32.pdf>
- Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. (2012). *Guía ambiental para el sector cafetero*. Segunda edición. 30 p. Recuperado de <https://federaciondefcafeteros.org/static/files/8Capitulo6.pdf>
- Fernández, F., Castro-Huertas, V. & Serna, F. (2015). *Hormigas cortadoras de hojas de Colombia: Acromyrmex & Atta (Hymenoptera: Formicidae)*. Fauna de Colombia. Monografía No. 5, Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C., Colombia, 350 p.
- Figuroa-Hernández, E., Pérez-Soto, F. & Godínez-Montoya, L. (2015). *La producción y el consumo del café*. ECORFAN- Spain. 162 p. Recuperado de https://www.ecorfan.org/spain/libros/LIBRO_CAFE.pdf
- Fischer, G., Casierra-Posada, F. & Piedrahíta, W. (2009). *Ecofisiología de las especies pasifloráceas cultivadas en Colombia. En Cultivo, poscosecha y comercialización de las pasifloráceas en Colombia: maracuyá, granadilla, gulupa y curuba*. Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas, Bogotá. 45 – 67 p.
- Flores, S. (2003). *Bases del trampeo y atrayentes*. En: XV Curso Internacional sobre Moscas de la Fruta. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Metapa de Domínguez, Chiapas, México, 89 – 98 p.
- Franco, S. & Castrejón, V. (2017). *Manipulando el comportamiento de los insectos plaga*. Revista de Divulgación Científico-Tecnológica del Gobierno del Estado de Morelos HYPATIA®. Recuperado de <https://revistahypatia.org/etologia-revista-56.html>
- Gallego, J., Caicedo, A., Carabalí, A. & Muñoz, J. (2012). Comportamiento alimenticio y de oviposición de *Compsus viridivittatus* (Coleoptera: Curculionidae) en especies de cítricos. *Revista Colombiana de Entomología*, 38(2), 191 – 195.
- García, L., Arango, C. & Sierra, J. (2019). *Descripción de la ruta técnica productiva y de gestión de los cultivos de frutas exóticas de gulupa y uchuva en el municipio de Rionegro*. (Tesis de Pregrado). Universidad EAFIT, Rionegro, Antioquia.

- García, J. (2019). La visión cromática. *Anales RANM*, 136(3), 262 – 267. DOI: 10.32440/ar.2019.136.03.rev05
- García, C., Zárate, C., & Ochoa, G. (2016). *Demanda y Oferta de mano de obra en la caficultura colombiana*. CRECE. Manizales: CRECE.
- García, J. (2003). El aguacate ecológico. aspectos técnicos, sociales y medio ambientales de su cultivo en Andalucía. *Proceedings V World Avocado Congress (Actas V Congreso Mundial del Aguacate)*. 707 – 712.
- García A. P. (1962). *Heilipus lauri Boheman un barrenador de la semilla del aguacate en México, Chapingo*. Tesis de Pregrado. Escuela Nacional de Agricultura, Universidad Autónoma Chapingo. 107 p.
- Garzón, J. (2016). *Evaluación de la adición de compuestos químicos (feromonas y kairomonas) a trampas cromáticas, sobre la captura de trips plaga en un cultivo de flores de exportación*. (Tesis de Maestría), Universidad Nacional de Colombia-Sede Bogotá. Recuperado de <http://bdigital.unal.edu.co/55023/>
- Garzón, A., Bengochea, P. & Hiernaux, L. (2014). Técnicas y métodos ecológicos de equilibrio entre parásitos, patógenos y cultivos. España: Ediciones Paraninfo, 131 p.
- Gencer, N., KumraL, N., Altin, I. & Pehlevan, B. (2019). Response of aphid predators to synthetic herbivore induced plant volatiles in an apple orchard. *Revista Colombiana de Entomología*, 45(2), e7953. <https://doi.org/10.25100/socolen.v45i2.7953>
- Gerding, M., González, M., Larraín, P., Belmar, J., Angulo, A., Olivares, T. & Avilés, R. (2003). *Identificación, síntesis y uso de sustancias semioquímicas (feromonas y kairomonas) que afecten el comportamiento de la cuncunilla de las hortalizas, Copitarsia turbata (Lepidoptera: Noctuidae) aplicación en monitoreo y control*. Recuperado de <http://bibliotecadigital.fia.cl/handle/20.500.11944/145420>
- Gil, Z., Benavides, P. & Constantino-C, L. (2016). Hemiptera: Coccoidea de las raíces del café y sus parasitoides en el Valle del Cauca. *Revista Cenicafé*, 67 (1), 73 – 80.
- Gil, Z., Benavides, P. & Villegas, C. (2015). *Manejo integrado de las cochinillas de las raíces del café*. Centro Nacional de Investigaciones de Café – Cenicafé. Manizales, Caldas, Colombia. Recuperado de <https://www.cenicafe.org/es/publications/avt0459.pdf>
- Giraldo, M. & Postali, J. (2017). Aspectos biológicos de *Leucoptera coffeella* (Guérin-Méneville, 1842) (Lepidoptera: Lyonetiidae) en *Coffea arabica* en condiciones de laboratorio. *Cenicafé*, 68(2), 20 – 27.
- Giraldo, M., Galindo, L. & Benavides, P. (2011). *La arañita roja del café*. (avances técnicos 403). Chinchiná, Caldas, Colombia: Cenicafé, 8 p.
- Giraldo-Jaramillo, M, Benavidez-Machado, P. & Villegas-García, C. (2010). Aspectos morfológicos y biológicos de *Monalonia velezangeli* Carvalho & Costa (Hemiptera: Miridae) en café. *Cenicafé*, 61(3), 195 – 205.
- Gioria, R., Espinha, L., Rezende, J., Gaspar, J. & Kitajima, E. (2002). Limited movement of Cucumber

- mosaic virus (CMV) in yellow passion flower in Brazil. *Plant pathology*, 51, 127 – 133.
- Granados-Sánchez, D., Ruíz-Puga, P. & Barrera-Escorcia, H. (2008). Ecología de la herbivoría. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 14(1), 51 – 63.
- Goldarazena, A. (2015). Clase: Insecta, Orden: Thysanoptera, Manual. *Revista IDE@ - SEA*, 52, 1–20. Recuperado de http://sea-entomologia.org/IDE@/revista_52.pdf
- Gómez, A. & Pinzón, L. (2019). Análisis de oportunidades para la exportación de aguacate Hass de Colombia a Estados Unidos. Tesis de Especialización. Universidad Santo Tomás, Bucaramanga.
- Góngora, B., Posada, F. & Bustillo, A. (2001). *Detección molecular de un gen de resistencia al insecticida endosulfán en una población de broca Hypothenemus hampei (Ferrari) (Coleoptera: Scolytinae) en Colombia*. En: Resúmenes XXVIII Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología (Socolen). Pereira, 8-10 de agosto. 47 – 48 p.
- Grostal, P., & Dicke, M. (1999). Direct and indirect cues of predation risk influence behaviour and reproduction prey: a case for acarine interactions. *Behaviour Ecology*, 10, 422 – 427.
- Guerrero, E., Potosí, C., Melgarejo, L. & Hoyos, L. (2012). *Manejo agronómico de gulupa (Passiflora edulis Sims) en el marco de las buenas prácticas agrícolas (BPA)*. En: Ecofisiología del cultivo de la gulupa (*Passiflora edulis* Sims). Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 123 – 144 p.
- Gutiérrez-Contreras, M., Lara-Chávez, Ma., Guillén-Andrade, H. & Chávez-Bárceñas, A. (2010). Agroecología de la franja aguacatera en Michoacán, México. *Interciencia*, 35(9), 647 – 653.
- Ha, C., Coombs, S., Revill, P., Harding, R., Vu, M & Dale, J. (2008). Design and application of two novel degenerate primer pairs for the detection and complete genomic characterization of potyviruses. *Archives of virology*, 153, 25 – 36.
- Hamilton, J., Hall, D. & Kirk, W. (2005). Identification of a male-produced aggregation pheromone in the western flower thrips *Frankliniella occidentalis*. *Journal of Chemical Ecology*, 32, 1369 – 1379.
- Hernández, L., Castillo, F., Ocampo, J. & Wyckhuys, K. (2011). *Guía de identificación de plagas y enfermedades para el maracuyá, la gulupa y la granadilla*. Universidad Jorge Tadeo Lozano, Bogotá, Colombia, 62 p.
- Hoddle, M. (2011). The Avocado Seed Moth, *Stenoma catenifer* Walsingham (Lepidoptera: Elachistidae). *Applied biological control research*. Recuperado de <http://biocontrol.ucr.edu/stenoma/stenoma.html>.
- Hoddle, M., Robinson, L. & Morgan, D. (2002). Attraction of Trips (Thysanoptera: Thripidae and Aeolothripidae) to Colored Sticky Cards in California Avocado Orchards. *Crop Protection*, 21(5), 383-388.
- Hodkinson, I. D. & Hughes, M. K. (1982). *Insect herbivores* London, Chapman & Hall. 77 p.
- Hohmann, C. & Meneguim, A. (1993). Observaciones preliminares sobre la ocurrencia del barrenador del aguacate en el estado de Paraná. *An. Soc. Entomol. Bras*, 22, 417 – 419.
- Howell V., Doyen, J & Purcell, A. (1998). *Introduction to Insect Biology and Diversity*. Oxford, University Press. 674 pp.

- ICA. (2016). *Normas en Colombia para exportar*. Recuperado de <https://www.ica.gov.co/importacion-y-exportacion/exportacion-agricola/normas-en-colombia-para-exportar-vegetales-frescos>
- ICA. (2011). *Manual técnico de trampeo de moscas de la fruta*. Plan Nacional de Detección, Control y Erradicación de Moscas de la Fruta, PNMF. Recuperado de [https://www.ica.gov.co/areas/agricola/servicios/epidemiologia-agricola/documentos/m_moscas_trampeo-\(1\).aspx](https://www.ica.gov.co/areas/agricola/servicios/epidemiologia-agricola/documentos/m_moscas_trampeo-(1).aspx)
- ICA. (2012). *Manejo fitosanitario del cultivo del aguacate Hass (Persea americana Mill). Medidas para la temporada invernal*. Bogotá D.C.: Instituto Colombiano Agropecuario, 75 p. Recuperado de [https://www.ica.gov.co/getattachment/4b5b9b6f-ecfc-46e1-b9ca-b35cc1cefee2/-](https://www.ica.gov.co/getattachment/4b5b9b6f-ecfc-46e1-b9ca-b35cc1cefee2/)
- ICA. (2004). *Registro y manejo de predios de producción de fruta fresca para exportación y el registro de los exportadores*. Recuperado de <https://www.ica.gov.co/normatividad/normas-ica/resoluciones-oficinas-nacionales/resoluciones-derogadas/resol-1806-2004.aspx>
- Imbachi, K., Quintero, E., Manrique, M. & Kondo, T. (2012). Evaluación de tres proteínas hidrolizadas para la captura de adultos de la mosca del botón floral de la pitaya amarilla, *Dasiops saltans* Townsend (Diptera: Lonchaeidae). *Revista Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 13(2), 159–166.
- International Coffee Organization. (2020). *ICO Coffee Development Report 2019 – Overview*. 15 p. Recuperado de <http://www.ico.org/documents/cy2018-19/ed-2318e-overview-flagship-report.pdf>
- Jaramillo, J. & Zuluaga, J. (2015). *Cartilla para el manejo integrado de plagas en cultivos de uchuva y gulupa*. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural de Antioquia, Corporación para Investigaciones Biológicas. Medellín, Colombia, 36 p.
- Jiménez, Y., Carranza, C., & Rodríguez, M. (2012). *Gulupa (Passiflora Edulis Sims)*. En G. Fischer, Manual para el cultivo de frutales en el trópico. Bogotá: Produmedios, 579 – 599 p.
- Jiménez, S., Díaz, I. & López, D. (2004). Evaluación de trampas engomadas para determinar preferencias de color y altura en Thrips palmi Karny (Thysanoptera: Thripidae) en papa. *Fitosanidad*, 8(4), 49 – 52.
- Jongsma, M. & Bolter, C. (1997). The adaptation of insects to plant protease inhibitors. *Journal of Insect Physiology*, 43, 885 – 895.
- Jordán, F. (2013). *La visión de los insectos*. Investigación y ciencia. Recuperado de <https://www.investigacionyciencia.es/revistas/investigacion-y-ciencia/el-amanecer-de-los-exoplanetas-582/la-visin-de-los-insectos-11363>
- Joyo, G. & Narrea, M. (2015). Efecto del color de trampa pegante en la captura de *Frankliniella occidentalis* (Pergande) y *Thrips tabaci* Linderman en el cultivo de vid en Chincha, Perú. *Anales Científicos*, 76(1), 94 – 98.
- Kallenbach, M., Oh, Y., Eilers, E., Veit, D., Baldwin, I. & Schuman, M. (2014). A robust, simple, high-throughput technique for time-resolved plant volatile analysis in field experiments. *The Plant J.*, 78(6), 1060 – 1072.

- Khan, Z., Midega, C., Amudavi, D., Hassanali, A. & Pickett, J. (2008). On-farm evaluation of the ‘push–pull’ technology for the control of stemborers and striga weed on maize in western Kenya. *Field Crops Research*, 106, 224 – 233.
- Karban R., Baldwin I, Baxter K., Laue G. y Felton G. (2000) Communication between plants: induced resistance in wild tobacco plants following clipping neighbouring sagebrush. *Oecologia*, 125, 66 – 71.
- Klowdem, M. (2010). *Communication Systems*. pp: 591 – 642. En: Klowden, M. *Physiological Systems in Insects*. Academic Press. 688 p.
- Knudsen, J., Tollsten, L. & Bergstrom, L. (1993). Floral scents - a checklist of volatile compounds isolated by head-space techniques. *Phytochemistry* 33, 253 – 280.
- Kondo, T. & Gullan, P. (2010). The Coccidae (Hemiptera: Coccoidea) of Chile, with descriptions of three new species and transfer of *Lecanium resinatum* Kieffer & Herbst to the Kerriidae. *Zootaxa*, 2560(1), 1 – 15.
- Labra, R. (Ed.). (2004). *Manejo de malezas para países en desarrollo*. Addendum I. Roma: FAO. Recuperado de <http://www.fao.org/3/y5031s/y5031s00.htm#Contents>
- La República. (2018). *Producción de aguacate hass crecería 23,7% este año hasta las 95.520 toneladas*. Recuperado de <https://www.larepublica.co/economia/produccion-de-aguacate-hass-creceria-237-este-ano-hasta-las-95520-toneladas-2775647>
- Leiva-Espinoza, S., Oliva-Cruz, M., Rubio-Rojas, K., Maicelo-Quintana, J. & Milla-Pino, M. (2019). Uso de trampas de colores y atrayentes alcohólicos para la captura de la broca del café (*Hypothenemus hampei*) en plantaciones de café altamente infestadas. *Revista Colombiana de Entomología*, 45(2), <https://doi.org/10.25100/socolen.v45i2.8537>
- León, G. [et al]. (2007). *Control de plagas y enfermedades en los cultivos*. Bogotá, Colombia: Grupo Latino Editores.
- Linden, D., Hendrix, P., Coleman, D. & Van-Vliet, P. (1994). *Faunal indicators of soil quality*. In J.W. Doran et al. (eds.) *Defining soil quality for a sustainable environment*. SSSA Spec. Publ.35 ASA and SSSA, Madison WI.USA. 91 – 106 p.
- Lobo, J., Martín-Piedra, F. & Veiga, C. (1998). Las trampas pitfall con cebo, sus poblaciones en el estudio de las comunidades coprófagas de Scarabaeoidea (Col.). *Revue D' Ecologie et de Biologie du Sol*, 25(1), 77–100.
- Londoño, M. (2014). *Manejo integrado de *Monalonion velezangeli* en aguacate*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – Corpoica, C.I. La Selva Rionegro, Antioquia, 20 p.
- Lohonyai, Z, Vuts, J., Karpati, Z, Koczor, S., Domingue, M, Fail, J., Birkett, M, Toth, M. & Imrei, Z. (2019). Benzaldehyde: an-alfalfa-related compound for the spring attraction of the pest weevil *Sitona humeralis* (Coleoptera: Curculionidae). *Pest Management Science*, 75(12), 3153 – 3159.
- Londoño, M. (2010). *Informe Técnico de Avance No. 3*. “Desarrollo de estrategias para la prevención y manejo de *Monalonion velezangeli* Carvalho & Costa” para el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Corpoica, C.I. La Selva. 42 p.

- López-Arévalo, H., Montenegro, O. & Liévano-Latorre, L. (2014). *ABC de la biodiversidad*. Bogotá, Colombia: Jardín Botánico José Celestino Mutis, Universidad Nacional de Colombia. 185 p.
- López-Marín, J., González, A., Porras, I., Conesa, A., Manera, J., Martínez-Nicolás, J. & Rodríguez, C. (2010). *Estudio de la atracción accidental de fauna beneficiosa en cultivo de pimiento bajo invernadero en el campo de Cartagena por trampas adherentes de distinto color*. IX Congreso Nacional del Color: Universidad de Alicante, 280 – 283 p.
- Lorenzo, P. & González, L. (2010). Alelopatía: una característica ecofisiológica que favorece la capacidad invasora de las especies vegetales. *Ecosistemas* 19 (1), 79 – 91.
- Machado, M., Nicholls, C., Márquez, S. & Turbay, S. (2014). Caracterización de nueve agroecosistemas de café de la cuenca del río Porce, Colombia, con un enfoque agroecológico. *IDESIA (Chile)*, 33 (1), 69 – 83.
- Martínez, M., Surís, M. & Blanco, E. (2007). Fauna de chinches harinosas (Hemiptera: Pseudococcidae) asociada a plantas de interés: III. Cafeto y cacao. *Rev. Protección Veg.*, 22(2), 85 – 88.
- Mareggiani, G. (2001). Manejo de insectos plaga mediante sustancias semioquímicas de origen vegetal. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)*, 60, 22 – 30.
- Marín-Loaiza, J. & Céspedes, C. (2007). Compuestos volátiles de plantas. Origen, emisión, efectos, análisis y aplicaciones al agro. *Rev. Fitotec. Mex.*, 30(4), 327 – 351.
- McAlpine, J. (1964). Descripciones de nuevas Lonchaeidae (Diptera). *Poder. Entomol.*, 96, 661 – 700.
- Medina, Q. (2005). *Incidencia del barrenador grande del hueso del aguacate Heilipus lauri Boheman (Coleoptera: Curculionidae) en Tepoztlán, Morelos*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma de Morelos. 39 p.
- Mejía, E. (2011). Aguacate *Persea americana* Miller. Colombia: Bayer CropScience una división de Bayer S.A. 48 p.
- Mejía, A. (2009). *Manual técnico Cultivo de aguacate*. Instituto Colombiano Agropecuario, Asociación de Productores de Aguacate de El Retiro. 31 p. Recuperado de <https://sioc.minagricultura.gov.co/Aguacate/Normatividad/Paquete%20Tecnologico%20Aguacate.pdf>
- Melgarejo, L. M. (Ed.) (2019). *Gulupa (Passiflora edulis), curuba (Passiflora tripartita), aguacate (Persea americana) y tomate de árbol (Solanum betaceum) Innovaciones*. Bogotá D. C.: Universidad Nacional de Colombia. 284 p.
- Mera, Y., Gallego, M. & Armbrrecht, I. (2010). Interacciones entre hormigas e insectos en follaje de cafetales de sol y sombra, Cauca-Colombia. *Revista Colombiana de Entomología* 36 (1): 116 – 126.
- Mescher, M. & De Moraes, C. (2015). Role of plant sensory perception in plant-animal interactions. *J. Exp. Bot.*, 66(2), 425 – 433.
- Miller, D., Miller, G. & Watson, G. (2002): Invasive species of mealybug (Hemiptera: Pseudococcidae) and their threat to U.S. agriculture. *Pro. Entomo. Soc. Wash.*, 104(4), 825 – 836.
- Miller, J. R. & Miller, T. A. (1986). *Insect-plant interactor* New York, Springer-Verlag. 342 p.

- Ministerio de Industria y Comercio, Mincomercio. (2019). *Informe sobre los acuerdos comerciales vigentes de Colombia*. Recuperado de <http://www.mincit.gov.co/normatividad/docs/ley-1868-informe-2019.aspx>
- Minagricultura. (2016). *Aguacate Hass colombiano entra en la recta final para exportar a Estados Unidos*. Recuperado de: <https://www.minagricultura.gov.co/noticias/Paginas/Aguacate-Hass-colombiano-entraenla-recta-final-para-exportar-a-Estados-Unidos.aspx>
- Ministry of Agriculture and Forestry – MAF. (2006). *Planococcus lilacinus*. New Zealand. 43 – 45 p. Recuperado de: <http://www.biosecurity.govt.nz/files/biosec/consult/draft-durianthailand-ihs-datasheets.pdf>
- Miranda, D. (2011). Estado actual de la fruticultura colombiana y perspectivas para su desarrollo. *Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal*, 33(1), 199 – 205.
- Molina, A. (2019). *Plagas comunes del café*. Guía de plagas y enfermedades comunes del café. Perfect Daily Grind Español. Recuperado de <https://perfectdailygrind.com/es/2019/01/25/guia-de-plagas-y-enfermedades-comunes-del-cafe/>
- Montoya, R. (2012). Manejo integrado de hormigas cortadoras de hojas. Recuperado de <https://rubielmontoya.wordpress.com/2012/07/13/manejo-integrado-de-hormigas-cortadoras-de-hojas-hormiga-arriera/>
- Montilla-Pérez, J., Arcila-Pulgarín, J., Aristizábal-Loaiza, M., Montoya-Restrepo, E., Puerta-Quintero, G., Oliveros-Tascón, C. & Cadena-Gómez, G. (2008). *Propiedades físicas y factores de conversión del café en el proceso de beneficio*. Chinchiná, Caldas, Colombia: Cenicafé, 8 p.
- Morales, L. (2013). *Plagas y enfermedades de importancia económica del aguacate*. 1er. Foro Veracruzano Guerrero de Fruticultura y cultivos tropicales. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, UMSNH. 119 p.
- Morales, J., Vásquez, C., Pérez, N., Valera, N., Ríos, Y., Arrieche, N. & Querino, R. (2007). Especies de Trichogramma (Hymenoptera: Trichogrammatidae) Parasitoides de Huevos de Lepidópteros en el Estado Lara, Venezuela. *Neotropical Entomology*, 36(4), 542 – 546.
- Moreno, D., Álvarez, A., Vásquez, L. & Alfonso, J. (2010). Evaluación de atrayentes para la captura de hembras adultas de broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) con trampas artesanales. *FITOSANIDAD*, 14(3), 177 – 180.
- Matheus, H. (2005). *Las moscas de la fruta*. Boletín técnico: Instituto Colombiano Agropecuario ICA. Bogotá, D.C., Colombia, 72 p.
- Muirhead-Thomson, R. C. (1991). *Trap Responses of Flying insects*. Academic Press, San Diego, California, 287 p.
- Mukhopadhyay, A. (2006). Descriptions of all instars of the mealybug, *Planococcus lilacinus* (COCKERELL) (Hemiptera: Pseudococcidae) and its dermal secretion. *Belgian Journal of Entomology*, 8, 91 – 105.

- Muñiz-Merino, M., Cibrián-Tovar, J., Hidalgo-Moreno, C., Bautista-Martínez, N., Vaquera-Huerta, H. & Aldama-Aguilera, C. (2014). Volatile compounds attract the pepper (*Capsicum* spp.) Weevil (*Anthonomus eugenii* Cano) and synergize its aggregation pheromone. *Agrociencia*, 48(8), 819 – 832.
- Muñoz. (2014). *Caficultura sostenible, moderna y competitiva*. En: Ensayos sobre economía cafetera No. 30. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Recuperado de https://federaciondefcafeteros.org/app/uploads/2019/12/Economía-Cafetera-No.-30_Web.pdf
- Nadel, R. L., Wingfield, M. J., Scholes, M. C., Lawson, S. A., & Slippers, B. (2012). The potential for monitoring and control of insect pests in Southern Hemisphere forestry plantations using semiochemicals. *Annals of Forest Science*, 69(7), 757 – 767.
- Nascimento, A., Santana, E., Braz, A., Alfenas, P., Pio-Ribeiro, G., Andrade, G., de Carvalho, M. & Murilo, F. (2006). Cowpea aphid-borne mosaic virus (CABMV) is widespread in passionfruit in Brazil and causes passionfruit woodiness disease. *Archives of Virology*, 151, 1797 – 1809.
- Newett, S., Crane, J. & Balerdi, C. (2007) *Cultivares y portainjertos*. En: Whinley AW, Schaffer B, Wolstenholme BN (Eds.) El Palto. Botánica, Producción y Usos. Ediciones Universitarias de Valparaíso. Chile, 155 – 175 p.
- Nicholls, C., Henao, A. & Altieri, M. (2015). Agroecología y el diseño de sistemas agrícolas resilientes al cambio climático. *Agroecología*, 10(1), 7 – 31.
- Norrbom, A. & McAlpine, J. (1996). *Una revisión de especies neotropicales de Dasiops Rondani (Diptera: Lonchaeidae) atacando a la pasiflora (Passifloraceae)*. 189 - 211 p. En: Memoir Entomological Society, Washington DC.
- O'Brien, C. & Peña, J. (2012). Two species of *Compsus* Schoenherr, new citrus pests from Colombia (Coleoptera: Curculionidae: Entiminae). *Insecta Mundi*. 0227, 1 – 13.
- Ocampo, J. & Wyckhuys, K. (eds.) (2012). *Tecnología para el cultivo de la gulupa (Passiflora edulis f. edulis Sims) en Colombia*. Centro de Bio-sistemas de la Universidad Jorge Tadeo Lozano, Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT y Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, República de Colombia, Bogotá. 68 p.
- Olivares, T., & Angulo, A. (2004). Descripción de los huevos de *Copitarsia incommoda* (Walker) y *Copitarsia turbata* (Herrich-Schaeffer) (Lepidoptera: Noctuidae: Cuculliinae). *Gayana (Concepción)*, 68(1), 112 – 116.
- Oliveros-Bastidas, A., Macías, F., Carrera, C., Marín, D. & Molinillo, J. (2009). Exudados de la raíz y su relevancia actual en las interacciones alelopáticas. *Quim. Nova*, 32(1), 198 – 213.
- Oliveros-Bastidas, A. (2008). El fenómeno alelopático. El concepto, las estrategias de estudio y su aplicación en la búsqueda de herbicidas naturales. *Revista Química Viva*, 7(1), 2 – 34.
- Orenstein, S., Zahavi, T., Nestel, D., Sharon, R., Barkalifa, M. & Weintraub, P. (2003). Spatial dispersion patterns of potential leafhopper and planthopper (Homoptera) vectors of phytoplasma in wine vineyards. *Ann App Biol*, 142, 341-348.

- Orjuela, O.E. (2011). *Evaluación del impacto de los insectos perforadores del fruto del aguacate (Persea americana Miller) cv. Hass en el eje cafetero*. Tesis de Pregrado. Universidad del Quindío. Armenia, Quindío. 79 p.
- Ormeño, M., García, R., Garnica, J. & Ovalle, A. (2017). *Manejo agroecológico del cultivo de café*. Maracay, Venezuela: Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. 168 p.
- Orozco, J. & Aristizábal, L. (1996). *Parasitoides de origen africano para el control de la broca del café*. Cenicafé. Avances Técnicos No. 223. 4 p.
- Orozco, J., Duque, M. & Mesa, N. (1990). Efecto de la temperatura sobre la tabla de vida de *Oligonychus yotheri* en *Coffea arabica*. Cenicafé, 41 (1), 5 – 18.
- Panhuisen, S. & Pierrot, J. (2014). *Barómetro de café 2014*. En: Ensayos sobre economía cafetera No. 30. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Recuperado de https://federaciondefeteros.org/app/uploads/2019/12/Economía-Cafetera-No.-30_Web.pdf
- Pal, K. K., & Gardener, B. M. (2006). Biological control of plant pathogens. *Plant Health Instructor*. 2, 1117-1142.
- Palma-Jiménez, M., Blanco-Meneses, M. & Guillén-Sánchez, C. (2019). Las cochinillas harinosas (Hemiptera: Pseudococcidae) y su impacto en el cultivo de Musáceas. *Agronomía Mesoamericana*, 30 (1), 281 – 298. Recupera de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43757673019>
- Paré P. & Tumlinson J. (1999). Plant volatiles as a defense against Insect herbivores. *Plant Physiology*, 121, 325 – 33.
- Paré, P. & Tumlinson, J. (1997). Induced synthesis of plant volatiles. *Nature*, 385, 30-31
- Parpal, F. & Huguaburu, V. (2013). *Comunicación química en insectos: Preparación y uso de feromonas sexuales para el manejo integrado de plagas*. CANGUE N° 33. Recuperado de http://www.eemac.edu.uy/cangue/joomdocs/cangue033_parpal.pdf
- Pedraza-Zapata D., Sanchez-Garibello M., Quevedo-Hidalgo B., Moreno-Sarmiento N. & Gutierrez-Rojas I. (2017). Promising cellulolytic fungi isolates for rice straw degradation. *Journal of Microbiology*. 55(9), 711 – 719.
- Pérez, J. (2013). *Economía cafetera y desarrollo económico en Colombia*. Bogotá: Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Ciencias Sociales. Programa de Relaciones Internacionales, 592 p.
- Pérez Cázares, M. (2013). La producción del conocimiento. *Enl@ce Revista Venezolana de Información, Tecnología y Conocimiento*, 10(1), 21 – 30.
- Perdomo, J. & Mendieta, J. (2007). Factores que afectan a la eficiencia técnica y asignativa en el sector cafetero colombiano: una aplicación con análisis envolvente de datos. *Desarrollo y Sociedad*, 2(60), 1 – 45.
- Perfecto, I., Vandermeer, J. & Philpott, S. (2010). Complejidad ecológica y el control de plagas en un cafetal orgánico: develando un servicio ecosistémico autónomo. *Agroecología*, 5, 41 – 51.

- Pfadt, R. (1978). *Fundamentals of Applied Entomology*. New York: Third Edition. MacMillan Publishing Company. 798 p.
- Primo-Yúfera, E. (1991). *Ecología química. Nuevos métodos de lucha contra insectos*. Madrid: Mundi Prensa Libros, 191 p.
- PROCOLOMBIA. (2017). El mercado del aguacate en Estados Unidos 2017. Ministerio de Industria y Turismo. 29 p.
- Putnam, A. (1985). Weed allelopathy. In: Duke S.O. (Ed.) *Weed Physiology*. Vol. 1. *Reproduction and Ecophysiology*, 1, 131 – 155.
- Qin, Y., Yang, Z., Song, D., Wang, Q., Gu, S., Li, W., Duan, H., Zhou, J. & Yang, X. (2020). Bioactivities of synthetic salicylate-substituted carboxyl (E)- β -Farnesene derivatives as ecofriendly agrochemicals and their binding mechanism with potential targets in aphid olfactory system. *Pest Management Science*, 76(7), 2465 - 2472.
- Quiñonez-Ruiz, X., Penker, M., Vogl, C. Samper-Garther, L. (2016). Pueden las denominaciones de origen reformar el relacionamiento a lo largo de las cadenas internacionales de suministro. El caso de Café de Colombia. *Federación Nacional de Cafeteros de Colombia*, 29(31), 129 – 150.
- Quiceno, J., Mora, G., Barrera, E., Estrada, E., Gómez, D., Cardona, L., Passaro, C. & Jiménez, C. (2018). *Pesticidas, residualidad y períodos de carencia. Aplicaciones en el cultivo del aguacate*. Servicio Nacional de Aprendizaje – SENA. Rionegro, Antioquia. 51 p. Recuperado de https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/11404/4948/3/pesticidas_residualidad_carencias.pdf
- Ramírez, D. & Serrano, S. (2017). *Guía de exportación de aguacate hass para pequeños y medianos productores en Colombia*. (Tesis Pregrado). Universidad ICESI, Facultad de Ciencias Administrativas y Económicas, Santiago de Cali. Recuperado de repositorio.icesi.edu.co/biblioteca_digital/bitstream/10906/82868/1/TG01730.pdf
- Ramírez, V., Arcila, J., Jaramillo, A., [et al]. (2011). Variabilidad climática y la floración del café en Colombia. *Cenicafe. Avances Técnicos* 407. 8 p. Recuperado de <https://www.cenicafe.org/es/publications/avt04072.pdf>
- Ramírez, V., Jaramillo, Á. & Pulgarín, J. (2010). *Rangos adecuados de lluvia para el cultivo de café en Colombia*. *Cenicafe. Avances técnicos* 395. 8 p. Recuperado de <https://www.cenicafe.org/es/publications/avt0395.pdf>
- Ramírez-Cortés, H., Gil-Palacio, Z., Benavides-Machado, P. & Bustillo-Pardey, A. (2008). *Monalonion velezangeli la chinche de la chamusquina del café*. *Avances técnicos* 367, *Cenicafe*. Recuperado de <https://www.cenicafe.org/es/publications/avt0367.pdf>
- Ramírez, H., Gil, Z., Benavidez, P. & Bustillo, A. (2007). Estudio de los insectos asociados a un nuevo disturbio en café denominado chamusquina. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 24(1), 65 – 73
- Ramírez, L. F., Silva, G., Valenzuela, L. C., Villegas, Á., & Villegas, L. C. (2002). *El Café, Capital Social Estratégico*. Informe Final de la Comisión de Ajuste de la Institucionalidad Cafetera. Bogotá.
- Ramos, A. (2006). *Chinches harinosa (Hemiptera: Pseudococcidae y Putoidae) en cinco cultivos de la región Andina colombiana*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 105 p.

- Ramos, A. (2002). Uso seguro y eficaz de productos fitosanitarios. Agrovida, Bogotá, Colombia: Bayer CropScience. 141 p.
- Rani, P. (2014). *Kairomones for Increasing the Biological Control Efficiency of Insect Natural Enemies*. 289 – 306 p. In: Sahayaraj, K (ed.). *Basic and Applied Aspects of Biopesticides*. Springer. 384 p.
- Raynal-Roques, A. & Roguenant, A. (2018). *Las flores, como las ve una abeja*. Investigación y Ciencia. Recuperado de <https://www.investigacionyciencia.es/revistas/investigacion-y-ciencia/laconquista-de-los-dinosaurios-740/las-flores-como-las-ve-una-abeja-16503>
- Rebollar-Téllez, E., Castillo-Vera, A. & Ibáñez-Bernal, S. (2012). Ecología Química de Phlebotominae (Diptera: Psychodidae), 120-140. En: J. C. Rojas y E. A. Malo (eds.). *Temas Selectos en Ecología Química de Insectos*. El Colegio de la Frontera Sur. México. 446 p.
- Reddy, K., Bhat, P. & Prakasan, C. (1988). Toxicity of certain insecticides and fungicides to *Leptomastix dactylopii*, and introduced parasitoid of *Planococcus citri*. *PLACROSYM VIII*, 281 – 284.
- Rendón, J., Ocampo, J. & Urrea, R. (2013). Estudio sobre la polinización y biología floral en *Passiflora edulis* f. *edulis* Sims, como base para el mejoramiento genético. *Acta Agronómica*, 62(3), 232 – 241.
- Reyes-Bello, J., Mesa-Cobo, N. & Kondo, T. (2011). Biology of *Oligonychus yothersi* (McGregor) (Acari: (McGregor) (Acari: Tetranychidae) on avocado *Persea americana* Mill. cv. Lorena (Lauraceae). *Caldasia*, 33(1), 115 – 124.
- Reyes-Bello, J. & Mesa-Cobo, N. (2011). Biology of *Oligonychus yothersi* (McGregor) (Acari: (McGregor) (Acari: Tetranychidae) on avocado *Persea americana* Mill. cv. Lorena (Lauraceae). *Caldasia*, 33(1), 211 – 220.
- Rioja, T., Ceballos, R., Holuigue, L. & Vargas, R. (2016). Different population densities and continuous feeding by *Oligonychus yothersi* (McGregor) (Acari: Tetranychidae) affect the emissions of herbivore-induced plant volatiles on avocado (*Persea americana* Mill. cv. Hass) shoots under semi-field conditions. *International Journal of Acarology*, 42(6), 310 -318, DOI: 10.1080 / 01647954.2016.1191539
- Rios-Castaño, D. (2003). Variedades de aguacate para el trópico: caso Colombia. Proceedings V World Avocado Congress (Actas V Congreso Mundial del Aguacate), 143 – 147. Recuperado de http://avocadosource.com/WAC5/Papers/WAC5_p143.pdf
- Robles-Bermúdez, A., Santillán-Ortega, C., Rodríguez-Maciel, C., Gómez-Aguilar, J., Isiordia-Aquino, N. & Pérez-González, R. (2011). Trampas tratadas con *Pimpinella anisum*, como atrayente de trips (Thysanoptera: Thripidae) en rosal. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Pub. Esp.*, 3(1), 555-563.
- Rodríguez-Saona, C., Urbaneja-Bernat, P., Salamanca, J. & Garzón-Tovar, V. (2020). Interactive Effects of an Herbivore-Induced Plant Volatile and Color on an Insect Community in Cranberry. *Insects*, 11(8), 524; <https://doi.org/10.3390/insects11080524>
- Rodríguez-Saona, C., Polavarapu, S., Barry, J., Polk, D., Jörnsten, R., Oudemans, P. & Liburd, O. (2010). Color preference, seasonality, spatial distribution and species composition of thrips (Thysanoptera: Thripidae) in northern highbush blueberries. *Crop Protection*, 29(1), 1331 – 1340.

- Rodríguez-Saona, C. & Stelinski, L. (2009). *IPM, Behaviour-Modifying Strategies in IPM: Theory and Practice*. In: R. Peshin & A. K. Dhawan (Eds.), *Integrated Pest Management: Volume 1: InnovationDevelopment Process*. Springer, 1st ed., 689 p.
- Rodríguez S. F. (1992). *El aguacate*. AGT Editor. México DF. 167 p.
- Rojas, M. (2012). Manejo sostenible de la broca del café (*Hypothenemus hampei*) mediante poda sistemática del cafeto en Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 36(2), 71 – 79.
- Romero, L. (2018). *Visitantes Florales del Orden Hymenoptera y Su Asociación con la Fragancia Floral de Passiflora edulis f. flavicarpa Degener (Passifloraceae)*. Tesis de Pregrado. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, Colombia.
- Romero, J. & Cortina-Guerrero, H. (2004). Fecundidad y ciclo de vida de *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) en introducciones silvestres de café. *Cenicafé*, 55 (3), 221 – 231.
- Rosa, H., Erhaka, E., Praningtyas, E. & Muhtia, A. (2018). Effects of different sticky trap color and height on insects in chili. *J. Bio. Env. Sci.*, 12(3), 2222 – 3045.
- Rubio, J.D. Posada, F.J. Osorio, O. I. Vallejo, L.F. López, J.C. (2009) First record of *Heilipus elegans* Guérin-Méneville (Coleoptera: curculionidae) attacking the avocado treestem in Colombia. *rev.udcaactual.divulg.cient.*, 12(1), 59 – 68. ISSN 0123-4226.
- Rueda, J. (2017). Cambio tecnológico y mejoras en el bienestar de los caficultores en Colombia: el caso de las variedades resistentes a la roya. *Federación Nacional de Cafeteros de Colombia*, 30(32), 123 – 146.
- SAGARPA. (2014). Ficha Técnica No. 45 Cochinilla del café *Planococcus lilacinus* Cockerell. Recuperado de: <http://royacafe.lanref.org.mx/Documentos/FTNo45Planococcuslilacinus.pdf>
- Sánchez, L. (2018). *Principales plagas del café y su control*. Componente de República Dominicana del Programa Centroamericano para la Gestión Integrada del Café (PROCAGICA-RD), 25 p.
- Sánchez, M., Figueroa, R., Campos, A. & Romero, R. (2011). Evaluación del color y de la orientación de trampas adhesivas en la atracción de trips en siembras comerciales de vainita. *Agronomía Trop.*, 61(2), 149 – 157.
- Sánchez, F. (2009). *Gestión para la producción limpia*. Programa de Tecnología en Gestión Pública Ambiental. Bogotá: Escuela Superior de Administración Pública. 170 p.
- Santamaria, M., Castro, A., Ebratt, E. & Brochero, H. (2014). Caracterización de Daños de Moscas del Género *Dasiops* (Diptera: Lonchaeidae) en *Passiflora* spp. (Passifloraceae) Cultivadas en Colombia. *Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín*, 67(1), 7151 – 7162.
- Santos, A., Varón, E. & Salamanca, J. (2009). Prueba de extractos vegetales para el control de *Dasiops* spp. en granadilla (*Passiflora ligularis* Juss) en el Huila, Colombia. *Corpoica*, 10(2), 141 – 151.
- Schoonhoven, L. (1990). Host-marking pheromones in lepidoptera, with special reference to two *Pieris* spp. *Journal of Chemical Ecology*, 16, 3043–3052.

- Selva, J. (2018). Control etológico de Thrips sp. (Insecta: Thysanoptera) y Spodoptera spp. (Lepidoptera: Noctuidae) con fermentos naturales en sandía (*Citrullus vulgaris* L.). *Journal of the Selva Andina Res. Soc.*, 9(2), 104 – 112.
- Sellanes, M. (2011). *Aspectos químicos y biológicos de la comunicación química en Cryptoblabes gnidiella (Lepidoptera: Pyralidae)*. Tesis de Maestría en Química. Universidad de la República Uruguay. Uruguay.
- Sepúlveda, A. (2008). *Determinación de especies y hábitos alimenticios de Dasiops (Diptera: Lonchaeidae) presentes en algunas zonas de los departamentos de Cundinamarca, Boyacá y Tolima*. Tesis de Pregrado. Facultad de Ciencias Básicas Naturales. Universidad INCCA, Bogotá. 75 p.
- Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria – SENASICA. (2017). *Plagas reglamentadas del aguacatero*. Recuperado de <https://www.gob.mx/senasica/documentos/plagasreglamentadas-del-aguacatero-110847>
- Servicio de Sanidad Agraria (2015). Unidad de Control Integrado de la Subdirección de Moscas de la Fruta y Proyectos Fitosanitarios. Lima, Perú: SENASA.
- Shukla, D., Ward, C., Brunt, A. & Berger, P. (1998). Potyviridae family. CMI/AAB Descriptions of plant viruses N° 366. Recuperado de: <http://www.dpvweb.net/dpv/showdpv.php?dpvno=366>
- Sifuentes, M. (2016). *Guía manejo integrado de plagas: Control etológico*. Programa Subsectorial de Irrigaciones PSI SIERRA. Recuperado de http://www.psi.gob.pe/wp-content/uploads/2016/03/Control_etologico.pdf
- Silva, D., Salamanca, J., Kyryczenko-Roth, V., Alborn, H. & Rodríguez-Saona, C. (2018). Comparison of Trap Types, Placement, and Colors for Monitoring *Anthonomus musculus* (Coleoptera: Curculionidae) Adults in Highbush Blueberries. *Journal of Insect Science*, 18(2), 19; 1 – 9 doi: 10.1093/jisesa/iey005
- Silva, G., Lagunes, A., Rodríguez, J. & Rodríguez, D. (2002). Insecticidas vegetales: Una vieja-nueva alternativa en el control de plagas. *Revista Manejo Integrado de Plagas (Chile)*, 66, 4 – 12.
- Solano-Rojas, Y., Giménez, A., Pérez, M., Morales-Sánchez, J. Zurita, G. (2018). New records of *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) and *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) in strawberries crops in Venezuela. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 12(1), 69 – 74.
- Solís, P. (2016). *Plan de manejo de trips en el cultivo del aguacate Hass*. Costa Rica: Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria, INTA. 40 p. Recuperado de <http://repiica.iica.int/docs/B4226e/B4226e.pdf>
- Sosa-Armenta, J., López-Martínez, V., Alia-Tejaca, I., Lugo-Alonso, A., Jiménez-García, D. & Ariza-Flores, R. (2012). Trampas pegajosas amarillas y azules, para el monitoreo del psílido de los cítricos, *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) en Morelos. *Entomología Agrícola*, 724 – 728 p.
- Spiegel, S., Zeidan, M., Sobolev, I., Beckelman, Y., Holdengreber, V., Tam, Y., Bar Joseph, M., Lipsker, Z. & Gera, A. (2007). The complete nucleotide sequence of Passiflora latent virus and its phylogenetic relationship to other carlaviruses. *Archives of virology*, 152, 181 – 189.

- Steyskal, G. (1980). Dos moscas aladas del género *Dasiops* (Diptera: Lonchaeidae) atacan flores de *Passiflora* (maracuyá, Granadilla, Curuba). *Proc. Entomol. Soc. Lavado*, 32 (2), 166 – 170.
- Suarez-P, L., Gil-P, Z., Benavidez-Machado, P., Cerrero, D. & Sánchez, L. (2018). Plantas hospedantes de *Toumeyella coffeae* y *Puto barberi* (Hemiptera) en agroecosistemas cafeteros de Norte de Santander, Colombia. *Revista Colombiana de Entomología*, 44(2), 172 – 176.
- Tamayo, P. (2007). *Enfermedades del Aguacate*. Medellín: Politécnica No. 4. 51 -70 p. Recuperado de <http://www.cienciared.com.ar/ra/usr/37/444/tamayom.pdf>
- Tapia, F. & Campos, A. (Eds.). (2016). *Tumbo y Locoto en la Región de Arica y Parinacota*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Arica, Chile, Boletín INIA N°329. 132 p.
- Téliz, D. & Mora, A. (2007). *El aguacate y su manejo integrado*. México: Editorial Mundi-prensa, 321 p.
- Teulon, D., Butler, R., James, D. & Davidson, M. (2007). Odour-baited traps influence thrips capture in proximal unbaited traps in the field. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 123, 253–262.
- Tinbergen, N. (1963). On aims and methods of ethology. *Z. Tierpsychol*, 20, 410 – 433.
- Turlings T., Alborn H., Loughrin J. & Tumlinson, J. (2000) Volicitin, an elicitor of maize volatiles in oral secretion of *Spodoptera exigua*: Isolation and bioactivity. *Journal of Chemical Ecology*., 26, 189 – 202.
- Umaña, M. (2005). Moscas de la fruta del género *Dasiops* (Diptera: Lonchaeidae) asociados a la curuba y recomendaciones generales para su manejo agroecológico en la vereda Cañón, municipio de Sutamarchán - Boyacá. *Rev. Colomb. Entomol.*, 31(1), 59 – 65.
- Umaña, E. & Carballo, V. (1995). Biología de *Antiteuchus tripterus* L. (Hemiptera: Pentatomidae) y su parasitoides *Trissolcus radix* (Jhonson)(Hymenoptera: Scelionidae) en *Macadamia*. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)*, 38: 16 – 19.
- Urías, M., Salazar, G. & Johansen, N. (2007). Identificación y Fluctuación Poblacional de Especies de Trips (Thysanoptera) en Aguacate 'Hass' en Nayarit, México. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 13(1), 49 – 54.
- Urretabizkaya, N., Vasicek, A. & Saini, E. (2010). *Insectos perjudiciales de importancia agronómica: I. Lepidópteros*. Buenos Aires: Ediciones INTA. 77 p. Recuperado de https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_lepidopteros.pdf
- Vaca; J. (2015). *Moscas de la fruta (Diptera: Lonchaeidae) y sus parasitoides naturales asociados a curuba Passiflora spp. y Passiflora bogotensis en Cundinamarca, Colombia*. Tesis de Pregrado. Corporación Universitaria Minuto de Dios, Bogotá D.C., Colombia.
- Vacas, S. (2011). “*Uso de semioquímicos en el control de plagas. Estudios básicos y de aplicación*”. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia, Departamento de Química. Valencia, España.
- Van Tol, R., de Bruin, R., Butler, M., Davidson, D., Teulon, J. & y de Kogel, W. (2011). Methyl isonicotinate induces increased walking and take-off behaviour in western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 142, 181–190.
- Vargas-S, C. (2017). *Control biológico del ácaro Oligonychus yothersi (McGregor) (Acari: Tetranychidae)*

- sobre aguacate Persea americana Mill. cv. Hass*. Memorias del V Congreso Latinoamericano del Aguacate, 83 – 93 p. Recuperado de http://www.avocadosource.com/Journals/Memorias_VCLA/2017/Memorias_VCLA_2017_PG_083.pdf
- Vázquez, L. (2003) Bases para el manejo integrado de trips Thrips palmi. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología. *CATIE, Costa Rica*, 69, 84-91.
- Villacide, J. & Corley, J. (Eds.). (2013). *Introducción a la ecología química y su uso en el manejo de insectos plaga en sistemas forestales*. Río Negro, Argentina: Grupo de Ecología de Poblaciones de Insectos, INTA EEA Bariloche. 17 p.
- Villalba, D., Bustillo, A. & Chávez, B. (1995). Evaluación de insecticidas para el control de la broca del café en Colombia. *Revista Cenicafé* 46(3), 152 – 163.
- Villegas, C., Peña, H., Muñoz, R., Martínez, H. & Benavides, P. (2013). Aspectos del ciclo de vida de *Puto barberi* Cockerell (Hemiptera: Putoidae). *Cenicafé*, 64(1), 31 – 41.
- Villegas, C., Benavides, P. (2011). Identificación de cochinillas harinosas en las raíces del café en departamentos cafeteros de Colombia. *Cenicafé*, 62(1), 48 – 55.
- Villegas-García, C., Zabala-Echevarría, G., Ramos-Portilla, A. & Benavidez-Machado, P. (2009). Identificación y hábitos de cochinillas harinosas asociadas a raíces del café en Quindío. *Cenicafé*, 60(4), 354 – 365.
- Vinchira-Villarraga, D. & Moreno-Sarmiento, N. (2019). Control biológico: Camino a la agricultura moderna. *Rev. Colomb. Biotecnol*, 11(1), 2 – 5. DOI: 10.15446/rev.colomb.biote.v20n2.80860
- Vinod, P., Manjunath, G., Seetharama, H. & Balakrishnan, M. (2016). *Coffee*. In: Mani, M & Shivaraju, C. (eds.) (2016). *Mealybugs and their Management in Agricultural and Horticultural crops*: Springer India, 643 – 655 p.
- Vinod-Kumar, P., Vasudev, V., Seetharama, H., Irulandi, S. & Sreedharan, K. (2007). Influence of abiotic factors on mealy bug population and activity of *Spalgis epius* on coffee. *J Coffee Res*, 35(1&2), 61 – 76.
- Visser, J. (1986). Host odour perception in phytophagous insects. *Annual Review of Entomology*, 31, 121–144.
- Vivanco, J., Cosio, E., Loyola-Vargas, V. & Flores, H. (2005). Mecanismos químicos de defensa en las plantas. *Investigación y Ciencia*, 68 – 75. Recuperado de <https://www.uv.mx/personal/tcarmona/files/2010/08/vivanco-et-al-2005.pdf>
- Walker, W. (1974). Responses of Selected Thysanoptera with Reference to the Cotton Plant. 3. Relation Between Feeding Habits and Plant Lesion. *Ann. Appl. Biol.*, 14, 513-528.
- War, A., Sharma, H., Paulraj, M., War, M. & Ignacimuthu, S. (2011). Herbivore induced plant volátiles Their role in plant defense for pest management. *Plant Signaling & Behavior*, 6(12), 1973 – 1978. <https://doi.org/10.4161/psb.6.12.18053>

- Wenkam, N. (1990). *Food of Hawaii and the Pacific Basin, Fruits and Fruit Products: Raw, Processed, and Prepared*. Vol. 4: Composition. Hawaii Agricultural Experiment Station Research and Extension Series 110, 96 p.
- Wheeler, A. (2001). *Biology of the plant Bugs (Hemiptera: Miridae): Pests, predators, opportunist*. New York : Comstock, 507 p.
- Whinley, A., Schaffer, B. & Wolstenholme, B. (2007). *El Palto. Botánica, Producción y Usos*. Ediciones Universitarias de Valparaíso. Chile, 380 p.
- Wood-Gush, D. (1983). Ethology and Pest Control. In: Elements of Ethology. Springer, Dordrecht. 201 – 208 p. https://doi.org/10.1007/978-94-009-5931-6_15
- Wolstenholme, B. (2007). *Ecología: El Clima y el ambiente edáfico*. En: Whinley AW, Schaffer B, Wolstenholme BN (Eds.) El Palto. Botánica, Producción y Usos. Ediciones Universitarias de Valparaíso. Chile, 75 – 101 p.
- Witzgall, P., Kirsch, P., & Cork, A. (2010). Sex pheromone and their impact on pest management. *Journal of Chemical Ecology*, 36, 80-100
- Wysoki, M., Van Den Berg, M., Is-ham, G., Gazit, S., Pena, J. & Waite, G. (2002). *Pests and pollinators of avocado*. In: Pena JE, Sharp JL, Wysoki M. (eds.). Tropical fruit pests and pollinators. CAB Publishing, Wallingford, UK. 223 – 293 p.
- Yepes, F. & Zapata, Y. (2019). Nuevo hospedero de la chinche negra, *Antiteuchus tripterus* Fabricius, 1987 (*Hemiptera: Pentatomidae*). *Revista Metroflor*, Edición 91. ISSN: 17940400
- Yépes, R. & Vélez, R. (1989). Contribución al conocimiento de las moscas de la fruta (Tephritidae) y sus parasitoides en el departamento de Antioquia. *Rev. Fac. Agron Medellín*, 42(2), 73 – 96.
- Yockteng, R., Coppens d'Eeckenbrugge, G. & Souza-Chies, T. (2011). *Passiflora*. In: Chittaranjan Kole (ed.). Wild Crop Relatives: Geonomic and Breeding Resources. Tropical and Subtropical Fruits. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg. 129 – 171 p.
- Zapata, J., Tobón, J., Patiño, H., Palacios, E., Mejía, C., Marín, H., Alcaraz, C. & Alcaraz, E. (2018). El cultivo de aguacate *Persea americana* en el occidente de Antioquia. Santa Fe de Antioquia: Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA). Centro Tecnológico, Turístico y Agroindustrial del Occidente. 64 p.
- Zuluaga-Cárdenas, P., Caicedo-Vallejo, A., Cardozo-Santamaría, N., Muñoz-Flórez, J. & Carabalí-Muñoz, A. (2015). Entomopathogens Associated to Citrus and Their Pathogenicity on *Compsus viridivittatus* Guérin-Méneville (Coleoptera: Curculionidae: Entiminae). *Corpoica Cienc. Tecnol. Agropecu., Mosquera (Colombia)*, 16(2), 293 – 305.
- Zumbado, M. & Azofeifa, D. (2018). *Insectos de Importancia Agrícola. Guía Básica de Entomología*. Heredia, Costa Rica. Programa Nacional de Agricultura Orgánica (PNAO). 204 p.