



**Evaluación de diferentes atrayentes para capturar broca del café
(*Hypothenemus hampei*) en la localidad Vicente Rocafuerte, Santo Domingo de
los Tsáchilas.**

Quiñonez Panchana, Génesis Susana

Departamento de Ciencias de la Vida y la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Trabajo de integración curricular, previo a la obtención del título de Ingeniera
Agropecuaria

Ing. Patiño Cabrera, Marcelo de Jesús Mgs

09 de agosto del 2022

Reporte de verificación de contenido



Firma:



Firmado digitalmente por:
**MARCELO DE JESUS
PATIÑO CABRERA**

Ing. Patiño Cabrera, Marcelo de Jesús Mgs.

Director



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA SANTO DOMINGO**

Certificación

Certifico que el trabajo de integración curricular, "**Evaluación de diferentes atrayentes para capturar broca del café (*Hypothenemus hampei*) en la localidad Vicente Rocafuerte, Santo Domingo de los Tsáchilas de los Tsáchilas.**" fue realizado por la estudiante **Quiñonez Panchana, Génesis Susana** el mismo que ha sido revisado y analizado en su totalidad, por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Santo Domingo de los Tsáchilas, 09 de agosto del 2022.

Firma:



Verificado digitalmente por:
**MARCELO DE JESUS
PATINO CABRERA**

Ing. Patiño Cabrera, Marcelo de Jesús Mgs.

C.C.: 1708421605



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA SANTO DOMINGO

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Yo, **Quiñonez Panchana, Génesis Susana**, con cédula de ciudadanía n° 1723868244, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: "**Evaluación de diferentes atrayentes para capturar broca del café (*Hypothenemus hampei*) en la localidad Vicente Rocafuerte, Santo Domingo de los Tsáchilas**" es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Santo Domingo de los Tsáchilas, 09 de agosto del 2022

Firma

Quiñonez Panchana, Génesis Susana

C.C.: 1723868244



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA SANTO DOMINGO

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo, **Quiñonez Panchana Génesis Susana** con cédula de ciudadanía n°1723868244, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: "**Evaluación de diferentes atrayentes para capturar broca del café (*Hypothenemus hampei*) en la localidad Vicente Rocafuerte, Santo Domingo de los Tsáchilas**" en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Santo Domingo de los Tsáchilas, 09 de agosto del 2022

Firma

Quiñonez Panchana, Génesis Susana

C.C.: 1723868244

Dedicatoria

Este trabajo está dedicado con todo mi amor, principalmente a Dios quién ha sido mi guía, fortaleza y su mano de bondad y amor han estado conmigo siempre.

A mis padres Mauro Quiñonez y Verónica Panchana por ser el motor de mi vida, quienes, con su amor, paciencia, apoyo y esfuerzo me han impulsado a cumplir un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo, valentía y dedicación, de no temer ante las dificultades porque Dios y ustedes están siempre conmigo.

A mis hermanos David, Ezequiel, Paola e Isaac, por su amor, ayuda y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar a mi lado en todo momento gracias. A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento me han acompañado en este trayecto.

Finalmente quiero dedicar esta tesis a mis amigos, por apoyarme cuando los he necesitado, por extender su mano en momentos difíciles y su cariño brindado cada día.

Agradecimiento

Quiero expresar mi gratitud a Dios, quien con su bendición y gracia llena siempre mi vida.

A mis padres, por apoyarme en todo incondicionalmente, por estar presentes en cada etapa de este camino, brindándome su cobijo en los momentos difíciles y a mis hermanos por su ayuda idónea.

De igual manera mis agradecimientos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, a toda la Carrera de Ingeniería Agropecuaria, a mis docentes quienes con la enseñanza de sus valiosos conocimientos hicieron que pueda crecer día a día para lograr esta meta, gracias a cada uno de ustedes por su paciencia, dedicación, apoyo.

Mi sincero agradecimiento al Ing. Marcelo Patiño, principal colaborador durante todo este proceso, quien, con su paciencia, dirección, conocimiento, y enseñanza permitió el desarrollo de este trabajo, y a la Sra. Olivia Ponce por su acogida y por haber permitido que se realice mi investigación en su propiedad.

A mis amigos del “combita”, Alison, Jessica, Carol, Karen, Fernando, Lenin, Omar, John por estar conmigo compartiendo risas, tristezas, y por sus palabras de ánimo en todo momento y en particular a Alexis por su tiempo y ayuda en toda la fase de campo, en el desarrollo de esta tesis.

Índice de contenidos

Carátula.....	1
Reporte de verificación de contenido.....	2
Certificación.....	3
Responsabilidad de Autoría.....	4
Autorización de Publicación.....	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimiento.....	7
Índice de contenidos.....	8
Índice de tablas.....	12
Índice de figuras.....	13
Resumen.....	15
Abstract.....	16
Capítulo I.....	17
Introducción.....	17
Objetivos.....	19
Objetivo General.....	19

Objetivos Específicos	19
Hipótesis.....	19
Capítulo II.....	20
Marco teórico.....	20
Antecedentes	20
Fundamentaciones	21
Biología.....	22
Descripción de la broca del café.....	22
Ciclo de vida.....	23
Manejo integrado de la broca.....	24
El trampeo.....	27
¿Qué son los atrayentes?.....	27
Atrayentes para el control de la broca en el café.....	28
Capitulo III.....	31
Metodología.....	31
Ubicación del área de investigación.....	31
Ubicación política.....	31
Ubicación geográfica	31
Ubicación ecológica	32
Materiales.....	32

	10
Materiales de campo	32
Materiales de oficina	33
Materiales de laboratorio	33
Equipos	33
Insumos.....	33
Métodos.....	34
Diseño experimental	34
Tratamientos a comparar.....	34
Tipo de diseño.....	34
Características de las unidades experimentales.....	35
Croquis.....	36
Análisis estadístico	36
Esquema del análisis de varianza.....	36
Transformaciones a raíz cuadrada.....	37
Coefficiente de variación.....	37
Análisis funcional	37
Análisis económico	38
Variables a medir	38
Incidencia de la broca en los cultivos de la localidad.....	38

Número de brocas capturadas	38
Métodos específicos de manejo del experimento	39
Elaboración de trampas artesanales	39
Preparación de los atrayentes	39
Distribución e instalación de las trampas	40
Recambio de atrayentes	40
Evaluación de los tratamientos aplicados	40
Capitulo IV	41
Resultados y Discusión	41
Incidencia de la broca del café, en las fincas productoras de la localidad	41
Cantidad de brocas capturadas semanalmente	43
Análisis económico	55
Conclusiones	57
Recomendaciones	58
Bibliografía	59

Índice de tablas

Tabla 1 <i>Descripción e identificación de tratamientos a comparar.</i>	34
Tabla 2 <i>Descripción de las características de las unidades experimentales de la investigación</i>	35
Tabla 3 <i>Análisis de varianza</i>	36
Tabla 4 <i>Descripción de la concentración de los atrayentes a evaluar</i>	39
Tabla 5 <i>Matriz para la toma de datos</i>	40
Tabla 6 <i>Análisis de varianza del número de brocas capturadas mediante la evaluación de diferentes atrayentes en trampas artesanales.</i>	43
Tabla 7 <i>Costos de fabricación e instalación de trampas artesanales</i>	56

Índice de figuras

Figura 1 <i>Mapa de la ubicación geográfica del cultivo de café donde se desarrolló la investigación.</i>	31
Figura 2 <i>Croquis del ensayo</i>	36
Figura 3 <i>Comparación del porcentaje de infestación producido por la broca del café, en las fincas productoras de la localidad “Vicente Rocafuerte”</i>	42
Figura 4 <i>Porcentaje de afectación en granos verdes y maduros, de las fincas en la localidad.</i>	43
Figura 5 <i>Prueba de significancia de brocas capturadas en la segunda toma de datos mediante la evaluación de diferentes atrayentes en trampas artesanales</i>	45
Figura 6 <i>Prueba de significancia de brocas capturadas en la tercera toma de datos mediante la evaluación de diferentes atrayentes en trampas artesanales.</i>	46
Figura 7 <i>Prueba de significancia de brocas capturadas en la cuarta toma de datos mediante la evaluación de diferentes atrayentes en trampas artesanales.</i>	47
Figura 8 <i>Prueba de significancia de brocas capturadas en la quinta toma de datos mediante la evaluación de diferentes atrayentes en trampas artesanales.</i>	48
Figura 9 <i>Prueba de significancia de brocas capturadas en la sexta toma de datos mediante la evaluación de diferentes atrayentes en trampas artesanales.</i>	49
Figura 10 <i>Prueba de significancia de brocas capturadas en la séptima toma de datos mediante la evaluación de diferentes atrayentes en trampas artesanales.</i>	50

Figura 11 Prueba de significancia de brocas capturadas en la octava toma de datos mediante la evaluación de diferentes atrayentes en trampas artesanales.	51
Figura 12 <i>Prueba de significancia de brocas capturadas en la novena toma de datos mediante la evaluación de diferentes atrayentes en trampas artesanales.</i>	52
Figura 13 <i>Prueba de significancia de brocas capturadas en la décima toma de datos mediante la evaluación de diferentes atrayentes en trampas artesanales.</i>	53
Figura 14 <i>Fluctuación poblacional de brocas capturadas durante 10 semanas consecutivas mediante la evaluación de diferentes atrayentes en trampas artesanales.</i>	54

Resumen

La presente investigación se efectuó en la localidad “Vicente Rocafuerte”, Parroquia Puerto Limón, Santo Domingo, en base a la necesidad de establecer una estrategia de control de la broca de café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) factible de ser utilizada por los productores de la localidad. Se evaluó diferentes atrayentes en la captura de broca, utilizando trampas artesanales construidas con plásticos desechables. Mediante un ensayo de diseño completamente al azar con cuatro tratamientos y cinco observaciones, con un total de veinte unidades experimentales, realizando toma de datos semanales, obteniendo un total de 10 tomas de datos se evaluaron los tratamientos: T1 (aguardiente + vinagre de manzana + café tostado molido), T2 (aguardiente + vinagre blanco + café tostado molido), T3 (aguardiente + vinagre de guineo + café tostado molido) y T4 (etanol comercial + café tostado molido). Los resultados reflejan que en la localidad la incidencia de broca, excediendo el umbral económico con un 8%, la mayor captura se presentó en el T4, con un promedio semanal de 40,5 brocas/trampas superando significativamente al resto de los tratamientos, seguido del T1 con promedio de 15,9 brocas/trampa, y como los tratamientos menos eficaces T3 y T2 con promedios de 7,9 y 3,2 brocas/semana respectivamente. El uso de trampas artesanales con atrayentes a base de etanol comercial y café, funcionan de manera eficaz en la captura de broca de café, determinando que el tratamiento más económico es el T2 con un costo de \$1,65, siendo este el costo individual por trampa.

Palabras clave: Hypotenemus hampei, café, trampeo, atrayentes

Abstract

This research was carried out in the town of "Vicente Rocafuerte", Parroquia Puerto Limón, Santo Domingo, based on the need to establish a control strategy for the coffee bit, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) feasible to be used by local producers. Different attractants were evaluated in the capture of drill bit, using artisanal traps built with disposable plastics. Through a completely random design trial with four treatments and five observations, with a total of twenty experimental units, carrying out weekly data collection, obtaining a total of 10 data collections, the treatments were evaluated: T1 (brandy + apple cider vinegar + ground roasted coffee), T2 (brandy + white vinegar + ground roasted coffee), T3 (brandy + banana vinegar + ground roasted coffee) and T4 (commercial ethanol + ground roasted coffee). The results reflect that in the locality the incidence of drill bit, exceeding the economic threshold with 8%, the highest catch was presented in T4, with a weekly average of 40.5 bits / traps significantly exceeding the rest of the treatments, followed by T1 with an average of 15.9 bits / trap, and as the least effective treatments T3 and T2 with averages of 7.9 and 3.2 bits / week respectively. The use of artisanal traps with attractants based on commercial ethanol and coffee, work effectively in the capture of coffee bit, determining that the most economical treatment is T2 with a cost of \$ 1.65, this being the individual cost per trap.

Keywords: *Hypothenemus hampei*, coffee, trapper, attractants

Capítulo I

Introducción

El café, es el cultivo comercial principal en más de 70 países, más de 25 millones de personas dependen de éste como soporte económico. El café es un producto básico que se comercializa en los principales mercados de materias primas, para muchos países del mundo, las exportaciones de café representan una parte sustancial de sus ingresos en divisas (Hernández, Soto, & Montoya, 2018).

En Ecuador es un producto primordial para el sector agropecuario, sobre todo económicamente por la generación de divisas e ingresos que implica su exportación. Se introdujo al país en 1830, empezándose a cultivar en la provincia de Manabí (Pozo, 2014). Actualmente es cultivada en 20 de las 24 provincias del Ecuador, ubicándose dentro de los 20 principales países productores de café. En Santo Domingo de los Tsáchilas de los Tsáchilas se intensificó el cultivo de café robusta a partir de 1970, anualmente se produce alrededor de 250 quintales de café por hectárea (La Hora, 2021).

Con frecuencia el café se ve afectado en rendimiento y calidad del grano, siendo el incremento de plagas y enfermedades uno de los principales factores a nivel global (Muñoz, Benavides, Lagos, & Criollo, 2021), en especial por la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari), el daño físico de la broca permite que los granos atacados sean vulnerables a la infestación y ataques de otras plagas, lo que significa pérdidas de hasta el 80% del cultivo, representando US \$500 millones anuales aproximadamente (Lezaun, 2016).

Según mencionan (Agramont, Cuba, Beltrán, Almanza, & Murguía, 2010), la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) es uno de los insectos plaga que se ha considerado como el principal problema en todos los países

productores de café; en 1867 el entomólogo austriaco Ferrari, fue el que la describió por primera vez, y en 1903 comenzó a convertirse en una plaga en el cultivo del café, debido al repunte en la siembra que tuvo el cultivo en países de África ecuatorial.

Las características bioecológicas de la broca provocan que el manejo empleando un solo método de control sea muy difícil, debido a esto es imprescindible utilizar diferentes estrategias para poder reducir eficientemente sus poblaciones y que lleguen a niveles que no causen daño económico. Estudios realizados en Venezuela, El Salvador y Brasil, obtuvieron una alta efectividad de capturas de broca utilizando mezclas de alcoholes (Quispe, y otros, 2015).

En busca del método más eficiente para contrarrestar el riesgo fitosanitario, se ha desarrollado el control etológico, por lo que se propone el uso de trampas hechas de material artesanal utilizando diferentes alcoholes como atrayentes, como una alternativa en el monitoreo y control de broca del café con el fin de que estas sean eficaces y de bajo costo, para la localidad Vicente Rocafuerte, perteneciente a la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas de los Tsáchilas.

Objetivos

Objetivo General

Evaluar diferentes atrayentes para capturar broca del café en la localidad Vicente Rocafuerte, Santo Domingo de los Tsáchilas de los Tsáchilas

Objetivos Específicos

Determinar el porcentaje de infestación de la broca de café en el lugar de estudio.

Evaluar la eficiencia de los diferentes atrayentes para capturar broca de café.

Establecer el costo de instalación de los diferentes tratamientos para capturar broca del café.

Hipótesis

Ho: Los atrayentes utilizados en las trampas artesanales no tienen diferencia significativa en la captura de broca de café.

Ha: Los atrayentes utilizados en las trampas artesanales si tienen diferencia significativa en la captura de broca de café.

Capítulo II

Marco teórico

Antecedentes

El café es un producto agrícola extremadamente importante, producido en alrededor de 80 países tropicales, con un estimado de 125 millones de personas que dependen de este cultivo para su subsistencia en América Latina, África y Asia, bajo una producción anual de alrededor de nueve millones de toneladas de granos verdes (Krishnan, 2017).

Según Ahmed y otros (2021), más de 11 millones de hectáreas se dedican a la producción de café en todo el mundo; de las cuales 12,5 millones de predios cafetaleros son administradas en su mayoría por pequeños agricultores que poseen menos de dos hectáreas destinadas a este cultivo.

No obstante, aunque existen alrededor de 125 especies de café solo dos especies son de importancia económica para la producción de la bebida de café, *Coffea arabica* L. (aroma y acidez pronunciadas) y *Coffea robusta* P. (mayor cuerpo) (Canet, y otros, 2016).

El cultivo de café es un rubro de importancia económica para el Ecuador. En 2021, se reportaron 12,5 millones de dólares en divisas debido a la exportación de alrededor de 61 008 sacos (Rodríguez, 2022). Según datos recientes del INEC (2021), en Ecuador existen 34 931 ha de café sembradas, con una producción de 4 917 TM de las cuales 501 ha, pertenecen a la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas de los Tsáchilas; área que ha ido reduciéndose paulatinamente puesto que, en 2016 existieron 760 ha en esta zona del país (MAG, 2016).

Fundamentaciones

La broca, es la plaga más importante del café puesto que, daña la calidad de los granos, ya sean estos verdes o maduros, por las galerías que construyen las hembras. Según Bustillo (2006) presencia de este coleóptero se detectó hacia el año 1988 en Colombia en la zona Sur, del departamento de Nariño; año durante el cual también fue detectada en Ecuador; en el sector fronterizo de Ancuyá (Ramírez, 2009).

Conforme a Leiva y otros (2019) esta plaga puede generar hasta un 30% de pérdidas en el rendimiento de la cosecha y su control, es complicado puesto que, no es viable utilizar el control convencional debido a la toxicidad y los requerimientos del mercado. No obstante, Rostaman (2020) manifiesta que la broca puede incluso alcanzar pérdidas que van del 90 al 100%.

Sin embargo, existe un método que han venido aplicándose en países como Colombia y Venezuela desde hace varios años para el control de broca en café; tal es el caso, del trampeo o también denominado “control etológico”, que ha permitido la captura de hembras en cantidades que van de 300 hembras por trampa a 109 861 brocas en todo un año (Moreno, Álvarez, Vázquez, & Alfonso, 2010).

La broca es uno de los principales problemas para la suficiencia productiva del café en el país; y la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas de los Tsáchilas no es la excepción. Motivo por el cual, es necesario emplear alternativas eficientes para el control de este coleóptero que genera daños significativos en la producción.

Biología

La broca es un escarabajo que pertenece a la familia Curculionidae, subfamilia Scolytinae y posee metamorfosis completa. Su distribución es bastante amplia puesto que se encuentra en 29 países de África, 19 países en América, 11 países en Asia y en 5 países de Oceanía. Presumiblemente, se originó en el Este y Centro del continente africano (SAGARPA, 2022).

Fue reportada por primera vez en Guatemala y entre sus hospederos se destacan las familias: Capparidaceae, Convulvulaceae, Dioscoreaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Malvaceae, Passifloraceae, Poaceae, Rosaceae, Oleaceae, Rubiaceae, Solanaceae, Stercuuliaceae y Vitaceae. Cabe destacar que las preferencias de fruto del insecto se efectúan así: verde: semi-maduro: maduro – 1:2:3.6 (SAGARPA, 2022).

Descripción de la broca del café

Huevos. son elípticos y de apariencia cristalina que se amarillean conforme van madurando; miden alrededor de 0,5 – 0,8 mm de largo y 0,2 mm de diámetro (Acuña & Betanco, 2007).

Larvas. son blanco-amarillentas, con el cuerpo en forma de “C”, sin patas y ensanchadas en el tórax; su cabeza es café claro y sus mandíbulas son extendidas y visibles. Un punto importante es que, las larvas hembras mudan dos veces, mientras que los machos, una sola vez. Al finalizar la fase larvaria pueden medir entre 1,8 a 2,3 mm (SAGARPA, 2022).

Pre-pupa. Se asemeja al estado larval, sin embargo, se diferencia por el color blanquecino-lechoso que adorna su cuerpo que es menos curvado que el larval. En esta fase, dejan de alimentarse (SAGARPA, 2022).

Pupa. La pupa puede ser de color blanquecino-lechoso o amarillo. En esta fase es posible observar varias características de un insecto adulto; aunque en este caso su tamaño incrementa entre 1,84 a 2 mm (SAGARPA, 2022).

Adulto. Durante esta fase se observan cuerpos alargados, cilíndricos y levemente arqueados hacia la zona ventral con longitudes de 1,5 a 1,78 mm; su coloración es negra brillante, aunque al salir de la pupa son amarillentos en un principio. La cabeza se encuentra situada de forma ventral y protegida por el pronoto. Mientras que las antenas son acodadas y finalizan en un mazo. El aparato bucal, es de tipo masticador y los élitros convexos con estrías a nivel longitudinal alternadas. Las hembras se diferencian de los machos por su mayor tamaño (SAGARPA, 2022).

Ciclo de vida

El ciclo de vida (huevo – adulto) puede variar en función de la temperatura (21 días/27°C; 32 días/22°C y 63 días/19°C); la eclosión se realiza en agrupaciones de 1 a 3 huevos/día a lo largo de 15 o 20 días dentro del grano. La relación macho: hembra es de 1:10. El estado larval va de 10 a 26 días, mientras que, el lapso entre generación y generación es de 35 a 65 días y se pueden producir hasta 8 generaciones (Acuña & Betanco, 2007). El apareamiento ocurre entre hermanos dentro del fruto, por lo cual, luego de este proceso las hembras vuelan sostenidamente de 100 hasta 180 minutos, para localizar nuevos sitios en donde procrear; a diferencia de las hembras, los machos poseen una capacidad de distribución limitada por sus alas atrofiadas (SAGARPA, 2022).

Donato y otros (2018) explican que, la hembra puede ovipositar hasta 70 huevos en distintos frutos. Las larvas poseen cuerpos de color crema y su alimentación se basa en los tejidos de la almendra; cuando se convierten en pupa, continúan siendo de color blanco, pero con la apariencia de un grano de arroz. Al llegar a la adultez, en su cabeza pueden notarse con claridad las antenas y el aparato bucal.

Los niveles más altos de daño ocurren entre los 90 y 120 días post floración o cuando el fruto posee más del 20% del peso seco. La hembra perfora los frutos, creando galerías para depositar sus huevos en el endospermo, luego sus larvas se alimentan de los frutos de 10 a 26 días, causando la destrucción y pérdida total o parcial del grano. Otro daño conocido por *H. hampei* es la alteración en la calidad de la tasa reduciendo el valor comercial del producto (Acuña & Betanco, 2007).

Los frutos de café infestados caen al suelo, y se constituyen en las principales fuentes de reinfestación al final del período de la cosecha. El suelo seco propicia las condiciones óptimas para su reproducción y las precipitaciones contribuyen con la emergencia masiva de insectos adultos (Acuña & Betanco, 2007).

Manejo integrado de la broca

El manejo de la plaga debe hacerse de forma integrada, ello comprende el empleo de diferentes opciones y uso de recursos para que la convivencia con el insecto sea más llevadera, con la menor afectación en el cultivo, evitando los riesgos a la salud de los productores, el ambiente y la biodiversidad (PROMECAFÉ, 2008).

Control cultural. Para el control de broca, IICA (2019) se recomienda lo siguiente:

- Mantener una supervisión estricta de la cosecha

- Evitar la caída del café y procurar que no queden frutos en el suelo
 - Cosechar primero los lotes con mayor ataque de broca
 - Recoger el café verde y eliminarlo apropiadamente
 - Mantener los sacos cerrados y en lugares frescos para impedir la salida de los insectos
- insectos
- Vaciar los canastos con frecuencia para disminuir la posibilidad de vuelo de las hembras
- hembras
- Realizar una repela apropiada, procurando que quede la menor cantidad posible de frutos sin cosechar para disminuir la propagación de la plaga.

Los frutos maduros prematuros y su inadecuada eliminación también son fundamentales para evitar la re-infestación de la cosecha y reducir pérdidas causadas por la plaga (Uribe, 2015).

Control químico. Se caracteriza por la aplicación de insecticidas organofosforados que se encargan de inhibir enzimas la acetilcolinesterasa específicamente, generando la producción acumulativa de acetilcolina en las terminaciones nerviosas que consecuentemente juega un rol importante en cuanto al correcto funcionamiento del impulso nervioso. Los insecticidas de esta familia tienen un alto riesgo de generar resistencia debido a su excesivo uso durante décadas (Cricyt, 2017).

Es necesario especificar, que el uso de este tipo de control solo debe aplicarse en casos estrictos, cuando las poblaciones de insectos son extremadamente altas (IICA, 2019).

Control biológico. En este apartado las estrategias de manejo se han centrado en el uso de parasitoides africanos (*Cephalonomia stephanoderis*, *Prorops nasuta* y *Phymastichus coffea*), hongos entomopatógenos (*Beauveria bassiana* y *Metharizium anisopliae*) (Infante, 2018).

Control etológico. El olfato es un sentido importante para los insectos, que se utiliza para todo, desde encontrar comida, parejas potenciales y sitios de oviposición hasta evadir depredadores y microbios dañinos. El uso del olfato se lleva al extremo dentro de los himenópteros, donde las señales químicas complejas se han convertido en un "lenguaje" que une la estructura social; por lo cual, el uso potencial de compuestos que interfieren directamente con los receptores de feromonas sexuales/de agregación o indirectamente con las respuestas neurofisiológicas es una vía prometedora para el desarrollo de un manejo integrado sostenible de plagas (Andersson & Newcomb, 2017).

Este tipo de control se basa en la aplicación de trampas y es considerada eficiente para el control de broca; su funcionalidad se basa en la captura de este coleóptero que queda en el suelo al finalizar la cosecha. Por lo cual, las trampas ubicadas en campo, son retiradas luego de cuatro meses aproximadamente. Los componentes de la trampa son: el cuerpo, que se elabora con materiales plásticos como botellas y el difusor que posee 20 ml de atrayente que a menudo es una mezcla de etanol con metanol en partes iguales (IICA, 2019).

Manifiesta, que el número de trampas es variable ya que depende de factores como, la edad de las plantas, los niveles de infestación y la actividad que se requiera realizar; puesto que, para monitoreo se pueden ubicar 4 trampas por hectárea, pero para control de altas incidencias pueden utilizarse hasta 25 trampas. En cuanto a la

altura de instalación, esta va de 1,3 a 1,7 metros de alto. Para manejar adecuadamente el funcionamiento de las trampas, es necesario revisar y cambiar el agua y el atrayente, cada 10 o 15 días (CEFA, 2021).

El trampeo

Son dispositivos que se utilizan con elaboran y utilizan con el fin de atraer insectos, capturándolos para su posterior destrucción. Se usan para determinar la presencia, ocurrencia y abundancia estacional de los insectos plaga, con la intención de aplicar formas de control oportunas en los cultivos. Esta herramienta, permite operar de forma amigable con el ambiente, ya que no deja residuales tóxicos, aunque se utilicen continuamente; además sus costos no son representativos para el agricultor. Sin embargo, entre sus principales limitantes está, el desconocimiento de los agentes atrayentes que se requieren para controlar las diferentes plagas de importancia; y, el espectro de acción, puesto que solamente funciona en adultos mas no en larvas (Cisneros, 2022).

Las trampas básicamente están constituidas por una fuente de atracción (atrayente físico o químico) y un mecanismo de captura, que sirve para almacenar los insectos atraídos. Además, se distinguen dos tipos de trampas según la actividad que se desea realizar, estas son: las trampas de detección/ monitoreo o seguimiento y las trampas de control (Cisneros, 2022).

¿Qué son los atrayentes?

En cuanto a los atrayentes, estos suelen ser sustancias de origen químico que orientan el desplazamiento de los insectos hacia la fuente que emite el olor. Por lo cual, se han distinguido dos sub agrupaciones que parten de los atrayentes: de alimentación y del tipo sexual (Cisneros, 2022).

Atrayentes de alimentación. Por lo general son sustancias que se asocian al aroma de las flores que son apetecidas por los insectos, o las relacionadas con la fermentación de los alimentos e incluso aquellas que guardan relación química con los alimentos. Estos tipos de atrayentes, se obtienen a base de extractos, ya sea de plantas, frutas sobre-maduras, o trituradas, harina de pescado y otras. Por lo general las sustancias simples se obtienen a través de la descomposición orgánica, entre ellas se destacan: los ácidos grasos, sulfures, aminos y amonio (Cisneros, 2022).

Atrayentes sexuales. Estos atrayentes se consideran poderosos y pueden ser sustancias bioanálogas de feromonas, feromonas en sí ya sea sintéticas o naturales. Por lo general, estas sustancias son secretadas por hembras vírgenes. Se caracterizan por ser activas en pequeñas cantidades, aunque solamente sirven para atraer machos. En coleópteros se han empleado atrayentes como: butil sorbalo (*Amphimallon majatos*); metil linolenato (*Ips typographus*); PEP-Eugenol (7:3) y lactona (*Popillia japonica*); y grandlure (*Anthonomus granais*) (Cisneros, 2022).

Atrayentes para el control de la broca en el café

Conforme al estudio de Solórzano (2004) este detalla que las hembras de *H. hampei* por lo general son atraídas por mezclas de etanol: metanol 1:1; sin embargo, también se han reportado relaciones de 2:1 y 3:1, viables. Además, se han utilizado otras fórmulas como café tostado o café disuelto en alcohol (aguardiente) a razón de 100 g de café en 1 l de aguardiente (CEFA, 2021).

Granos de café. La broca, siente atracción por los metabolitos secundarios que genera el café durante la formación del fruto, color y forma; incluso, se ha determinado

que este insecto, prefiere los frutos de coloración negra, roja y verde (Leiva, Oliva, Rubio, Maicelo, & Milla, 2019).

Jaramillo y otros (2013), manifiestan que la fruta del café contiene alrededor de 50 tipos de compuestos orgánicos volátiles que pueden atraer insectos plaga. Los compuestos químicos volátiles orgánicos dominantes incluyen piroacetal conoftorina, frontalina y metil 3-etil-4-metil pentanoato. Mientras tanto, Dufour y Frérot (2008) el contenido de compuestos orgánicos volátiles (kairomona) en el grano de café puede atraer a la hembra de *H. hampei* en la colonización de las bayas de café. En general, el contenido de compuestos orgánicos volátiles en la fruta madura es más de 10 veces mayor que la fruta todavía joven.

Rostaman (2020) determinó que el compuesto R-3 etil-4-metil pentanoato demostró ser uno de los atrayentes más poderosos que procedían de las bayas de café.

Ácido acético. Zanardi y otros (2019) manifiestan que el ácido acético se considera como una feromona sexual putativa, que funciona eficientemente cuando es combinado con compuestos volátiles. Combinaciones como ácido acético con fenilacetnitrilo o con 2-feniletanol han demostrado ser eficaces para el control de polillas (Judd, Knight, & El-Sayed, 2017).

Etanol. El etanol es un atrayente bien conocido (ya sea solo o en sinergia con compuestos de origen vegetal) para muchos miembros de la familia Cerambycidae, Cleridae, Curculionidae, Staphylinidae y varias otras familias que se alimentan de madera. Los alcoholes como el etanol son fuentes de energía, pero proporcionan menos energía que los azúcares. Además, las altas concentraciones de etanol pueden tener efectos negativos en la fisiología y el comportamiento de los insectos. Sin embargo,

estas interacciones negativas entre levaduras e insectos probablemente sean raras, ya que las concentraciones de etanol que se encuentran en la mayoría de las frutas y el néctar es excepcionalmente bien tolerado por los insectos que se alimentan de azúcar (Madden, y otros, 2018).

Capítulo III

Metodología

Ubicación del área de investigación

Ubicación política

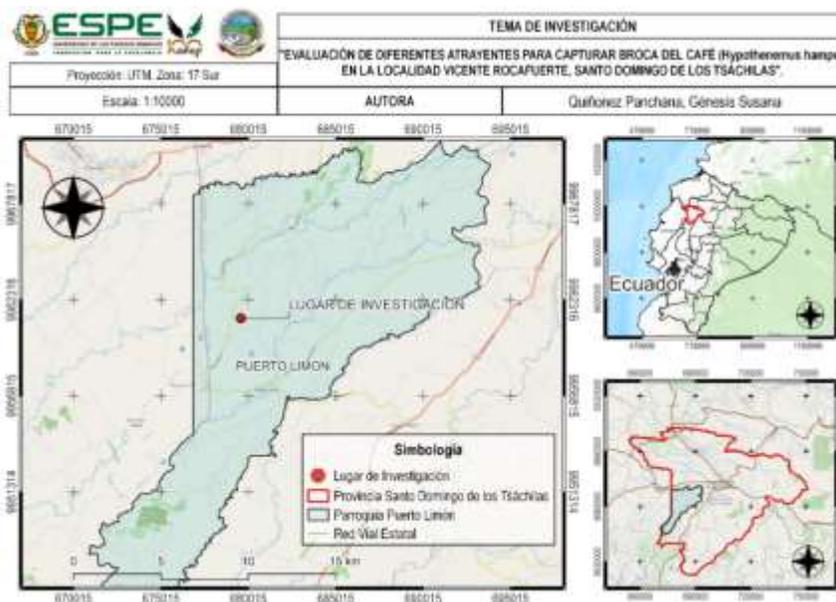
- Provincia: Santo Domingo de los Tsáchilas
- Cantón: Santo Domingo de los Tsáchilas
- Parroquia: Puerto Limón
- Sector: Vicente Rocafuerte

Ubicación geográfica

El lugar de investigación se ubica en las coordenadas 0°21'1.35" S y 79°23'10.87" W.

Figura 1

Mapa de la ubicación geográfica del cultivo de café donde se desarrolló la investigación.



Nota: La figura muestra la ubicación de la localidad "Vicente Rocafuerte"

Ubicación ecológica

- Zona de vida: Bosque siempre verde premontano (bs-PM)
- Altitud: 244 msnm
- Temperatura media anual: 25,5 °C
- Precipitación: 3150 mm/año
- Luminosidad: 680 horas/luz año
- Humedad relativa: 91%

Materiales

Materiales de campo

- GPS
- Botellas plásticas de 1,5 L
- Envases plásticos de 120 mL
- Alambre galvanizado
- Tarrinas plásticas
- Cinta métrica
- Libreta de campo
- Cámara fotográfica
- Cinta masking
- Rotulador
- Jeringa de 20 ml
- Colador

Materiales de oficina

- Computadora
- Calculadora
- Esferos
- Folder
- Hojas de registro de datos
- Impresora

Materiales de laboratorio

- Cajas Petri
- Equipo de disección
- Piseta

Equipos

- Estereomicroscopio

Insumos

- Agua con detergente
- Alcohol comercial al 70%
- Aguardiente
- Café tostado molido
- Vinagre blanco
- Vinagre de manzana
- Vinagre de guineo

Métodos

Diseño experimental

Tratamientos a comparar

Tabla 1

Descripción e identificación de tratamientos a comparar.

Tratamientos	Descripción
T1	Etanol (aguardiente) + vinagre de manzana + café tostado molido
T2	Etanol (aguardiente) + vinagre blanco + café tostado molido
T3	Etanol (aguardiente) + vinagre de guineo + café tostado molido
T4	Etanol comercial + café tostado molido

Nota: Descripción de cada uno de los tratamientos que serán comparados en la investigación.

Tipo de diseño

Para el presente trabajo de investigación se empleó un diseño completamente al azar (DCA), con cuatro tratamientos y cinco observaciones, con un total de 20 unidades experimentales (trampas). El modelo lineal fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

- Y_{ij} : Observaciones individuales
- μ : Es el efecto de la media global
- τ_i : Efecto del tratamiento

- ε_{ij} : Error experimental

Características de las unidades experimentales

Tabla 2

Descripción de las características de las unidades experimentales de la investigación

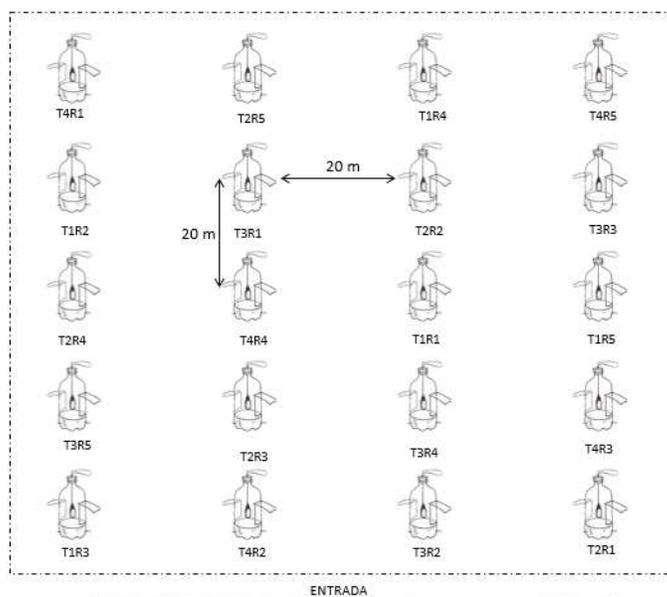
Parámetro	Cantidad
Numero de tratamientos	4
Numero de observaciones	5
Número de unidades experimentales	20
Distancia entre unidades experimentales (m)	20

Nota: La tabla representa la descripción de los parámetros de las unidades experimentales planteados en la investigación.

Croquis

Figura 2

Croquis del ensayo



Nota: Distribución de las trampas en el área de investigación.

Análisis estadístico

Esquema del análisis de varianza

Tabla 3

Análisis de varianza

Factores de variación	Grados de libertad	
Tratamiento	t-1	3
Error	t(r-1)	16
Total	tr-1	19

Nota: Análisis de varianza utilizado para el trabajo de investigación

Transformaciones a raíz cuadrada

(Sanchez-Otero, 2006), recomienda que cuando los números provenientes de los conteos son pequeños entre 2 y 10, en especial cuando entre los datos existen ceros, recurrir a la transformación. En la recolección de datos de esta investigación se obtuvieron los valores mencionados anteriormente por ello se codifico añadiendo a cada observación 0,5, en cuyo caso la raíz cuadrada es: $\sqrt{x + 0,5}$.

Coeficiente de variación

Para determinar el coeficiente de variación se utilizó la siguiente fórmula:

$$cv = \frac{\sqrt{CM_e}}{\bar{x}} * 100$$

Donde;

$cv =$ Coeficiente de variación

$CM_e =$ Cuadrado medio del error experimental

$\bar{x} =$ Media general del experimento

Análisis funcional

Para el análisis estadístico de los resultados con varianzas significativas de la investigación se aplicó la prueba de significancia de Tukey al 5% de probabilidad de error.

El coeficiente de variación se empleó para determinar la variabilidad de los datos con respecto a la media.

Análisis económico

Se realizó tomando en cuenta los costos de la instalación de los tratamientos a evaluar (costos de insumos y materiales), y extrapoló a costo total por 20 trampas, lo que reflejó que tratamiento es económicamente más rentable.

Variables a medir

Incidencia de la broca en los cultivos de la localidad

Se realizó un muestreo en cinco fincas pertenecientes a la localidad Alianza para el Progreso para determinar el porcentaje de incidencia de la broca en los cultivos de café.

$$\% IB = \frac{\text{Número de granos afectados } (n)}{\text{Número de granos evaluados } (N)} * 100$$

Donde:

IB = Incidencia de broca de café (%)

n = Número de granos afectados con broca de café.

N = Número total de granos evaluados

Número de brocas capturadas

Esta variable fue medida durante un periodo de 10 semanas desde la colocación de los tratamientos, las evaluaciones se realizaron cada siete días a partir de la primera semana de la instalación de las trampas.

Métodos específicos de manejo del experimento

Elaboración de trampas artesanales

Se elaboró 20 trampas artesanales con botellas plásticas de 1.50 litros previamente pintadas de color rojo, en las que se realizó un corte de 10 x 12 cm, se perforó en la parte inferior de la botella que permite el paso del alambre, el cual, está unido al difusor y sirve como sostén de la trampa en la planta.

Para el difusor de la trampa se ocupó 20 envases plásticos de 120 ml, modelo de gotero.

Preparación de los atrayentes

Se preparó cuatro tipos de atrayentes, se presentan a continuación:

Tabla 4

Descripción de la concentración de los atrayentes a evaluar

Tratamientos	Descripción
T1	250 mL (aguardiente) + 250 ml vinagre de manzana + 50 g café tostado molido
T2	250 mL (aguardiente) + 250 ml vinagre blanco + 50 g café tostado molido
T3	250 mL (aguardiente) + 250 ml vinagre de guineo + 50 g café tostado molido
T4	500 mL Etanol comercial + 50 g café tostado molido

Nota: Descripción de las dosis de insumo por cada tratamiento a emplear.

Distribución e instalación de las trampas

Se realizó la distribución e instalación de las trampas en el cultivo de café bajo un diseño completamente al azar (DCA), con una distancia de 20 m entre trampas y se etiquetó indicando el número de tratamiento y observación.

Recambio de atrayentes

Se procedió al recambio de atrayentes de los tratamientos cada 15 días, a partir, de la instalación del ensayo.

Evaluación de los tratamientos aplicados

Se realizó la toma de datos de la investigación cada siete días, a partir, de la primera semana de la instalación del ensayo, donde, se contabilizó el número de brocas capturadas. Se obtuvieron diez tomas de datos, que van desde el 05 de mayo del 2022 al 07 de julio del 2022.

Tabla 5

Matriz para la toma de datos

TRATAMIENTO	TOMA No. __ (dd/mm/aa)					TOTAL
	OBSERVACIONES					
	R1	R2	R3	R4	R5	
T1	-	-	-	-	-	-
T2	-	-	-	-	-	-
T3	-	-	-	-	-	-
T4	-	-	-	-	-	-

Nota: matriz utilizada para la toma de datos semanales.

Capítulo IV

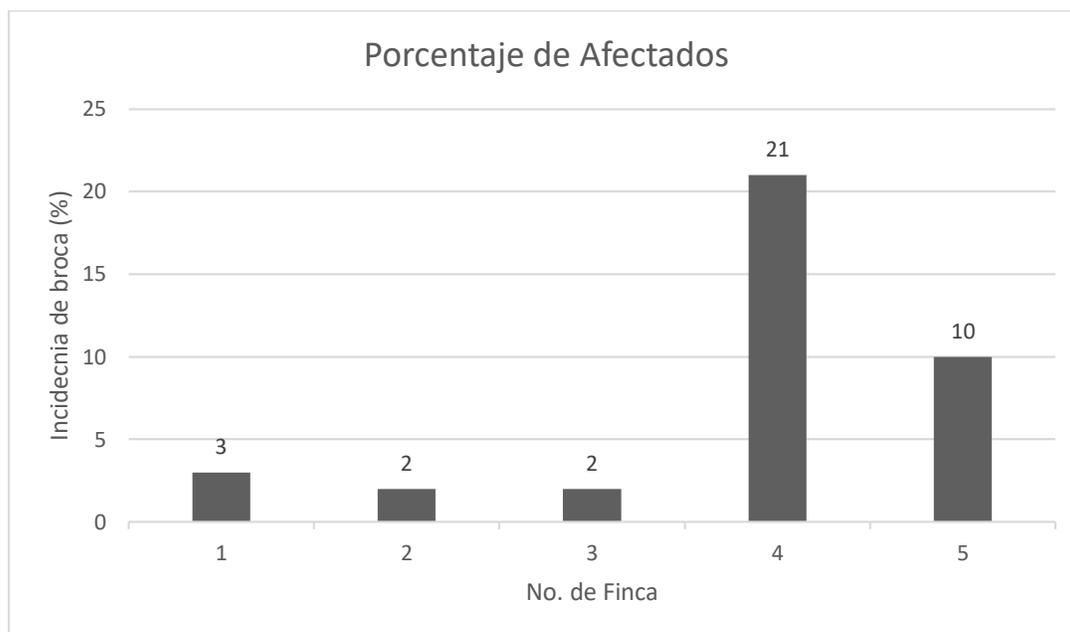
Resultados y Discusión

Incidencia de la broca del café, en las fincas productoras de la localidad

El cultivo de café es un rubro de importancia económica para el Ecuador. En 2021, se reportaron 12,5 millones de dólares en divisas debido a la exportación de alrededor de 61 008 sacos (Rodríguez, 2022). Según datos recientes del INEC (2021), en Ecuador existen 34 931 ha de café sembradas, con una producción de 4 917 TM de las cuales 501 ha, pertenecen a la provincia de Santo Domingo. En la Localidad “Vicente Rocafuerte, existen diversos rubros de gran importancia económica, siendo el café el de mayor jerarquía, por lo cual los productores se mantienen alerta ante la presencia de insectos y demás plagas. En la Figura 3 se observa la incidencia de la broca en las fincas productoras de la localidad, en donde se encontró que en cuatro de las cinco fincas seleccionadas para el muestreo contaban con porcentajes menores al 15% de infestación, lo que se puede atribuir a diversas formas del manejo de las fincas, y tan solo 1 de ellas presentó un porcentaje superior al 20%, la cual fue escogida para desarrollar la investigación.

Figura 3

Comparación del porcentaje de infestación producido por la broca del café, en las fincas productoras de la localidad “Vicente Rocafuerte”



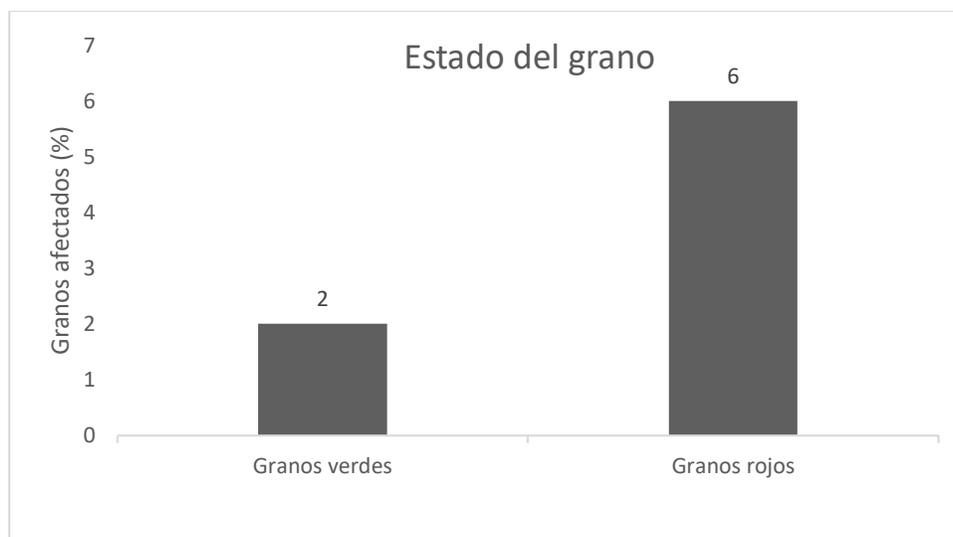
Nota: Esta figura muestra el porcentaje de incidencia de broca, tres de estas con porcentajes debajo del cinco, y las otras dos con porcentajes superiores a ese.

Como lo menciona (Ramírez, 2009), la presencia de la broca del café (*Hypothenemus hampei*), daña la calidad de los granos, ya sean estos verdes o maduros. La broca es primero atraída por metabolitos secundarios que produce el cafeto en su proceso de formación del fruto y luego por el color (Bustillo, 2006). Con valores de 2% y 6% respectivamente, como se aprecia en la figura 4.

Además de ello al obtener un porcentaje de afectación en granos del 8% (figura 4), luego del muestreo de recolección de granos en las cinco fincas, representa preocupación por pérdidas económicas, al superar el porcentaje de broca del umbral de daño económico (5%) (Montes, Armando, & Amilcar, 2012)

Figura 4

Porcentaje de afectación en granos verdes y maduros, de las fincas en la localidad.



Nota: Se representa el grado de afectación del grano de acuerdo a su estado de madurez.

Cantidad de brocas capturadas semanalmente

Tabla 6

Análisis de varianza del número de brocas capturadas mediante la evaluación de diferentes atrayentes en trampas artesanales.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios									
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
Tratamientos	3	2,48	2,56	2,64	2,59	4,79	4,41	5,34	4,29	4,24	
Error	16	0,23	0,25	0,24	0,24	0,25	0,23	0,25	0,35	0,31	
Total	19										
CV		28,3	30,1	28,49	28,89	23,7	25,46	25,76	30,1	29,65	

Nota: Esta tabla muestra detalladamente los cuadrados medios de cada toma semanalmente, al igual, que los coeficientes de variación por semana de la primera a la décima.

En la tabla 6 mediante el análisis de varianza del número de brocas capturadas, se observa que existe diferencia altamente significativa desde la segunda, hasta la última que corresponde a la décima evaluación, con un nivel de significancia del 5%.

Es decir, los atrayentes utilizados en las trampas artesanales si tienen diferencia significativa en la captura de broca de café, confirmando así la hipótesis alternativa, y se rechaza la hipótesis nula planteada al inicio de esta investigación.

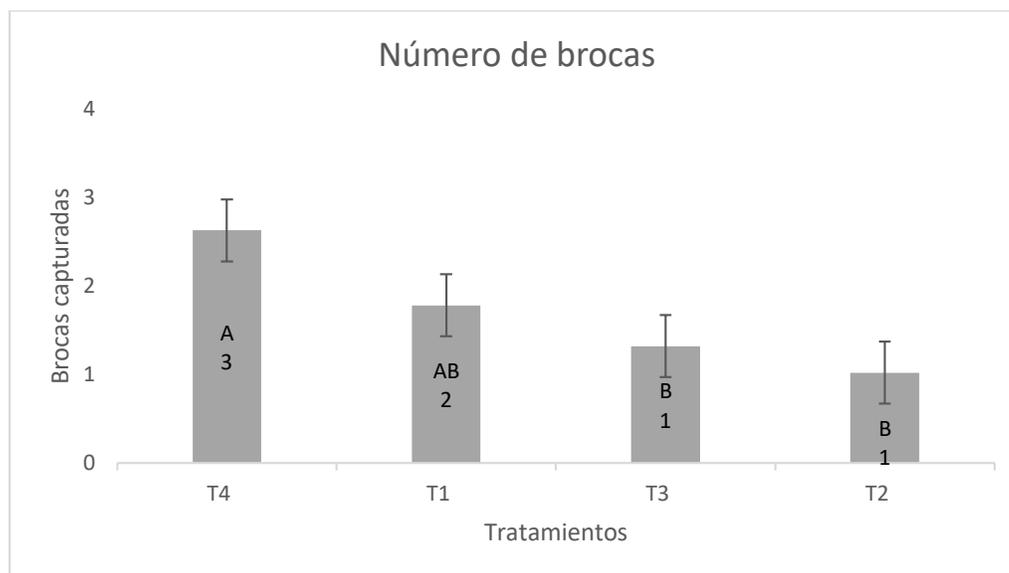
En la tabla 6 se presentan los coeficientes de variación (CV) desde la segunda semana de toma de datos, esto a causa de que en la primera semana en la recolección y toma de datos estos dieron ceros en todos los tratamientos. La segunda semana empezó con CV de 28,3%, la semana tres, este incrementó a un 30,1%, las siguientes dos semanas se mantuvo constante con 28,3 y 28,8%, en la sexta semana se evidenció un descenso de este a un 23,7% el cual es atribuido a las labores de cosecha realizadas por el productor en el lugar de estudio, las semanas 7 y 8 se vuelve a mantener el CV, esta vez con porcentajes bajos de 25,46 y 25,76% respectivamente, la penúltima semana se ve un incremento al 30,1%, para concluir en la décima semana con CV de 29,65%.

(Gordón & Camargo, 2015), señala que para los ensayos relacionados con la toma de datos de insectos se consideran aceptables rangos de entre 25 a 31%, por ende, los porcentajes obtenidos en esta investigación al mantenerse dentro del rango mencionado, nos otorga la confiabilidad y validez del experimento,

A continuación, se presenta la prueba de significancia de Tukey al 5% para la variable de cantidad de brocas capturadas desde la segunda hasta la décima evaluación. Es necesario indicar que se está trabajando con una variable numérica discreta, por ello se aplicó la regla de redondeo en los valores de la media y los resultados se presentan en números enteros.

Figura 5

Prueba de significancia de brocas capturadas en la segunda toma de datos mediante la evaluación de diferentes atrayentes en trampas artesanales

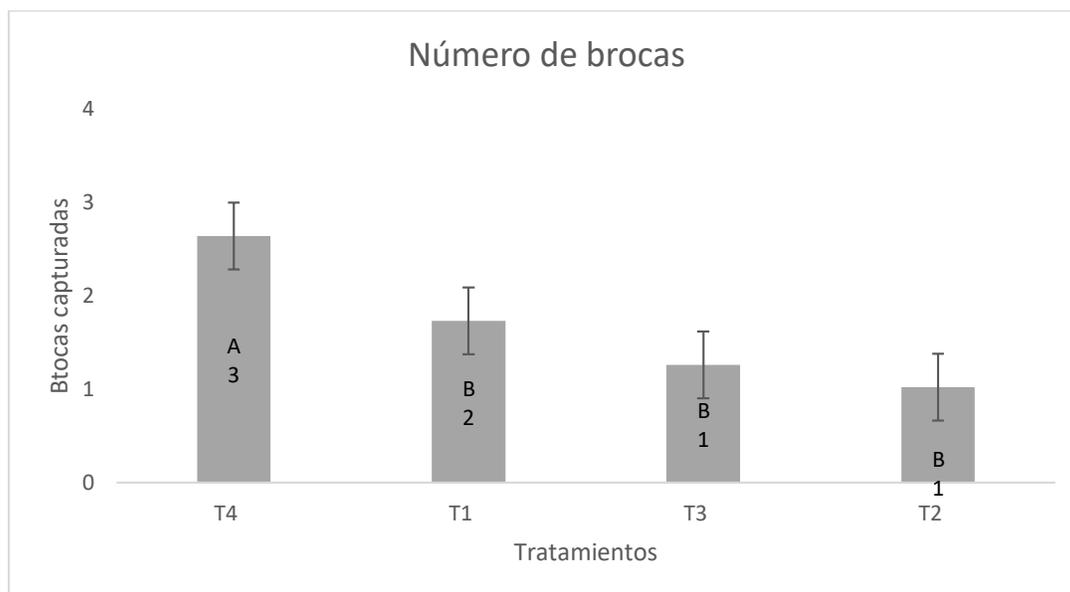


Nota: La figura muestra la captura de brocas en la segunda semana, por cada uno de los tratamientos.

La figura 5 indica que, en la toma de datos, número dos, bajo la prueba de significancia muestra que se ubica en el primer rango de significancia el T4 (etanol comercial + café) con 3 brocas capturadas, seguida de cerca por el T1 (aguardiente + vinagre de manzana + café) con 2 brocas. Mientras que el T2 (aguardiente + vinagre blanco + café) y no T3 (aguardiente + vinagre de guineo + café) con 1 broca cada uno, no muestran diferencia en la captura.

Figura 6

Prueba de significancia de brocas capturadas en la tercera toma de datos mediante la evaluación de diferentes atrayentes en trampas artesanales.

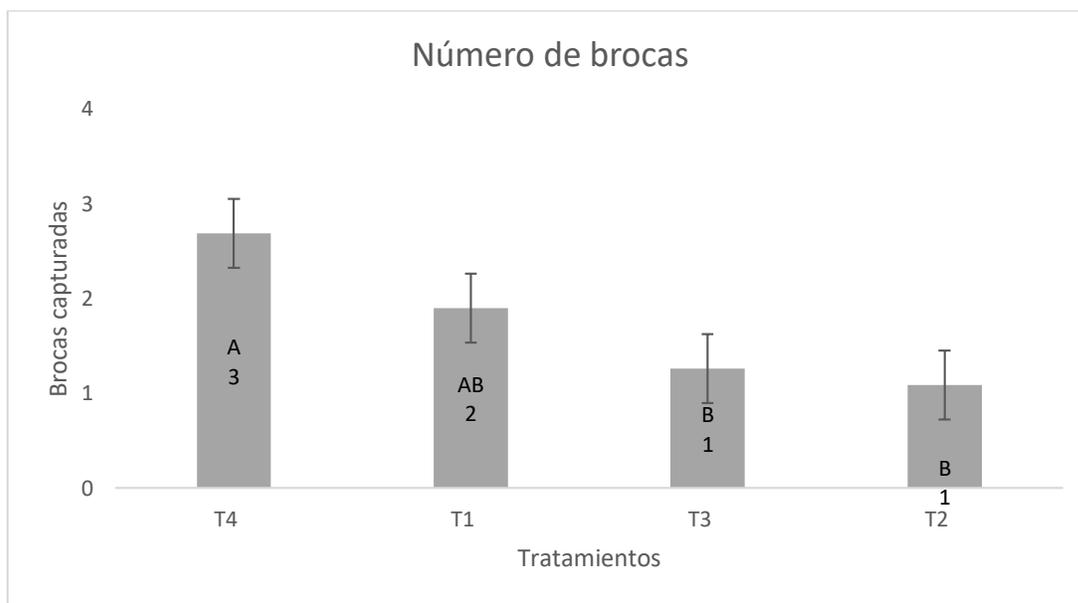


Nota: La figura muestra la captura de brocas en la tercera semana, por cada uno de los tratamientos, y la diferencia entre los mismos.

En la figura 6 se observa, la tercera toma de datos bajo la prueba de significancia la que muestra en el primer rango de significancia el T4 (etanol comercial + café) con 3 brocas, seguido por el T1 (aguardiente + vinagre de manzana + café) con 2 brocas, el mismo que no muestra diferencia significativa con el T3 (aguardiente + vinagre de guineo + café) y T2 (aguardiente + vinagre blanco + café) aunque estos tengan solo 1 broca capturada. Por lo tanto, se deduce que, en la toma de datos tres, el T4 presenta el mejor atrayente para captura de broca en el cultivo de café.

Figura 7

Prueba de significancia de brocas capturadas en la cuarta toma de datos mediante la evaluación de diferentes atrayentes en trampas artesanales.

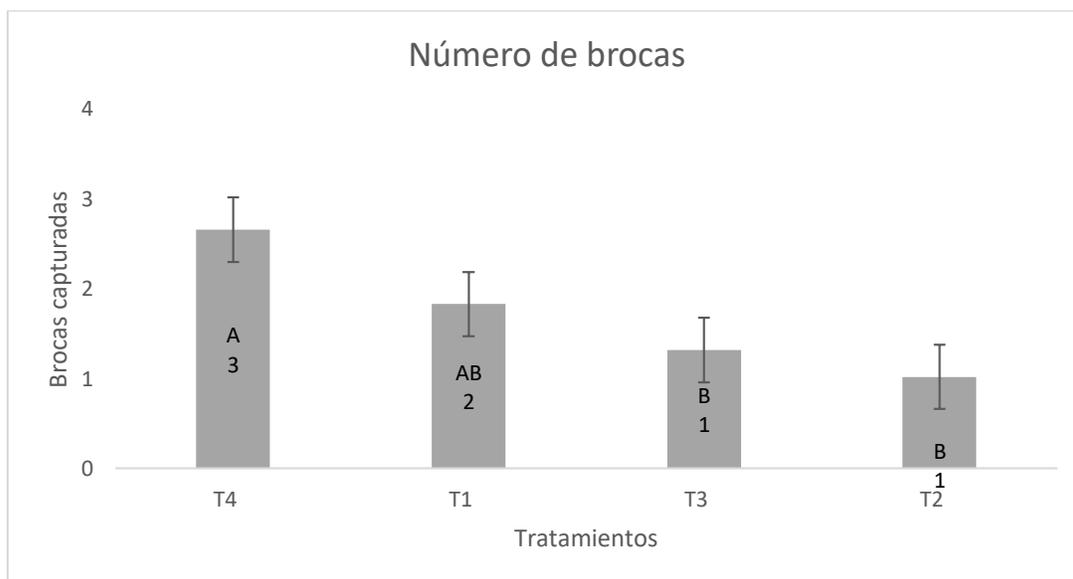


Nota: La figura muestra la captura de brocas en la cuarta semana, por cada uno de los tratamientos, y la diferencia entre los mismos.

La figura 7 indica que, en la toma de datos, número cuatro, bajo la prueba de significancia muestra que se ubica en el primer rango de significancia el T4 (etanol comercial + café) con 3 brocas, en segundo lugar, el T1 (aguardiente + vinagre de manzana + café) con 2 brocas capturadas, a pesar de ello no muestra diferencia significativa con el T3 y T2 son tan solo 1 brocas.

Figura 8

Prueba de significancia de brocas capturadas en la quinta toma de datos mediante la evaluación de diferentes atrayentes en trampas artesanales.

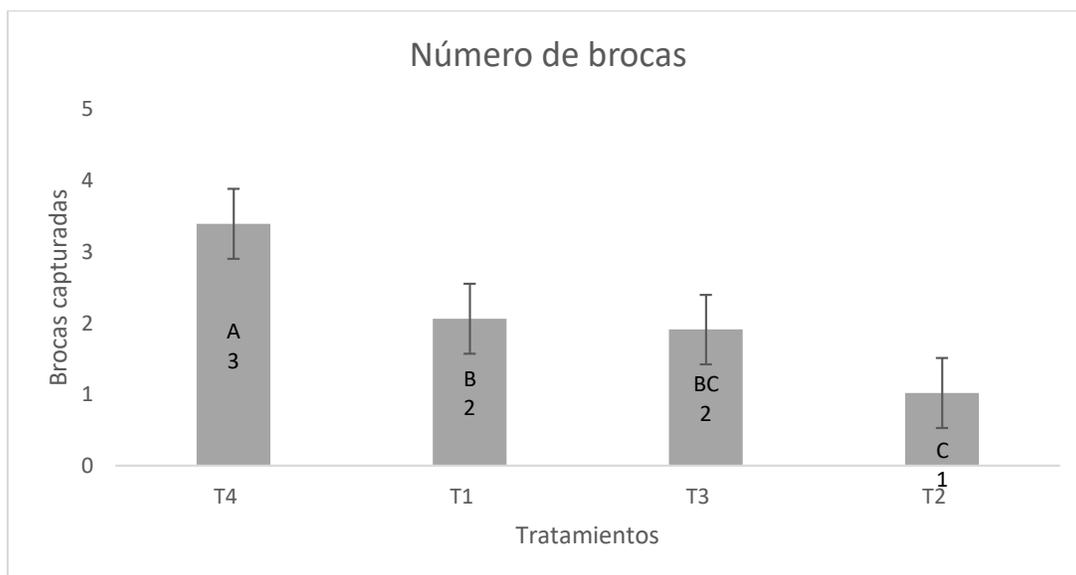


Nota: La figura muestra la captura de brocas en la quinta semana, por cada uno de los tratamientos, y la diferencia entre los mismos.

En la figura 8 se observa, la quinta toma de datos bajo la prueba de significancia la que muestra en el primer rango de significancia el T4 (etanol comercial + café) con 3 brocas capturadas, seguido por el T1 (aguardiente + vinagre de manzana + café) con 2 brocas, el mismo que no muestra diferencia significativa con el T3 (aguardiente + vinagre de guineo + café) y T2 (aguardiente + vinagre blanco + café), ambos tratamientos con 2 brocas capturadas. Por lo tanto, se deduce que, en la quinta toma de datos, el tratamiento 4 es el que presenta el mejor atrayente para captura de broca en el cultivo de café.

Figura 9

Prueba de significancia de brocas capturadas en la sexta toma de datos mediante la evaluación de diferentes atrayentes en trampas artesanales.

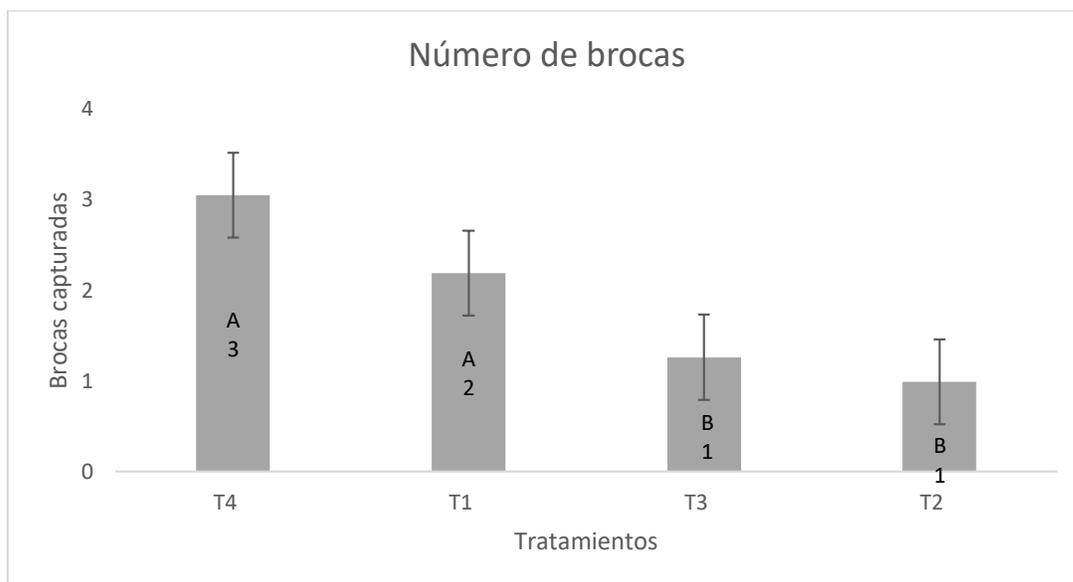


Nota: La figura muestra la captura de brocas en la sexta semana, por cada uno de los tratamientos, y la diferencia entre los mismos.

La figura 9, nos muestra al T4(etanol comercial + café) con 3 brocas capturadas, T1 y T3 (aguardiente + vinagre de manzana + café), (aguardiente + vinagre guineo + café), respectivamente, no muestran diferencia estadística entre si ya que ambos cuentan con 2 brocas capturadas, y a pesar de ello T3 y T2 tampoco marcan una diferencia estadística entre sí, aunque este último tenga solo 1 broca capturada.

Figura 10

Prueba de significancia de brocas capturadas en la séptima toma de datos mediante la evaluación de diferentes atrayentes en trampas artesanales.

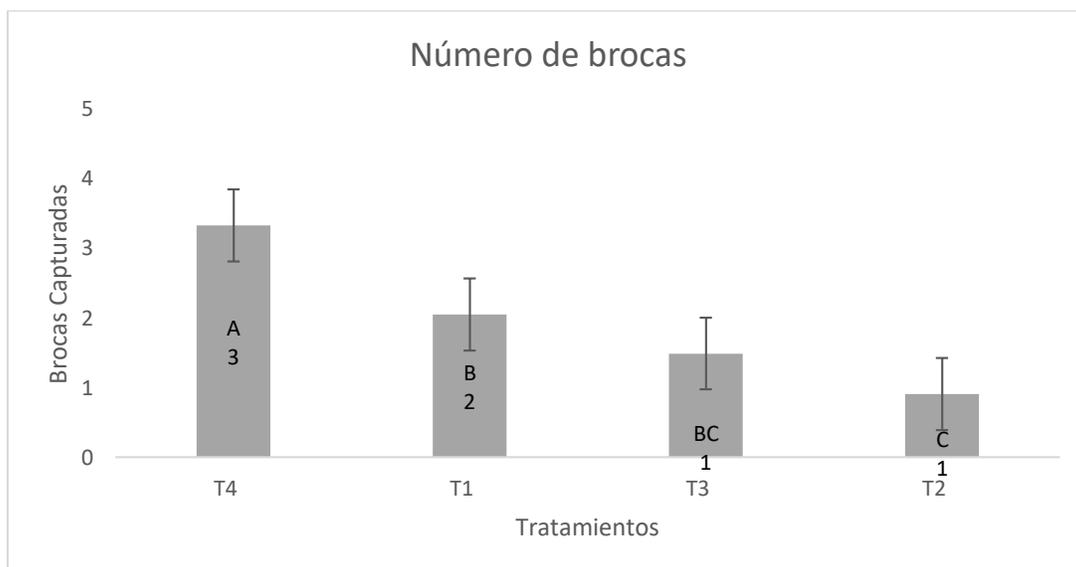


Nota: La figura muestra la captura de brocas en la séptima semana, por cada uno de los tratamientos, y la diferencia entre los mismos.

En la figura 10 se observa que en la séptima toma de datos bajo la prueba de significancia muestra que se ubican sin mostrar una diferencia significativa los tratamientos T3 y T2 con 1 broca capturada en cada tratamiento y a la vez los T4 y T1 no muestran diferencia significativa, pero en cuanto a brocas capturadas por tratamiento vemos que T4 cuenta con capturas de 3 brocas y T1 con 2. Por lo tanto, se deduce que el T4 en la séptima toma de datos es el mejor tratamiento para captura de broca en el cultivo de café.

Figura 11

Prueba de significancia de brocas capturadas en la octava toma de datos mediante la evaluación de diferentes atrayentes en trampas artesanales.

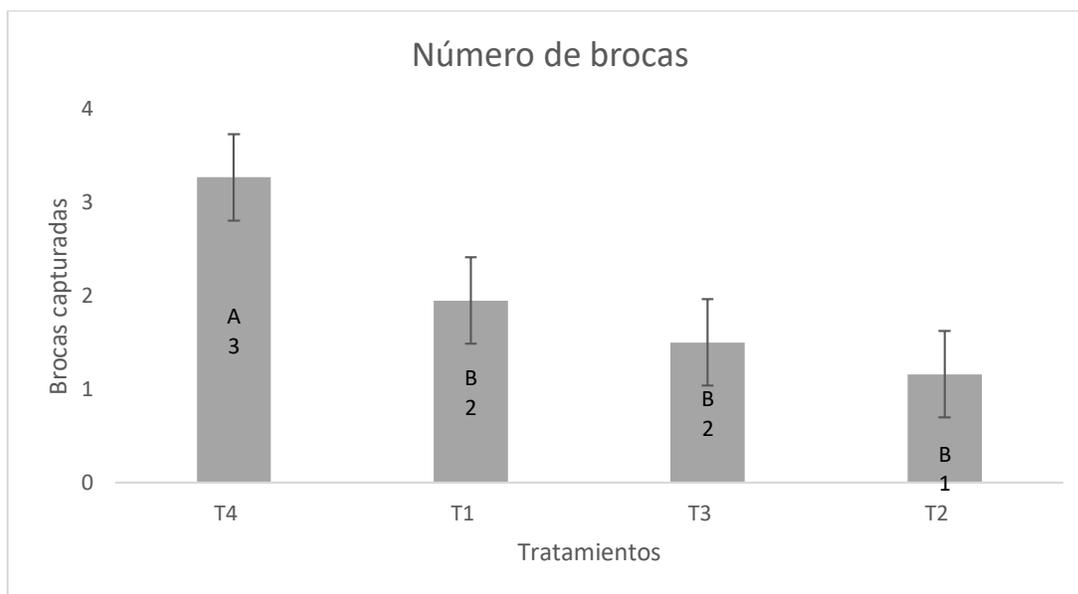


Nota: La figura muestra la captura de brocas en la octava semana, por cada uno de los tratamientos, y la diferencia entre los mismos.

En la figura 11 se observa que en la octava toma de datos bajo la prueba de significancia, existe una diferencia significativa los tratamientos T4 y T1 (aguardiente + vinagre de manzana + café) con tres y dos brocas capturadas respectivamente y a la vez T1, T3, no muestran diferencia significativa, aunque el primero de estos tenga dos brocas capturadas y T3 tan solo una, al igual que T2 el cual ocupa el último lugar de la tabla.

Figura 12

Prueba de significancia de brocas capturadas en la novena toma de datos mediante la evaluación de diferentes atrayentes en trampas artesanales.

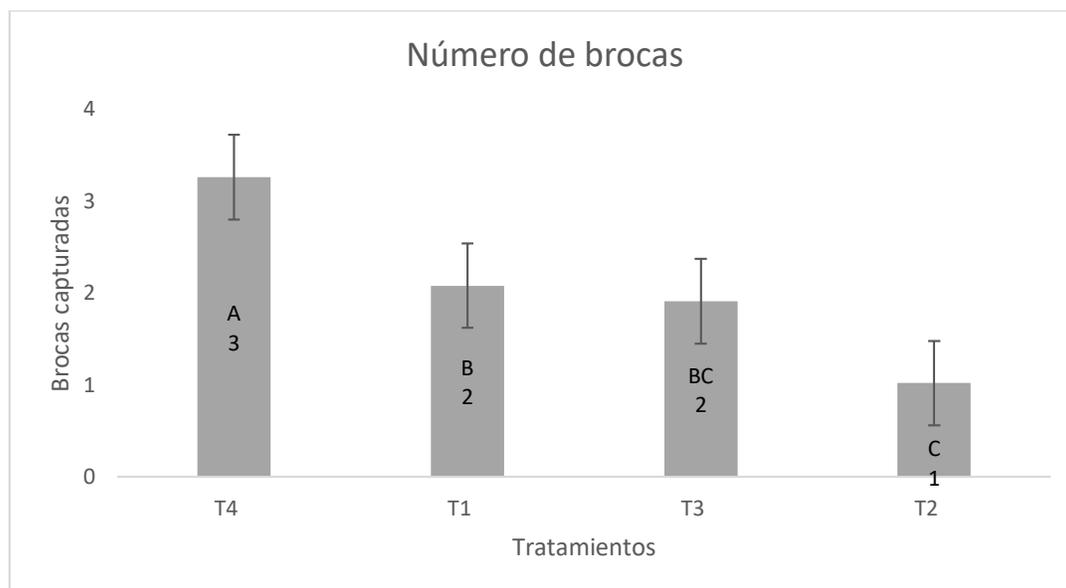


Nota: La figura muestra la captura de brocas en la novena semana, por cada uno de los tratamientos, y la diferencia entre los mismos.

En la figura 12, se observa que en la novena toma de datos bajo la prueba de significancia existe diferencia significativa entre T4 y los otros tres tratamientos liderando así la gráfica, debido a que esta muestra la captura de 3 brocas mientras que T1 y T3 con 2 brocas capturadas cada uno, no muestran diferencia significativa entre sí, mientras que al final está T2 con 1 broca captura, pero sin mostrar diferencia significativa. Por lo tanto, T4 en la novena toma de datos es el tratamiento con la trampa con más brocas.

Figura 13

Prueba de significancia de brocas capturadas en la décima toma de datos mediante la evaluación de diferentes atrayentes en trampas artesanales.



Nota: La figura muestra la captura de brocas en la décima semana, por cada uno de los tratamientos, y la diferencia entre los mismos.

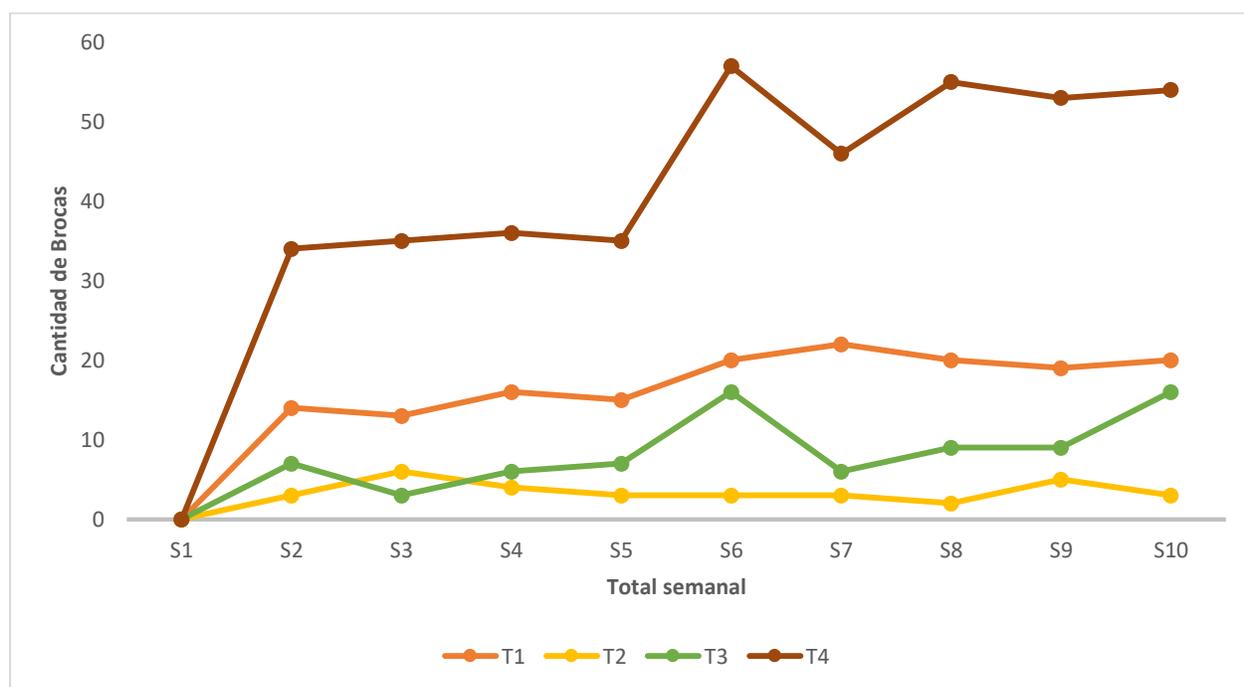
En la figura 13 se observa que en la décima toma de datos bajo la prueba de significancia, existe diferencia significativa entre los tratamientos T4 con 3 brocas y T1 con 2 brocas, a la vez T3 con la captura de 2 brocas y T2 con 1 broca, no muestran diferencia significativa entre sí, a pesar de tener diferentes valores. Por lo tanto, el T4 en la décima toma de datos es el tratamiento con más eficiencia.

Cada una de las figuras presentadas anteriormente refleja cómo desde la segunda hasta la décima toma de datos, el T4 (etanol comercial + café tostado molido) muestra diferencia significativa con respecto a los otros tres tratamientos, coincidiendo con lo mencionado por (Cárdenas, 2000), el cual señala que se han reportado efectos importantes en

la captura de brocas, debido al sinergismo producido entre la mezcla de alcohol metílico y el café soluble, así mismo (Damon, 2000) hace un énfasis en que las trampas de alcohol y las mezclas de éstos simulan el olor del fruto de café, lo cual permite una alta atracción de brocas, lo cual ocurrió en la investigación con el T4.

Figura 14

Fluctuación poblacional de brocas capturadas durante 10 semanas consecutivas mediante la evaluación de diferentes atrayentes en trampas artesanales.



Nota: En la figura se muestra la fluctuación semanal en la cantidad de captura de broca, y la diferencia de brocas atrapadas por cada tratamiento representado con colores distintos.

En la figura 14, se presenta la suma semanal de la captura de cada tratamiento, en la primera semana, ninguno de los cuatro tratamientos capturó broca, por lo cual la gráfica empieza con la Semana 1 (S1) en cero, de la semana 2 a la 5, el T1, T2 y T3 se mantienen por debajo de las 20 brocas/semana, mientras que el T4 (etanol comercial + café tostado molido)

se separa de estos con un promedio de 35 brocas/semana, para la S6 se observa un despunte en 3 de los 4 tratamientos (T1, T3 y T4) en relación a las semana 7, considerándose la semana con la máxima captura. En la séptima, la cantidad de brocas descendió en T2, T3 y T4, y solo en T1 incrementó. Las semanas siguientes (S8, S9) la cantidad de broca capturada por trampa se mantuvo constante, al igual que para la última semana en T1 y T4, en cambio incrementó la captura en T3 y disminuyó en T2.

Se refleja en la figura 14, la fluctuación poblacional de brocas capturadas durante 10 semanas consecutivas, en la cual se marca una inflexión en la toma de la semana 6 esto debido a que se realizó la cosecha de las cerezas de café, antes de la toma de datos, ocasionando la movilización de los insectos, permitiendo que estos se dirigieran en las trampas con aún mayor afinidad. (Rodríguez & otros, 2018), menciona que el ataque de la broca es mucho más notorio durante la cosecha, aunque ataca desde la formación de los frutos hasta la maduración. Los resultados muestran que el T4 (etanol comercial + café) obtuvo un promedio de captura de 40,5 brocas/semana, superando ampliamente a T1, T2, T3, con capturas de 15,9, 3,2, y 7,9, brocas/semana, respectivamente; comprobando que las sustancias volátiles proporcionan señales a los insectos sobre su existencia, para poder dirigirse a ellos. La broca es primero atraída por metabolitos secundarios que produce el cafeto en su proceso de formación del fruto y luego por el color y la forma del fruto (Bustillo, 2006).

Análisis económico

Los costos de fabricación e instalación de trampas artesanales para el establecimiento de la investigación. El cálculo consideró cinco trampas por tratamiento, detallando los costos de materiales e insumos empleados en la elaboración de las trampas por cada tratamiento.

Siendo T2, el tratamiento con menos costo (\$ 1,65), a pesar de que la diferencia con los costos de elaboración de T3 y T1 (\$1,66 y \$1,67), es tan solo de \$0,1 y 0,2 ctvs. respectivamente, y con la diferencia de \$ 0,18 ctvs. el tratamiento de mayor costo fue el T4 (\$1,83), precio que valdría la implementación por trampa, tabla7.

Tabla 7

Costos de fabricación e instalación de trampas artesanales

Costo de instalación de tratamientos						
Descripción	Cantidad	Costo	T1	T2	T3	T4
Vinagre de manzana 500 ml (\$1.10)	250 ml	\$0,55	\$0,55	--	--	--
Vinagre blanco 500 mL (\$0.90)	250 ml	\$0,45	--	\$0,45	--	--
Vinagre de guineo 1 litro (\$2.00)	250 ml	\$0,50	--	--	\$0,50	--
Aguardiente de caña 1 litro (\$2.00)	750 ml	\$1,50	\$0,50	\$0,50	\$0,50	--
Etanol comercial 1 litro (\$3.70)	500 ml	\$1,85	--	--	--	\$1,85
Café tostado y molido 1 kilogramo (\$5.50)	200 gr	\$1,10	\$0,28	\$0,28	\$0,28	\$0,28
Otros materiales		\$13,00	\$3,25	\$3,25	\$3,25	\$3,25
Jornal	1	\$15,00	\$3,75	\$3,75	\$3,75	\$3,75
COSTO POR TRATAMIENTO PARA 5 TRAMPAS			\$8,33	\$8,23	\$8,28	\$9,13
COSTO INDIVIDUAL POR TRAMPA			\$1,67	\$1,65	\$1,66	\$1,83

Nota: La tabla detalla el precio de los insumos y materiales empleados en la fabricación e instalación de cada tratamiento a evaluar.

Estas trampas se presentan como una alternativa de bajo costo, para usar en los programas de manejo integrado de broca en el café.

Conclusiones

La incidencia de broca en la localidad “Vicente Rocafuerte” fue del 8%, lo que supera el umbral económico, por lo que se debe realizar evaluaciones periódicas.

La evaluación de diferentes atrayentes en trampas artesanales resultó ser efectiva para la captura de broca del café, el T4 (etanol comercial + café) se muestra como el mejor tratamiento para la captura de broca con un promedio de 40,5 brocas/semana, seguido del T1 (aguardiente + vinagre de manzana + café) con 15,9 brocas/semana, figurando como segunda opción viable al momento de decidir sobre un tratamiento a instalar para la captura de broca en esta localidad.

El análisis económico indica que el tratamiento que genera menor costo de instalación es el T2 (\$ 1,65), siendo este el valor de cada trampa

Recomendaciones

Difundir entre los caficultores el uso oportuno de las trampas artesanales para el control de broca, es económico y puede ser parte del manejo integrado de plagas en el cultivo del café.

Realizar esta misma evaluación de atrayentes, en época seca, con el fin de conseguir una visión más amplia de la efectividad de los atrayentes.

Validar los resultados del ensayo en varias localidades y al menos por dos años, con la finalidad de consolidar información técnica.

Bibliografía

- Acuña, P., & Betanco, W. (2007). *Evaluación de la incidencia natural de Beauveria bassiana (Bals) Vuill, sobre Hypothenemus hampei (Ferrari) y leucoptera coffeella (Guerin-meneville) en el cultivo de café en dos zonas cafetaleras de Nicaragua*. Universidad Nacional Agraria. doi:<https://repositorio.una.edu.ni/2015/>
- Agramont, R., Cuba, N., Beltrán, J. L., Almanza, J. C., & Murguía, M. L. (2010). Trampas artesanales con atrayentes alcohólicos una alternativa para el monitoreo y control de la broca del café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari 1867). *Revista de la Sociedad de Investigación de Selva Andina*, 3-4.
- Ahmed, S., Brinkley, S., Smith, E., Sela, A., Theisen, M., Thibodeau, C., . . . Cash, S. (2021). Climate Change and Coffee Quality: Systematic Review on the Effects of Environmental and Management Variation on Secondary Metabolites and Sensory Attributes of *Coffea arabica* and *Coffea canephora*. *Frontiers Plants Science*, <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.708013>.
- Andersson, M., & Newcomb, R. (2017). Pest Control Compounds Targeting Insect Chemoreceptors: Another Silent Spring? *Front. Ecol. Evol.*, <https://doi.org/10.3389/fevo.2017.00005>.
- Bustillo, A. (2006). Una revisión sobre la broca del café, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), en Colombia. *Revista Colombiana de Entomología*, 32(2). pp: 101-116.
- Canet, G., Soto, C., Ocampo, P., Rivera, J., Navarro, A., Guatemala, G., & Villanueva, S. (2016). *Repositorio IICA*. Obtenido de <http://repositorio.iica.int/bitstream/11324/2792/1/BVE17048805e.pdf>.
- Cárdenas, M. R. (2000). Trampas y atrayentes para monitoreo de poblaciones de broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae). *XIX Simposio Latinoamericano de Caficultura*, (págs. 369- 379). San José, Costa Rica.

- CEFA. (2021). *Guía de instalación de trampas para el control de la broca del café*.
<http://cefaecuador.org/wp-content/uploads/2021/02/22-feb-GuiaInstalacionTrampasControlBroca.pdf>.
- Cisneros, F. (5 de Junio de 2022). *HortiNTL*. Obtenido de
<https://hortintl.cals.ncsu.edu/sites/default/files/articles/control-etologico-de-plagas.pdf>
- Cricyt. (2017). *Cricyt*. Recuperado el 2018, de
<http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/terminos/Organofosf.htm>
- Damon, A. (2000). A review of the biology and control of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). *Bulletin of Entomological Research* 90, 453-465.
- Donato, J., Lucio, A., & Cruz, T. (2018). Evaluación de la eficacia de tres tipos de trampas artesanales para la captura de hembras adultas de la broca del café (*Hypothenemus hampei*), en la zona agroecológica de Caluma. *Revista de Investigación Talentos*, ISSN: 2631-2476.
- Dufour, B., & Frérot, B. (2008). Optimization of temporary coffee berry, *Hypothenemus hampei* Ferrari (Coleoptera: Scolytidae), mass trapping with an attractant mixture . *J. Appl. Entomol.*, 132. pp: 591-600.
- federaciondecafeteros. (2019). *Separata Técnica*. Obtenido de
<https://federaciondecafeteros.org/static/files/SEPARATAROYA.pdf>
- Gordón, R., & Camargo, I. (2015). SELECCIÓN DE ESTADÍSTICOS PARA LA ESTIMACIÓN DE LA PRECISIÓN EXPERIMENTAL EN ENSAYOS DE MAIZ. *Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP)*.
- Hernández, E. F., Soto, F. P., & Montoya, L. G. (2018). Mercado de café a nivel mundial. En E. F. Hernández, F. P. Soto, & L. G. Montoya, *La producción y el consumo del café* (pág. 22). España: ECORFAN.
- IICA. (2019). *Manual de producción sostenible del café* . IICA.
 doi:<https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/8726/BVE20037756e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- INEC. (2021). *Superficie, según producción y ventas de café (Grano Oro) por Región y Provincia*. ESPAC.
- Infante, F. (2018). Estrategias de manejo de plagas contra la broca del café (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *Agricultural and Food Chemistry*, 5275-5280.
<https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b04875>.
- Jaramillo, J., Torto, B., Mwenda, D., Troeger, A., Borgemeister, C., Pochling, H., & Francke, W. (2013). Temporary coffee berries joins bar beets in klatch coffee. *J. Plos ONE*, 8(9). pp: 1-15.
- Judd, G., Knight, A., & El-Sayed, A. (2017). Trapping *Pandemis limitata* (Lepidoptera: Tortricidae) moths with mixtures of acetic acid, caterpillar-induced apple-leaf volatiles, and sex pheromone. *The Canadian Entomologist*, 149(6), 813-822.
doi:10.4039/tce.2017.38.
- Krishnan, S. (2017). Sustainable Coffee Production. *Environmental Science*,
<https://doi.org/10.1093/acrefore/9780199389414.013.224>.
- La Hora. (18 de Junio de 2021). Alta productividad de café en Santo Domingo. *La Hora*, págs.
<https://ocaru.org.ec/2021/06/18/alta-productividad-de-cafe-en-santo-domingo/#:~:text=En%20Santo%20Domingo%20se%20produce,calidad%20con%20catadores%20del%20pa%C3%ADs>.
- Leiva, S., Oliva, M., Rubio, K., Maicelo, J., & Milla, 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): e8537 • <https://doi.org/10.25100/socolen.v45i2.8537>.
- Lezaun, J. (2016). Broca del café, el enemigo principal de los cafetales. *CropLife Latin America*, 3-4.
- Madden, A., Epps, M., Fukami, T., Irwin, R., Sheppard, J., Sorger, M., & Dunn, R. (2018). The ecology of insect–yeast relationships and its relevance to human industry. *Proc. Biol. Sci.*, 28; 285(1875): 20172733. doi: 10.1098/rspb.2017.2733.

- MAG. (2016). *Ministerio de Agricultura y Ganadería*. Obtenido de <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/situacionales-de-cultivo-2016>
- Montes, C., Armando, O., & Amilcar, R. (2012). INFESTACIÓN E INCIDENCIA DE BROCA, ROYA Y MANCHA DE HIERRO EN CULTIVO DE CAFÉ DEL DEPARTAMENTO DEL CAUCA. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 98 - 108.
- Moreno, D., Álvarez, A., Vázquez, 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(39). pp: 177-180.
- Muñoz, J. A., Benavides, C. A., Lagos, T. C., & Criollo, C. P. (2021). Manejo agronómico sobre el rendimiento y la calidad de café (*Coffea arabica*) variedad Castillo en Nariño, Colombia. *Agronomía Mesoamericana*, 754.
- Pozo, M. A. (Enero de 2014). *Análisis de los factores que inciden en la producción de café en el Ecuador 2000 – 2011*. Obtenido de <http://repositorio.puce.edu.ec/>: <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/6848/7.36.001425.pdf;sequence=4>
- PROMECAFÉ. (2008). *Manejo integrado de la broca de café diseñado con tres componentes*. Obtenido de AGRITOP: <https://agritop.cirad.fr/543114/1/Manejo%20Integrado%20de%20la%20Broca-Promecafe.pdf>
- Quispe, R., Loza, M., Marza, F., Gutiérrez, 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. *SciELO*.
- Ramírez, R. (2009). La broca del café en Líbano. Impacto socioproductivo y cultural en los años 90. *Revista de Estudios Sociales*, 32. pp: 158-170.
- Rodríguez, C. (13 de Enero de 2022). *2021 un buen año para el café ecuatoriano, se espera más apoyo en el 2022 para áreas de siembra*. Obtenido de <https://elproductor.com/2022/01/2021-un-buen-ano-para-el-cafe-ecuatoriano-se-esperamas-apoyo-en-el-2022-para-areas-de-siembra/>

- Rodriguez, R., & otros, y. (2018). Nuevas cochinillas (Hemiptera: Pseudococcidae) y plantas hospedantes para la provincia de Sancti Spiritus, Cuba / Nuevos pseudococcidos (Hemiptera: Pseudococcidae) y sus hospedantes para la provincia de Sancti Spiritus, Cuba. *Revista Colombiana de Entomología*, 193-196.
- Rostaman, B. (2020). Response of Coffee Berry Borer (*Hypothenemus hampei*) to alcohol-based attractants on Coffee Crops in Banjarnegara, Indonesia. *Advances in Biological Sciences Research*, pp. 25-28.
- SAGARPA. (2022). *Senasica*. Obtenido de <http://www.cesavep.org/descargas/BDC/FichaTecnicaBroca.pdf>
- Sanchez-Otero, J. (2006). *Introducción al diseño experimental*. Quito: INGELSI Inc. .
- Solórzano, J. (2004). *Color, tipo de trampa y tipo de señuelo para la captura de la broca del café (Hypothenemus hampei) Ferrari (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) en Costa Rica*. Colegio de Postgraduados Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas.
- Uribe, C. (2015). *El manejo integrado de la broca del café*. Obtenido de <https://federaciondecafeteros.org/wp/blog/el-manejo-integrado-de-la-broca-del-cafe/>
- Zanardi, O., Volpe, H., Luvizotto, R., Magnani, R., Gonzalez, F., Calvo, C., . . . Leal, W. (2019). Laboratory and field evaluation of acetic acid-based lures for male Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri*. *Scientific Reports*, doi: 10.1038/s41598-019-49469-3.