

Efecto de la ubicación de trampas atrayentes en la captura de la broca del café *Hypothenemus hampei* Ferrari (Coleoptera: Scolytidae) en cultivos de café en la provincia del Sumapaz

Autor:

YESICA JULIANA BOTERO BENAVIDES

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

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA – UNAD

ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE

AGRONOMÍA

BOGOTÁ D.C.

2019

Efecto de la ubicación de trampas atrayentes en la captura de la broca del café *Hypothenemus hampei* Ferrari (Coleoptera: Scolytidae) en cultivos de café en la provincia del Sumapaz

Autor:

YESICA JULIANA BOTERO BENAVIDES

Director:

JORDANO SALAMANCA

PhD. Entomología

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA – UNAD

ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE

AGRONOMÍA

BOGOTÁ D.C.

2019

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del presidente del jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Bogotá, 2019.

Dedicatoria

A Díos

*Por darme sabiduría para tomar el mejor camino, por permitirme
compartir este logro con mi familia*

A mis padres

*Jorge y Rosaura por su amor indescriptible, consejos, sacrificios,
motivación y apoyo incondicional para poder cumplir mis sueños*

A mis hermanos

David y Fabian por su motivación diaria y alegrarme la vida

Agradecimientos

Agradezco a mi familia por la motivación y apoyo durante toda mi vida y especialmente en mi formación profesional.

Al Doctor Jordano Salamanca, director de tesis por la confianza que depósito en mí para desarrollar este proyecto de investigación, por su paciencia, dedicación y brindarme sus conocimientos para aplicarlos en mi vida profesional.

A la docente Cristina Mendoza por su apoyo incondicional en campo y por compartir sus conocimientos.

A la compañía ISCA technologies por la financiación del proyecto.

Al semillero Tarpuy Suma Qamaña y en especial a los docentes Jorge Girón y Alexander Galindo, por su motivación, consejos, apoyo y mostrarme que para sembrar el buen vivir se requiere de esfuerzo y dedicación.

A los caficultores Jaime Gutiérrez, Wilson Escobar, Avilio Rojas y Nestor Pachón, por su amabilidad y permitirme desarrollar mi proyecto de investigación en sus cultivos de café.

A Cíndy García, Camilo Waxxman, Vanessa Garzón, Jerandyn García, Katterine Paez, Giovanna Jiménez, Jorge Castellanos, Xiomara Matta, Odañir Torres, Carolina León, Estrellita León, por su motivación, apoyo en campo y laboratorio.

Tabla de Contenido

Resumen	8
Abstract	9
1. Introducción	10
2. Objetivos	12
2.1. Objetivo general	12
2.2. Objetivos Específicos	12
3. Marco teórico	13
3.1. El cultivo de café	13
3.2. El café y su importancia en Colombia	13
3.3. Generalidades de broca <i>Hypothenemus Hampei</i>	15
3.4. Trampas atrayentes de broca	17
3.4.1. Trampas	17
3.4.2. Atrayente	18
4. Metodología	20
4.1. Sitio de estudio	20
4.2. Elaboración de trampas y atrayentes	20
4.3. Establecimiento de las trampas atrayentes	21
4.4. Evaluación de las trampas atrayentes	23
4.5. Análisis estadístico	24
5. Resultados	25
6. Discusión	27
7. Conclusiones	30
8. Recomendaciones	30
9. Referencias bibliográficas	31

Listado de figuras

Figura 1. Ciclo de vida de la broca del café <i>Hypothenemus hampei</i> Ferrari (Coleoptera: Scolytidae)	16
Figura 2. Tipos de trampas 1(INIA); 2(ECOIAPAR); 3(TRAMPA BROCA).....	18
Figura 3. Elaboración de trampas atrayentes para la captura de broca del café <i>H. hampei</i>	21
Figura 4. Preparación de atrayentes con mezcla de metanol + etanol en laboratorio de la UNAD	21
Figura. 5. Ubicación de las trampas atrayentes (Norte, Sur, Este, Oeste y Centro) en las cuatro fincas en diseño de bloques completamente al azar.	22
Figura. 6. Establecimiento de trampas atrayentes en cultivos de café en la provincia del Sumapaz.	23
Figura 7. Recolección de muestras de <i>H. hampei</i> capturadas en las trampas atrayentes.	24
Figura 8. Conteo de broca <i>H. hampei</i> en laboratorio de la UNAD	24
Figura 9. Efecto de la ubicación de trampas atrayentes en la captura de broca <i>H. hampei</i> . Letras diferentes indican diferencias significativas entre los tratamientos. Tukey's HSD ($\alpha = 0.05$).	26
Figura 10. Influencia de la fecha en la captura de <i>H. hampei</i> . Letras diferentes indican diferencias significativas entre los tratamientos. Tukey's HSD ($\alpha = 0.05$).	27

Listado de tablas

Tabla 1. Two-way Anova del efecto de los tratamientos, la fecha y su interacción sobre la captura de <i>H. hampei</i>	25
--	-----------

Resumen

El cultivo de café en Colombia se ha caracterizado por el buen manejo que ha recibido, lo cual ha permitido la preservación de los recursos renovables, la protección de la biodiversidad y el mantenimiento del equilibrio biológico, al no hacerse uso de insecticidas en forma irracional. Sin embargo, la producción de café se ha visto afectada por una plaga llamada broca *Hypothenemus hampei* Ferrari (Coleoptera: Scolytidae), este insecto causa importantes daños en el cultivo disminuyendo la calidad del grano. De acuerdo a lo anterior, se puede implementar estrategias que permitan minimizar los daños que ocasiona la broca, manteniendo un equilibrio en el ecosistema. Por tal motivo, en el presente proyecto se planteó como objetivo general evaluar el efecto de la ubicación de trampas atrayentes en la captura de la broca *H. hampei* Ferrari en cultivos de café en la provincia del Sumapaz. Como objetivos específicos se plantearon: 1) determinar la población de la broca del café *H. hampei* en 5 orientaciones norte, sur, este, oeste y 2) evaluar el efecto de las trampas atrayentes en el norte, sur, este, oeste y centro para la captura de broca *H. hampei*. Se realizó un diseño de bloques completamente al azar DBCA replicado dos veces en 4 fincas cafeteras. En cada bloque fueron instaladas 19 trampas atrayentes ubicadas en 5 orientaciones norte, sur, este, oeste y centro, las cuales fueron monitoreadas cada 8 días por 4 meses, desde agosto de 2018 hasta enero de 2019. Finalmente, los resultados permitieron la cuantificación de la población de broca presente en las 4 fincas en la provincia del Sumapaz, además, los agricultores adoptaron esta metodología para manejar la plaga minimizando los daños económicos y conservando el medio ambiente.

Palabras claves: Atracción, control biológico, ecología química, plaga.

Abstract

The cultivation of coffee in Colombia has been characterized by the good management it has received, which has allowed the preservation of renewable resources, the protection of biodiversity and the maintenance of the biological balance, as insecticides are not used irrationally. However, coffee production has been affected by a pest called *Hypothenemus hampei* Ferrari (Coleoptera: Scolytidae) drill, this insect causes significant crop damage by decreasing the quality of the grain. According to the above, strategies can be implemented that minimize the damage caused by the drill, maintaining a balance in the ecosystem. For this reason, in the present project it was proposed as a general objective to evaluate the effect of the location of attractive traps in the capture of the *H. hampei* Ferrari drill bit in coffee crops in the province of Sumapaz. The specific objectives were: 1) determine the population of the *H. hampei* coffee drill in 5 orientations north, south, east, west and 2) evaluate the effect of the attractive traps in the north, south, east, west and center for the capture of *H. hampei* drill bit. A completely randomized DBCA block design was replicated twice in 4 coffee farms. In each block 19 attractive traps were installed located in 5 orientations north, south, east, west and center, which were monitored every 8 days for 4 months, from August 2018 to January 2019. Finally, the results allowed the quantification of The population of broca present in the 4 farms in the province of Sumapaz, in addition, farmers adopted this methodology to manage the pest minimizing economic damage and conserving the environment.

Key words: Attraction, biological control, chemical ecology, pest.

1. Introducción

En Colombia se presenta diversidad de cultivos en sus diferentes regiones gracias a la variedad de sus pisos térmicos, siendo el café uno de los principales. Este cultivo le permite al país tener presencia permanente en el mercado internacional, convirtiéndolo desde hace un siglo en la columna vertebral en el comercio exterior colombiano (Cárdenas, 1993), además de ser un cultivo que ha permitido el sostenimiento de muchas familias. Sin embargo, a lo largo de estos años los cafeteros han tenido que padecer el ataque constante de plagas que comprometen el equilibrio de los cultivos de café.

Esta situación de equilibrio se vio afectada por la aparición de la broca del café, plaga exótica originaria de la zona ecuatorial del África e introducida accidentalmente al continente americano a principios del siglo pasado (Pardey, 2006). Por esta razón, al llegar a un lugar con condiciones favorables desarrolló todo su potencial biótico sin ninguna restricción, alcanzando niveles altos de población debido a la ausencia de agentes benéficos con los cuales ha coevolucionado en su sitio de origen (Morlans, 2004).

Lo anterior se agrava debido a que en Colombia el café presenta múltiples floraciones, como respuesta a las condiciones climáticas, lo cual es causa de que en zonas como el Eje Cafetero se encuentren durante todo el año frutos susceptibles de ser atacados (Bustillo, 2007). De acuerdo a lo anterior se cataloga a la broca como la plaga más importante en Colombia no sólo por la extensión del área afectada y la importancia del cultivo, sino por los hábitos mismos de la plaga que dificultan su control, el uso de insecticidas para el control de *H. hampei* como única medida de control no es recomendable (Pardey, 2002).

Para contrarrestar los efectos negativos que causan los inadecuados manejos en el control de *H. hampei* es necesario utilizar todas las herramientas disponibles para combatir la broca, como

son prácticas de control cultural, de manejo agronómico del cultivo del café que reduzcan sus poblaciones, el fomento de la fauna benéfica, la introducción desde su sitio de origen de enemigos biológicos como parasitoides y entomopatógenos que jueguen un papel importante sobre las poblaciones de la plaga (Pardey, 2006). El uso de una serie de medidas de control (culturales, biológicas y químicas) y de prácticas agronómicas tendientes a reducir las poblaciones de la broca en los cafetales a niveles que no causen daño económico y que permitan la producción de café para exportación en forma competitiva (FNC, 2007). Las medidas de control que se utilicen deben ser compatibles y no causar efectos a las comunidades de la zona cafetera, a la fauna, ni contaminar el ecosistema cafetero (Pardey, 2006).

Por otro lado, la ecología química, para la atracción tanto de plagas como enemigos naturales con compuestos orgánicos volátiles (COVs), es una técnica ampliamente estudiada para lograr una eficiencia y manejo biológico en los agroecosistemas (Salamanca *et al.*, 2018). Según Mendoza (1991) utilizando un compuesto de metil-etil en una proporción 3:1, mostró una atracción significativa para *H. hampei*, complementando esta atracción con el uso de trampas de color rojo en cultivos de café.

En este sentido la utilización de trampas atrayentes es importante para la captura de broca, ya que es una alternativa que el caficultor puede implementar en sus cultivos, son de bajo costo y se pueden realizar con material reciclable; con esto permitir la identificación de la población de broca y su concentración en el cultivo de café.

Por lo tanto, este trabajo tuvo como hipótesis que la broca del café *H. hampei* es atraída por trampas rojas atrayentes de metanol y etanol en diferentes orientaciones Norte, Sur, Este, Oeste y Centro en cultivos de café en la provincia del Sumapaz.

2. Objetivos

2.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de la ubicación de trampas atrayentes en la captura de la broca *Hypothenemus hampei* Ferrari (Coleoptera: Scolytidae) en cultivos de café en la provincia del Sumapaz

2.2. Objetivos Específicos

- Determinar la población de la broca del café *H. hampei* en 5 orientaciones norte, sur, este, oeste y centro en cultivos de café en la Provincia del Sumapaz
- Evaluar el efecto de las trampas atrayentes en 5 orientaciones norte, sur, este, oeste y centro para la captura de broca *H. hampei* en cultivos de café en la provincia del Sumapaz.

3. Marco teórico

3.1. El cultivo de café

El café pertenece a la familia de las Rubiáceas, existen cantidad de especies de cafeto y diferentes variedades, las especies más importantes comercialmente pertenecen al género *Coffea* (FNC, 2010). Dentro del género *Coffea* se cultivan comercialmente las especies *Coffea arabica* y *Coffea canephora*, la primera especie es la más cultivada en el mundo, aportando el 60% de la producción mundial de café y produce bebida de buena calidad; la segunda especie también llamada Robusta, aporta el 40% de la producción mundial de café, pero esta produce bebida de menor calidad a comparación del café arábico (Velásquez, 2019).

La caficultura colombiana se desarrolla en altitud entre 1.200 a 1.800 m.s.n.m., con alta heterogeneidad en los suelos (Ramírez, *et al.*, 2010). Cada region cafetera tiene un clima que influye en el desarrollo de la planta y especialmente en las fases fenológicas del cultivo de café como el crecimiento, floración y cosecha (Ocampo, 2018).

El cafeto es un arbusto perenne que en su ciclo de vida puede alcanzar hasta 20-25 años, pero esto depende del manejo del cultivo, la planta puede iniciar su producción en ramas de un año de edad, su máxima productividad esta entre los 6-8 años de edad después de este tiempo la planta se deteriora y su productividad es baja (Arcila *et al.*, 2007).

3.2. El café y su importancia en Colombia

En Colombia el café se expandió en el siglo XVIII, pero fue a principios del siglo XIX que se convirtió en uno de los renglones agrícolas más importantes del país, iniciando en el departamento de Norte de Santander, luego de este departamento pasó a las regiones de la Cordillera Oriental,

Central y Occidental encontrando en estos tres sitios climas aptos para su crecimiento (Herrón, 2013). El cultivo de café ha sido de gran importancia en Colombia ya que ha contribuido en el crecimiento económico y desarrollo del país, ocupa el 66% del área cultivada siendo el producto con mayor participación en comparación con otros cultivos, es por esto que el cultivo de café es el mayor generador de empleo en el sector agrícola (FNC, 2014).

En este sentido, el café ha tomado gran auge por su alta producción convirtiéndose en un producto de exportación importante en el país (Pérez, 2013). Además, la calidad del café de Colombia ha sido reconocida mundialmente y apreciada por los consumidores por su suavidad, intensidad de aromas, acidez y cuerpo y balanceados (Puerta *et al.*, 2016).

Teniendo en cuenta el censo agropecuario para el año 2013 el área agrícola cosechada de cultivos agroindustriales corresponde al 55,7% siendo los cultivos: Café con 29,8%, Palma de aceite 14,1% y caña panelera 11,8%; los departamentos de Antioquia, Cauca, Tolima, Huila y Caldas representan el 61,2% de la producción de pergamino seco, estos mismos representaron el 61,4% del área cosechada de café y finalmente el rendimiento promedio del cultivo fue 1,03 ton/ha de café pergamino seco (DANE, 2016).

En cuanto a la producción mundial de café para el año 2017/18 aumento el 3,6% respecto al año anterior, alcanzando los 164,8 millones de sacos este incremento se debe a la mayor producción de Brasil gracias a las buenas condiciones climáticas y otros factores, además de la recuperación de Vietnam (FNC, 2018).

Por otra parte, el consumo mundial para el año cafetero 2016/17 se estimó en 157 millones de sacos, de los cuales los países consumidores demandaron 110 millones de sacos y los productores 47 millones; según la Organización Internacional del Café (OIC) en este mismo año las exportaciones ascendieron a 120 millones de sacos, de los cuales el 63% corresponde a café arábico con un crecimiento de 6,7% provenientes principalmente de Centroamérica y Colombia

(FNC, 2017). Para el año 2015 los principales exportadores de café fueron: Vietnam con el 25,2%, Brasil 22,2%, Colombia 11,9% e Indonesia con 6,8% (Ocampo & Álvarez, 2017).

3.3. Generalidades de broca *Hypothenemus Hampei*

La broca del café *Hypothenemus hampei* Ferrari (Coleoptera: Scolytidae) fue introducida a Colombia en 1988 y es originaria de África ecuatorial, es la plaga más importante que afecta los cultivos de café en Colombia (Bustillo, 2007).

Desde un inicio la broca *H. hampei* encontró en Colombia las condiciones propicias para el desarrollo de su potencial biótico, incrementando el crecimiento de la población por lo que se generó el aumento del ataque de este insecto, disminuyendo la producción y afectando la economía de los agricultores (Bustillo, 2006).

En este sentido se conoce que la broca ataca directamente los granos de café causando la caída del fruto, pérdida de peso y alteración de la calidad de la bebida, por lo que se incrementa los gastos y se reduce los precios de venta del producto (Castaño *et al.*, 2005).

El ciclo de vida de la broca desde huevo hasta adulto dura de 27 a 35 días dependiendo de las condiciones ambientales, la incubación del huevo dura de 7 a 8 días y el estado larval 15 días para los machos y 19 días para las hembras y las pupas se desarrollan de 7 a 8 días (Fig. 1) (Castro, 2018). Cuando el adulto hembra emerge de la pupa desde este momento está listo para aparearse, después de tres días puede iniciar la oviposición, periodo que en Colombia se estima es de 15 días colocando dos o tres huevos por día; el adulto macho solo cumple la función reproductora, es de tamaño inferior a la hembra y por lo general se encuentra en el interior de los frutos, también es incapaz de perforar el fruto (Bustillo, 2006).



Figura 1. Ciclo de vida de la broca del café *Hypothenemus hampei* Ferrari (Coleoptera: Scolytidae) (Fuente: el autor).

La broca del café causa graves pérdidas al cultivo en cantidad y calidad de la producción al pasar la mayor parte de su ciclo vital alimentándose de las semillas o granos, el insecto ataca la cereza, reproduciéndose en el endospermo, causando la pérdida total del grano y reduciendo la calidad del producto final, por lo que se convierte en la plaga más importante de la caficultura en el mundo (Bustillo, 2007).

A partir de los daños causados por la broca se han ido tomando alternativas, buscando estrategias para el Manejo Integrado de la Broca (MIB) la cual combina prácticas agronómicas, biológicas, culturales y químicas para reducir la población de broca a nivel que no causen daños económicos (Tabares *et al.*, 2008).

3.4. Trampas atrayentes de broca

3.4.1. Trampas

La utilización de trampas atrayentes ha sido de gran importancia, ya que reduce la utilización de productos de síntesis química para el manejo de la broca, además que su elaboración es fácil y de bajo costo para que los agricultores las incorporen en sus cultivos de café.

En estudios realizados en Colombia demuestran que las trampas son eficientes para determinar épocas de vuelo de la broca en cafetales, adicional se puede obtener información sobre la cantidad del insecto en determinados tiempos lo que permite alertar al caficultor sobre el peligro de la broca (Cenicafé, 2003).

Los primeros diseños de trampas para captura de broca fueron evaluados por Mendoza en 1991, utilizó trampa de embudo propuesta por Lindgren en el 83 y ESALQ/84 propuesta por Filho y Fletchman en el 1986, utilizando tasas de liberación de 120mg/día de la mezcla de etanol + metanol en proporción 1:3 (Mendoza, 1991; Rodríguez, *et al.*, 2009).

Sin embargo, en los últimos años se han destacado otros diseños de trampas artesanales que se hacen a partir de recipientes plásticos, la idea es reducir costos para favorecer el trampeo de broca por parte de los caficultores (Barrera *et al.*, 2006).

En un estudio realizado por Quispe et al. (2015) utilizaron modelos diferentes de trampas estas son: INIA del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícola de Venezuela, ECOSUR e IAPAR – ECOIAPAR del Instituto Nacional de Paraná Brasil y TRAMPA BROCA de la Asociación Nacional de café – ANACAFE Guatemala y junto con estos tipos de trampa se utilizo atrayentes alcohólicos en envases de 20 mL (Fig. 2).

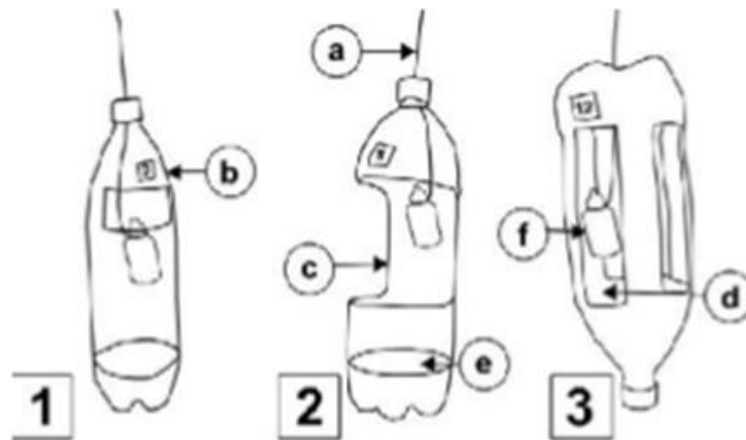


Figura 2. Tipos de trampas 1(INIA); 2(ECOIAPAR); 3(TRAMPA BROCA). a. Alambre para colgar la trampa, b. Identificación, c. Ventana, d. Perforaciones de desagüe, e. Agua para la captura, f. Difusor (gotero de 20mL) (Fuente: Quispe *et al.*, 2015)

3.4.2. Atrayente

En los agroecosistemas existen diferentes relaciones de comunicación entre enemigos naturales, insectos fitófagos y plantas, entre ellas las señales químicas por emisión de volátiles de las plantas; estas señales influyen en la ovoposición, herbivoría y depredación de insectos (Coral, 2012).

El primer estudio realizado por Prates en el año 1969, hembras son atraídas por extractos acuosos de frutos de cereza, pero no por hojas o flores de café. Las hembras de *H. hampei* prefieren frutos rojos y negros (Mendoza, 1991). Estos resultados indican que además del uso de semioquímicos, esta especie es capaz de distinguir frutos en diferentes etapas de madurez (Rainho, 2015).

En campo, la única estrategia comercial basada en semioquímicos para *H. hampei* son las trampas que contienen una mezcla de alcoholes (Castro, 2018). Según Barrera *et al* (2006), en la

actualidad la mezcla de metanol + etanol es el atrayente más efectivo para la captura de *Hypothenemus hampei* bajo condiciones de campo.

3.4.3. Uso de trampas atrayentes

El cultivo de café ha sido afectado por la broca *Hypothenemus hampei*, insecto plaga que ha causado daños irreversibles para los caficultores por ende se ha incorporado el Manejo Integrado de la Broca (MIB) como se mencionó anteriormente, el cual agrupa varias alternativas de manejo para disminuir el daño, dentro de las prácticas de manejo han utilizado las trampas artesanales con atrayentes. A continuación, se presentan estudios realizados sobre la utilización de trampas atrayentes en cultivos de café

En un estudio realizado en San Pedro de la Loma, Bolivia por Espinoza, 2013, se evaluó la captura de hembras adultas de la broca del café *H. Hampei* con atrayentes alcohólicos en trampas artesanales, ubicando doce trampas cada 15m en 3600 m². Se evidencio que la trampa artesanal junto con la mezcla de alcoholes metílico-etílico en proporción 3:1 fue la más efectiva además de ser la más económica.

Por otra parte, Barrera et al., 2008, realizaron una comparación de trampas artesanales ECOIAPAR de una ventana y ETOTRAP de tres ventanas para captura de broca utilizando mezcla de metanol-etanol 3:1 aromatizado con café tostado y molido, las trampas fueron ubicadas de forma alternada a 14m de distancia entre ellas en una superficie de 2352m². Se evidencio que la trampa ECOIAPAR fue la que más cantidad de broca capturó, además se comprobó que esta trampa es más fácil de elaborar y de manejar en campo.

4. Metodología

4.1. Sitio de estudio

Este experimento se realizó en la provincia del Sumapaz en 4 fincas cafeteras ubicadas en los municipios de Arbeláez y Fusagasugá, Cundinamarca. Las fincas fueron: Finca paraíso F1 (4°14'51.8"N 74°25'52.6"W); Finca Satori F2 (4°15'01.5"N 74°25'01.8"W); Finca San José F3 (4°15'52.6"N 74°23'12.1"W); Finca Santa Inés F4 (4°16'20.5"N 74°23'21.9"W).

4.2. Elaboración de trampas y atrayentes

Para la elaboración de la trampa y el atrayente se utilizó el modelo ECOIAPAR usado por Quispe et al. 2015, a continuación, se describe paso a paso el procedimiento realizado: **Trampas**. En la elaboración de trampas se utilizaron botellas plásticas de gaseosa de 1.5 L, se procedió a la elaboración de una ventana en la parte central de la botella con medidas aproximadas de 14cm de alto x 11cm de ancho, en la parte superior específicamente en la tapa se hizo un pequeño orificio donde se sujetó el atrayente con un alambre y finalmente se pintaron de color rojo (Fig. 3). **Atrayentes**. La elaboración del atrayente se hizo con una composición de 3:1, 3mL de metanol y 1mL de etanol, se hizo la mezcla en el laboratorio multipropósito de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD y posteriormente se empacó en tarros de 30 mL con una cantidad de 25 mL por tarro para un total de 152 tarros con el atrayente (Fig. 4).



Figura 3. Elaboración de trampas atrayentes para la captura de broca del café *H. hampei*.

(Fuente: el autor).

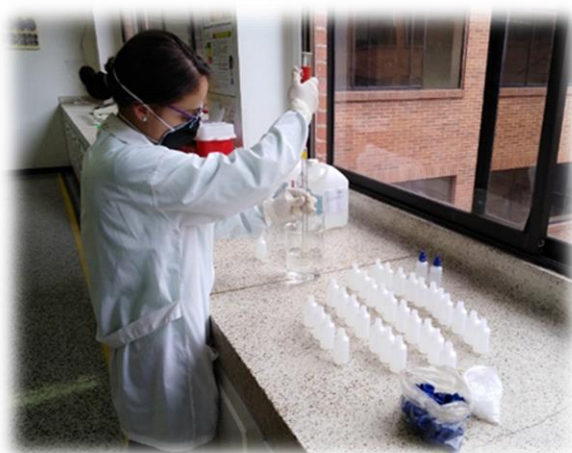


Figura 4. Preparación de atrayentes con mezcla de metanol + etanol en laboratorio de la UNAD.

(Fuente: el autor).

4.3. Establecimiento de las trampas atrayentes

Inicialmente se visitaron las cuatro fincas y se identificaron los lugares exactos para colgar cada una de las trampas, posteriormente se tomaron dos áreas por finca (2 bloques) cada una de 1 hectárea dejando un espacio entre las dos de 1 hectárea. Se planteó un diseño de bloques completamente al azar con 5 tratamientos y dos bloques. Los tratamientos fueron: 1) Norte, 2) Sur,

3) Oeste, 4) Este y 5) Centro. En cada bloque se instalaron 16 trampas en los laterales y 3 trampas en el centro del cultivo distanciadas cada 25 m formando un cuadro, teniendo en cuenta la respectiva orientación Norte, Sur, Este, Oeste y Centro, en el momento de colgar las trampas se le añadió solución jabonosa en la base para capturar la broca, y de esta manera se realizó el mismo procedimiento en las 4 fincas (Fig. 5 y 6).

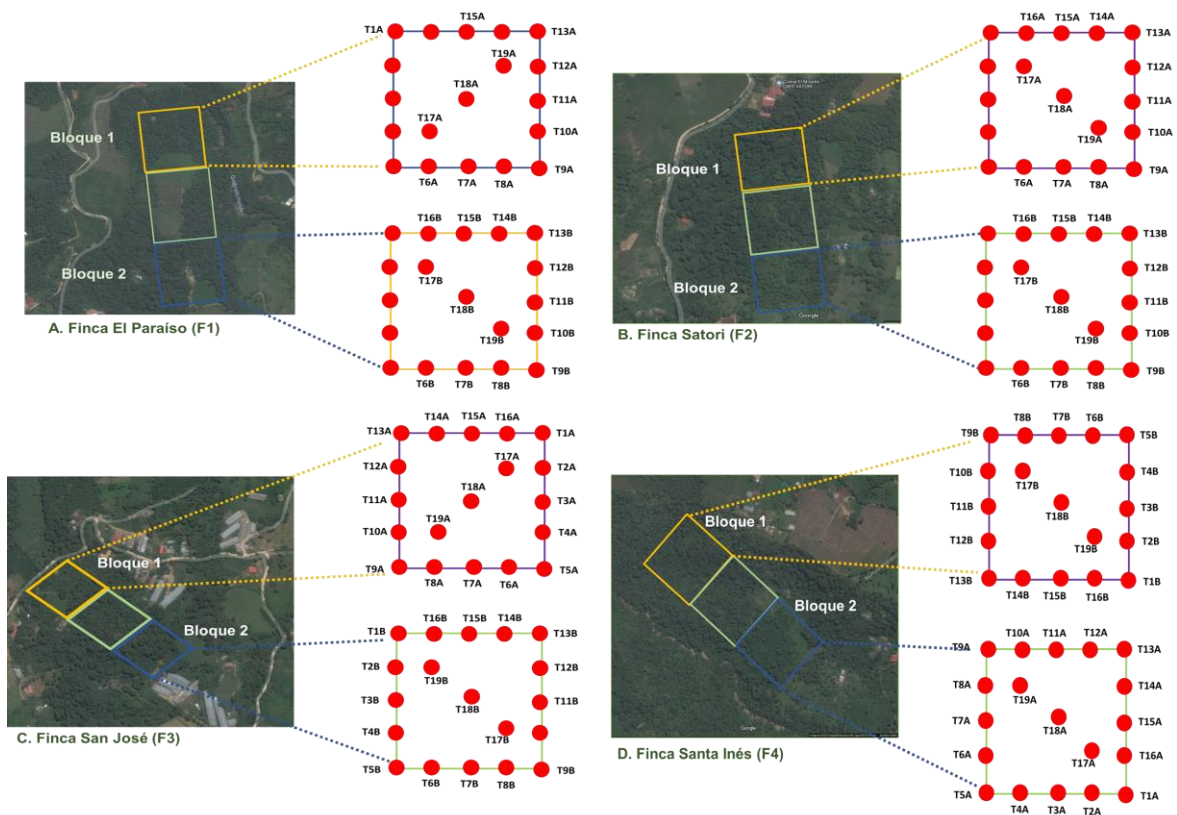


Figura. 5. Ubicación de las trampas atrayentes (Norte, Sur, Este, Oeste y Centro) en las cuatro fincas en diseño de bloques completamente al azar. (Fuente: el autor).



Figura. 6. Establecimiento de trampas atrayentes en cultivos de café en la provincia del Sumapaz.
(Fuente: el autor).

4.4. Evaluación de las trampas atrayentes

Posteriormente, las trampas fueron evaluadas cada 8 días durante 4 meses (12 monitoreos × finca), en cada monitoreo se recolectaron las muestras con ayuda de un tambor de costura y papel absorbente (Fig. 7). Luego estas muestras se llevaron al laboratorio para realizar el conteo de broca con ayuda de un estereoscopio donde se cuantificó el número de *H. hampei* por cada tratamiento (Ubicación) (Fig. 8).



Figura 7. Recolección de muestras de *H. hampei* capturadas en las trampas atrayentes. (Fuente: el autor).



Figura 8. Conteo de broca *H. hampei* en laboratorio de la UNAD. (Fuente: el autor).

4.5. Análisis estadístico

Los datos se analizaron con R 3.3.1 (R Development Core Team 2016). Para conocer si los datos cumplían la normalidad y homocedasticidad se realizaron los análisis de Shapiro–Wilk (Shapiro

and Wilk, 1965) y Levene (“car” package in R) respectivamente. Para la evaluación de las poblaciones de *H. hampei* se realizó un análisis de varianza two-way ANOVA, con tratamiento y fecha y su interacción, posteriormente se realizó el análisis de Tukey’s HSD ($\alpha = 0.05$) para conocer las diferencias entre los tratamientos (orientaciones).

5. Resultados

Según el análisis de varianza two-way Anova, se evidenció que el tratamiento (ubicación) y la fecha fueron significativas, sin embargo, su interacción no presentó diferencias significativas.

Tabla 1. Two-way Anova del efecto de los tratamientos, la fecha y su interacción sobre la captura de *H. hampei*

Variable	<i>gl</i>	<i>F</i>	<i>P</i>
Bloque	1	43,83	<0,001
Tratamientos	4	4,58	0,001
Fecha	11	34,16	<0.001
Tratamiento × Fecha	44	0,42	0,99

Se encontraron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos, donde en el Norte ($34,52 \pm 3,61$) y Sur ($34,84 \pm 3,71$) se presentaron las mayores capturas respecto al Este ($22,26 \pm 2,20$). Y no hubo diferencias significativas en las orientaciones de Oeste ($29,95 \pm 2,86$) y Centro ($26,03 \pm 2,57$) con respecto a los demás tratamientos (Fig. 9).

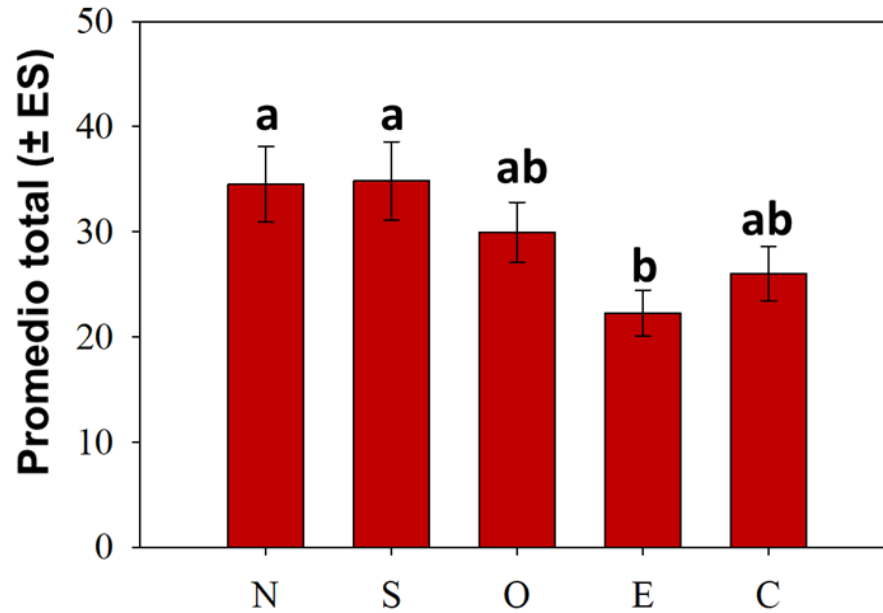


Figura 9. Efecto de la ubicación de trampas atrayentes en la captura de broca *H. hampei*. Letras diferentes indican diferencias significativas entre los tratamientos. Tukey's HSD ($\alpha = 0.05$).

Como se mostró en la ANOVA la fecha presentó diferencias significativas, sin embargo, no hubo una interacción con la ubicación (tratamientos). Claramente se puede observar en la Fig. 10 que en los meses de agosto, septiembre y octubre se presentaron las mayores capturas de *H. hampei* independiente de la orientación.

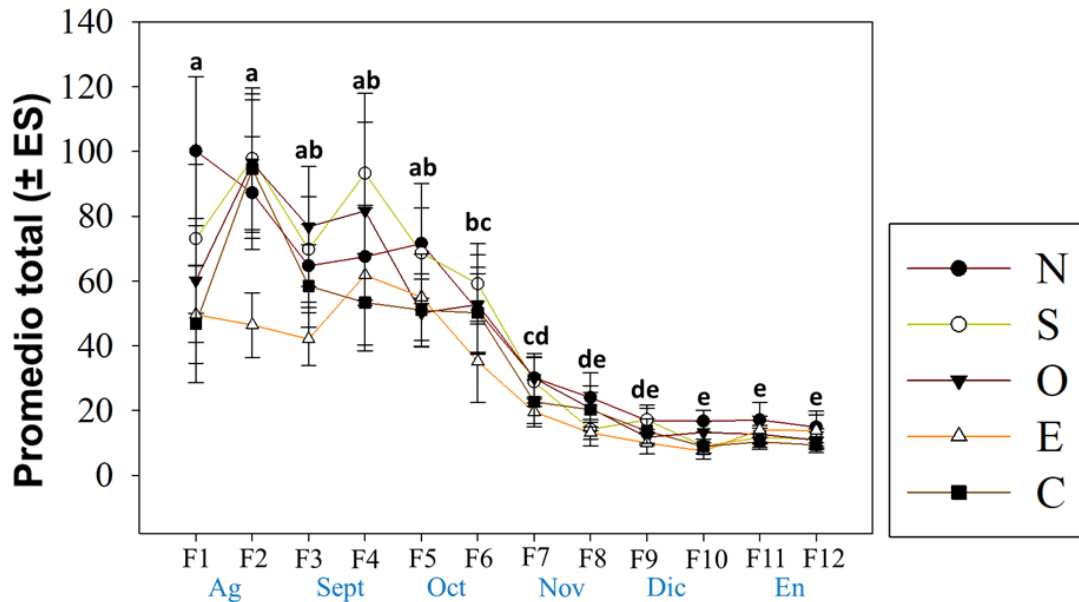


Figura 10. Influencia de la fecha en la captura de *H. hampei*. Letras diferentes indican diferencias significativas entre los tratamientos. Tukey's HSD ($\alpha = 0.05$).

6. Discusión

En el estudio realizado en cultivos de café en la Provincia del Sumapaz, se demostró que la ubicación de las trampas atrayentes si influye en la captura de broca, obteniendo como resultado que las ubicaciones Norte y Sur capturaron mayor población de broca mientras que la ubicación Este fue la que menos capturó broca, posiblemente las causas son que en algunas fincas en esa ubicación había fuentes hídricas, vías y casas.

En cuanto a la composición de la mezcla de atrayentes Metanol y Etanol 3:1 se pudo observar que estos alcoholes combinados atraen insectos benéficos y plagas en este caso la broca, en estudios realizados por Moreno *et al.*, (2010) demostraron que la mezcla de metanol y etanol en proporción 3:1 es la que mayor captura adultos, confirmando la eficacia en la atracción de hembras

adultas de *H. hampei*. Otro estudio realizado para detectar, monitorear y controlar broca demuestra que la mezcla de metanol + etanol es la más eficaz para capturar la broca en condiciones de campo.

La densidad de trampas por hectárea depende de lo que se quiera lograr, ya sea monitorear o controlar, en este estudio se utilizó 19 trampas para monitorear, 16 trampas en los laterales y se adiciono 3 en el centro, comparado con la investigación de Barrera *et al.* (2004) que utilizaron la Ley de Taylor para establecer un número de trampas por hectárea con el fin de que los productores usen las trampas, dando como resultado incrementar la variabilidad hasta en un 30% utilizando entre 16 y 22 trampas por hectárea. Es un promedio muy parecido en cuanto a la cantidad de trampas por hectárea, en este caso la densidad de trampas ubicadas en cada una de las fincas permitió identificar focos de broca y por ende determinar su población.

En este sentido, al obtener el promedio de la población de broca *H. hampei* de las 4 fincas de la Provincia del Sumapaz se le entregó los resultados a cada uno de los caficultores para que conocieran el porcentaje de infestación de sus cultivos de café. En cuanto a las condiciones ambientales y su efecto en la captura de broca, estos mismos autores mencionan que en estudios realizados en Nicaragua y Salvador indican que en condiciones de pleno sol las capturas son bajas y así mismo el control es mínimo, pues la radiación solar intensa genera que los volátiles que se difunden desde la trampa se eleven y las hembras no alcancen a percibirlo. Por el contrario, cuando se presentan precipitaciones se puede generar emergencia de broca aumentando su población y luego estas salen a buscar nuevos frutos.

Por otra parte, hay pocos estudios sobre las ubicaciones de trampas en cuanto a puntos cardinales, sin embargo, con este estudio se pudo observar que las ubicaciones Norte, Sur, Este, Oeste y Centro, presentan buenos resultados en la captura de broca y con esto desplazarla a los

laterales, creando focos y de alguna manera evitar que la plaga de otros cafetales o de beneficiaderos ingresen al cultivo y así reducir el ataque a los granos de café.

Las trampas artesanales elaboradas con material reciclable permiten contribuir al medio ambiente, además la facilidad para su elaboración y reducción de costos, la última es importante porque los caficultores prefieren metodologías que sean económicas y eficaces; según Rodríguez *et al* (2009) reportan el costo estimado de modelos de trampas en dólares para Brocap es de 4.02 dólares, para Fiesta 0.72 dólares y para ECO-IAPAR 0.53 dólares y en pesos colombianos corresponde a 7.245, 1.295 y 960 con una tasa de cambio de 1800 pesos/dólar. Estos valores se deben comparar de acuerdo a la cantidad de trampas a implementar en los cultivos de café, siendo ECO-IAPAR el modelo más económico, pero en mayores densidades.

Por otra parte, el Manejo Integrado de Broca comprende la utilización de otras prácticas que ayudan a disminuir el ataque de *H. hampei*, en las fincas F2 y F3 los caficultores incorporan otras metodologías que ayudan a controlar la población de *H. hampei*, algunas de estas prácticas son el Re-Re y la instalación de otras trampas artesanales rojas, pero con más ventanas y al atrayente le adicionan café molido. Todo esto con la idea de minimizar la utilización de químicos ya que el producto final para la F2 es para exportación a Alemania, y de la F3 es ofrecer un producto orgánico para la comunidad, lo que le permite a estos caficultores obtener un producto con un valor agregado y mejorar sus ingresos.

7. Conclusiones

Se concluye que la ubicación de las trampas atrayentes en los cultivos de café tiene una influencia en la captura de la broca *H. hampei*. Por lo tanto, este trabajo puede dar una recomendación acertada para que los agricultores ubiquen sus trampas en algunos puntos específicos alrededor del cultivo.

El uso de trampas artesanales con atrayentes es una alternativa de bajo costo, además de la facilidad para su elaboración permite al agricultor implementarlas en sus cultivos de café sin tener que hacer una gran inversión.

8. Recomendaciones

Se recomienda medir tasas de liberación de la mezcla de metanol + etanol en esta zona de la provincia del Sumapaz para determinar mg/día.

Es necesario conocer si la densidad de las trampas puede tener una mayor captura e impacto en el nivel de infestación. Se podrían usar más de 19 trampas por ha.

Por otra parte, en trabajos futuros se determinará el nivel de infestación y de daño de *H. hampei* con el uso de las trampas atrayentes y sin ellas.

9. Referencias bibliográficas

- Arcila, J. *et al.*, (2007). Sistemas de producción de café en Colombia. Chinchiná, Cenicafé p. 309
ISSN 978 958 98193 0 2
- Barrera, J., Herrera, J., Chiu, M., Gómez, J., & Valle, M. (2008). La trampa de una ventana (ECOIAPAR) captura más broca del café *Hypothenemus hampei* que la trampa de tres ventanas (ETOTRAP). El Colegio de la Frontera Sur, Entomología Mexicana Vol. 7, p. 619-624.
- Barrera, J., Herrera, J., Villacorta, A., García, H., & Cruz, L. (2006). Trampas de Metanol – Etanol para detección, monitoreo y control de la broca del café *Hypothenemus hampei*. Sociedad Mexicana de Entomología y el Colegio de la Frontera Sur. Manzanillo, Colima, México p. 71-83. ISBN 970-9712-28-4.
- Barrera J., Villacorta A., Herrera J. (2004). Fluctuación estacional de las capturas de la “broca del café” (*Hypothenemus hampei*) con trampas de etanol-metanol e implicaciones sobre el número de trampas. Entomología Mexicana. 3:540-544.
- Bustillo, A. (2006). Una revisión sobre la broca del café, *Hypothenemus hampei* (Coleóptera: Curculionidae: Scolytinae), en Colombia. Revista Colombiana de Entomología 32(2): 101-116
- Bustillo, Á. (2007). El manejo de cafetales y su relación con el control de la broca del Café en Colombia. Federación Nacional de Cafeteros y Cenicafé.
- Cárdenas, J. (1993). La industria del Café en Colombia. Federación de cafeteros. pp 3-4.

Castaño, A. *et al.*, (2005). Dispersión de *Hypothenemus hampei* en cafetales zoqueados. *Cenicafé* 56(2): 142-150.

Castro, A. (2018). Estudio sobre la repelencia y la atracción en la broca del café como herramienta para el manejo agroecológico en los cafetales colombianos. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

Cenicafé (2003). Captura de adultos de broca del café en trampas con atrayentes. Boletín informativo sobre la broca del café, Brocarta Número 36.

Coral, F., Bacca, T., & Dias, L. (2012). Efecto atractivo de los volátiles de un terpenoide a insectos asociados a *Coffea arabica* L. (Rubiaceae). *Boletín Científico Centro de Museos, Museo de Historia Natural*. ISSN 0123 - 3068 *bol.cient.mus.hist.nat.* 16 (2): 78 - 86

DANE (2016). Censo Nacional Agropecuario 2014, Área producción y rendimiento agrícola del área cosechada en el año 2013. Boletín 10.

Espinoza, F. (2013). Evaluación de atrayentes alcohólicos en trampas artesanales para la captura de hembras adultas de broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) en la estación experimental de San Pedro de la Loma-Coroico. Universidad Mayor de San Andrés.

FNC – Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (2010). Sobre el café, un producto especial: el árbol y el entorno.

FNC – Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (2014). La Política Cafetera 2010-2014

FNC – Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (2017). Comportamiento de la Industria Cafetera Colombiana

- FNC - Federación Nacional de Cafeteros. (2007). Guía Ambiental para el Sector Cafetero. Guia Ambiental para el Sector Cafetero, 40.
- FNC – Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (2018). Informe del Gerente General. 86 congreso nacional de cafeteros. Bogotá, Colombia.
- Herrón, A. (2013). Producción de café en zonas no tradicionales. AherO Estudios Técnicos Agrícolas S.A.S. Medellín, Colombia.
- Mendoza, J. (1991). Resposta da broca-do-café, *Hypothenemus hampei*, a estímulos visuais e semioquímicos. Tesis de Maestría. Universidade Federal de Viçosa. Brasil.
- 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 v.4 n.3 Ciudad de la Habana. ISSN 1818-1686
- Morláns, M. (2004). INTRODUCCION A LA ECOLOGÍA DE POBLACIONES. INTRODUCCION A LA ECOLOGÍA DE POBLACIONES. Editorial científica universitaria – Universidad Nacional de Catamarca. 1-16. ISSN: 1852-3013.
- Ocampo, O. & Álvarez, L. (2017). Tendencia de la producción y el consumo del café en Colombia. Apuntes CENES Volumen 36, Número 64: 139-165.
- Ocampo, O. (2018). Modelación hidrológica y agronómica de los efectos del cambio y la variabilidad climática en la producción cafetera de Caldas. Manizales, Universidad Nacional de Colombia sede Manizales.
- Pardey, A. (2002). El Manejo de Cafetales y su Relación con el Control de Broca del Café en Colombia. FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS, 42

- Pardey, A. (2006). Una revisión sobre la broca del café, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), en Colombia. *Revista Colombiana de Entomología* 32(2): 101-116 (2006), 16.
- Pérez, J. (2013). Economía cafetera y desarrollo económico en Colombia. Bogotá, Universidad Jorge Tadeo Lozano, Facultad de Ciencias Sociales. Programa de Relaciones Internacionales. ISBN: 978-958-725-125-8
- Puerta, G. *et al.*, (2016). Diagnóstico de la calidad del café según altitud, suelos y beneficio en varias regiones de Colombia. *Revista del Centro Nacional de Investigación de Café - Cenicafé*, Volumen 67 Número 2. ISSN-0120-0275
- Quispe, R., Loza, M., Marza, F., Gutierrez, R., Riquelme, C., Aliaga, F., & Fernández, C. (2015). Trampas artesanales con atrayentes alcohólicos en el control de la broca del café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari 1867) en la Colonia Bolinda, Caranavi. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 3(1):2-14.
- R Development Core Team. R: A language and environment for statistical computing: R Foundation for Statistical Computing. (Vienna, Austria, 2016).
- Rainho, H. (2015). Resposta comportamental da broca-do-café *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) a voláteis de frutos de café. Tesis de Maestría Universidade Estadual Paulista – UNESP Campus de Jaboticabal.
- Ramírez, V., Jaramillo, A., & Arcila, J. (2010). Rangos adecuados de lluvia para el cultivo de café en Colombia. *Cenicafé* ISSN - 0120 - 0178.
- Rodríguez, D., Cure, J., & Cantor, F. (2009). Empleo de trampas con atrayente para el control de la broca del café (*Hypothenemus hampei* Ferrari Coleoptera: Curculionidae: Scolytidae)

Diseños, criterios de uso en campo y efectividad. ISSN 1900-4699 Volumen 5 Número 1.

Revista Universidad Militar Nueva Granada.

Salamanca, J., Souza, B. & Rodriguez-Saona, C (2018). Cascading effects of combining synthetic herbivore-induced plant volatiles with companion plants to manipulate natural enemies in an agro-ecosystem. *Pest Management Science*, 74, 2133-2145.

Shapiro, S. S. & Wilk, M. B. (1965). An Analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*, 52, 591–611.

Tabares, J., Villalba, D., Bustillo, Á., & Vallejo, L. (2008). Eficacia de insecticidas para el control de la broca del café usando diferentes equipos de aspersión. *Cenicafé* 59(3):227-237.

Velásquez, R. (2019). Guía de variedades de café. Asociación Nacional del Café – Anacafé, Guatemala, segunda edición: 1-48