



UNIVERSIDAD AUTONOMA CHAPINGO

PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA
MAESTRÍA EN PROTECCIÓN VEGETAL

**ESTRATEGIA DE MANEJO DE LA BROCA DEL CAFÉ
(*Hypothenemus hampei*, FERRARI) (COLEOPTERA:
CURCULIONIDAE) CON ATRAYENTES, EN EL MUNICIPIO
COATEPEC, VERACRUZ.**

**Que como requisito parcial para obtener el grado de:
Maestro en Ciencias en Protección Vegetal**

Presenta:

Iliana Santiago Hernández

Bajo la supervisión de

Dr. Marcelo Acosta Ramos



APROBADA



Chapingo, Estado de México, enero de 2021.

ESTRATEGIA DE MANEJO DE LA BROCA DEL CAFÉ (*Hypothenemus hampei*, FERRARI) (COLEÓPTERA: CURCULIONIDAE) CON ATRAYENTES, EN EL MUNICIPIO COATEPEC, VERACRUZ.

Tesis realizada por **ILIANA SANTIAGO HERNÁNDEZ** bajo la supervisión del comité asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS DE PROTECCIÓN VEGETAL

DIRECTOR:  _____
Dr. Marcelo Acosta Ramos

CO-DIRECTOR:  _____
Dr. Alejandro Salinas Castro

ASESOR:  _____
Dr. Mateo Vargas Hernández

ASESOR:  _____
Dr. David Cibrián Tobar

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIAS	v
AGRADECIMIENTOS	vi
DATOS BIOGRÁFICOS	vii
ÍNDICE DE CUADROS	viii
ÍNDICE DE GRAFICAS	ix
INDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN GENERAL	1
GENERAL ABSTRACT	2
CAPITULO I	3
1 Introducción general.....	3
2 Hipótesis	5
3 Objetivo general	5
3.1 Objetivo Específico	5
CAPITULO II	6
4 Revisión de la literatura	6
4.1 Generalidades del café e Importancia.	6
4.2 La caficultura en México.....	6
4.2.1 situación actual de la caficultura en México.....	6
4.2.2 Café orgánico	6
4.3 Plagas del cafeto	8
4. 4 Broca de café (<i>H. hampei</i>).....	8
4.4.1 Origen.....	8
4.4.2 Descripción taxonómica	8
4.4.3 Características morfológicas.....	9
4.4.4 Ciclo biológico	10
4.4.5 Hospedantes	11
4.4.6 Daños ocasionados por la broca del café.....	11
4.4.6.1 Relación fenología y daño de la broca.....	11

4.5 Manejo integrado de plagas de plagas	12
4.5.1 Concepto del MIP	12
4.5.2 Etapas del MIP	13
4.5.2.1 Control Químico	13
4.5.2.2 Control biológico	14
4.5.2.3 Control cultural	14
4.5.2.4 Control etológico	15
4.6 Manejo de la broca del café	15
4.6.1 Manejo integrado de la broca del café (MIB)	15
4.6.2 Control etológico para la broca del café	15
5 Literatura citada	17
CAPITULO III	25
Resumen	25
6 Introducción	26
7 Materiales y métodos	27
8 Resultados	32
8.1 Segundo bioensayo	37
9 Discusión	38
10 Conclusiones	41
11 Bibliografía	42

DEDICATORIAS

A Dios

El creer que existe, me dio fortaleza y confianza de seguir mis sueños pensando que nunca estoy sola, que lo que me propongo lo lograré y ahora que he dado un paso más profesionalmente con mi dedicación y fe lo he logrado.

A Mis dos familias

La familia biológica por darme la libertad para realizar mis objetivos en la vida. La familia de corazón por estar siempre apoyándome en las buenas y en las malas, por estar siempre dándome la mano en cualquier momento.

AGRADECIMIENTOS

Al **Concejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)** por otorgarme la beca para el financiamiento de mis estudios y realización de la investigación de Maestría en los dos años de estancia en la Universidad Autónoma Chapingo.

A la **Universidad Autónoma Chapingo**, departamento de Parasitología Agrícola especial a la **Maestría de Protección Vegetal**, por haberme dado la oportunidad de continuar con mi formación académica.

A los **productores de café de La bella Esperanza y Las Lomas municipio de Coatepec Veracruz**. Por depositar su confianza y darme la oportunidad de realizar la investigación de campo en sus fincas cafetaleras parte importante de mi tesis.

Al **Maestro Antonio Segura Miranda** por su atención y apoyo en todo momento de los dos años de estancia en la Maestría,

Al **Dr. Marcelo Acosta Ramos** por la disponibilidad y dedicar tiempo en mi trayectoria de la Maestría, sus aportaciones a la investigación y la elaboración de la tesis.

Al **Dr. Alejandro Salinas Castro** por su disponibilidad y apoyo desde llegar a la Maestría estancia, y la realización de la investigación también por la aportación de su conocimiento en la realización de la investigación en campo.

Al **Dr. Mateo Vargas Hernández** por su disponibilidad y dedicación en la realización de la investigación por sus consejos académicos.

Al **Dr. David Cibrián Tovar** por su apoyo, disponibilidad en la realización de la investigación y la tesis.

A la **Sra. Maribel Espejel Cervantes** por su amable atención y disponibilidad de tiempo para los trámites necesarios para lograr esta meta y su amistad.

Al **Ing. Uriel Jovanni Solano Sánchez**. por su gran apoyo en el trabajo de campo, para el monitoreo de broca del café en las fincas de la Bella Esperanza.

A mis compañeros de la **Maestría en Protección Vegetal**, pero sobre todo a **María Diana Botello Castillo, Ivon García García y José Eduardo Negrete Herrera** por sus aportaciones a esta investigación.

DATOS BIOGRÁFICOS

Datos personales

Nombre: Iliana Santiago Hernández

Fecha de nacimiento: 08 de julio de 1980

Lugar de nacimiento: Hidalgotitlán Veracruz

CURP: SAHI800708MVZNR09

Profesión: Ing. Agrónomo

Cedula: 6338645.



Desarrollo académico

Centro preparatorio Antonio María de Rivera (2002-2005) en Xalapa Veracruz.

Licenciatura en Ingeniero Agrónomo general de la Universidad Veracruzana
Campus Xalapa.

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Tratamientos utilizados en el experimento y proporciones para los atrayentes.....	29
Cuadro 2. tratamientos probados en la segunda etapa de la investigación.....	31
Cuadro 3. Análisis de Varianza de captura de hembras adultas de <i>H. hampei</i> de agosto 2019 a agosto 2020, con 24 muestreo en la Bella Esperanza, Coatepec Ver. México.....	32
Cuadro 4. Medias de los tratamientos de la captura de la broca del café (<i>H. hampei</i>) utilizados en la investigación.....	32
Cuadro 5. Resultados del Análisis de Varianza para la captura de hembras adultas de la broca del café (<i>H. hampei</i>) de agosto 2020 a noviembre 2020 con 5 muestreos, de la segunda etapa.....	37
Cuadro 6. resultados de la captura de broca del café en cuatro tratamientos, en el segundo bioensayo.....	37

ÍNDICE DE GRAFICAS

Grafica 1. Promedio total de capturas de broca del café (<i>H. hampei</i>) por tratamiento.....	33
Grafica 2. Fluctuación poblacional de <i>H. hampei</i> de 24 muestreos con un intervalo de 15 días cada muestreo.....	34
Grafica 3. Relación entre número de individuos (<i>H. hampei</i>) capturados y las Temperaturas máximas y mínimas en fechas de muestreos.....	35
Grafica 4. Correlación entre la Humedad Relativa y la fluctuación poblacional de brocas de café (<i>H. hampei</i>) y fecha de muestreo.....	35
Grafica 5. Promedio de brocas capturadas por muestreos con relación a la Precipitación.....	36
Grafica 6. Diferencias de costos entre atrayente convencional (Metanol + etanol) y el propuesto (Vinagre Blanco + Etanol).....	36
Grafica 7. Promedio de brocas del café (<i>H. hampei</i>) capturadas por tratamiento con un intervalo de confianza del 95%.....	38

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Variedades de cafeto que se utilizaron en la investigación son A) garnica B) colombia C) gueisha	28
Figura 2. Diseño de trampa utilizada en el experimento.	29
Figura 3. fuente: google earth pro. Distribución de trampas en la finca de café en La Bella Esperanza Mpio. de Coatepec Veracruz México.	30
Figura 4. Fuente: google Earth. Diseño del segundo bioensayo y distribución de las trampas.	31

RESUMEN GENERAL

Estrategia de manejo de la broca del café (*Hypothenemus hampei*, Ferrari) (Coleóptero: Curculionidae) con atrayentes en el Municipio Coatepec, Veracruz.

La producción de café (*Coffea arabica*) tiene importancia económica, social y ecológica en la región de Coatepec Ver. La broca de café (*Hypothenemus hampei*) es un insecto plaga cosmopolita que puede causar pérdidas hasta de un 80% de la producción de café en peso seco, como daño indirecto propicia la presencia de hongos en los granos barrenados que le dan un mal sabor al café molido. El estudio tuvo como objetivo general buscar alternativas sustentables para el manejo del insecto. Se evaluó la respuesta de la broca del café a los tratamientos: Vinagre blanco + etanol y Vinagre de Manzana + Etanol a dos concentraciones (1:1 y 3:1), Etanol al 96° como un testigo, y como referente, el usado tradicionalmente Metanol + Etanol (3:1), en fincas cafetaleras infestadas de (*H. hampei*). Se realizaron 24 muestreos con un intervalo de 15 días entre muestreos, a los datos obtenidos se les hizo un análisis de varianza, se encontró que el Vinagre Blanco + Etanol a una concentración (1:1) tuvo el mayor efecto para la captura de la broca con una media de 26 individuos, le siguió la mezcla Vinagre blanco + Etanol, a una concentración (3:1) con media de 19.83, y Metanol + Etanol, tratamiento tradicional tuvo una media de 12.07. Las mezclas de Vinagre de manzana + Etanol en concentraciones (1:1 y 3:1) para este experimento no mostraron una respuesta significativa. Por otro lado, el etanol al 96° usado como testigo tuvo una media de 2 especímenes que fue el resultado más bajo comparado con los otros tratamientos.

Palabra clave: Café, *Hypothenemus hampei*, atrayente, plaga.

GENERAL ABSTRACT

Management strategy for the coffee borer (*Hypothenemus hampei*, ferrari) (coleoptera: curculionidae) with attractants in the municipality of Coatepec, Veracruz.

The production of coffee (*Coffea arabica*) has economic, social and ecological importance in the region of Coatepec Ver. The coffee borer (*Hypotenemus hampei*) is a cosmopolitan pest insect that can cause losses of up to 80% of coffee production in dry weight, as indirect damage causes the presence of fungi in the drilled beans that give a bad taste to ground coffee. The general objective of the study was to search for sustainable alternatives for the management of the insect. The response of the coffee berry borer to the treatments was evaluated: White Vinegar + ethanol and Apple Vinegar + Ethanol at two concentrations (1: 1 and 3: 1), Ethanol at 96 ° as a control, and as a reference, the one used traditionally Methanol + Ethanol (3: 1), in coffee farms infested with (*H. hampei*). 24 samplings were carried out with an interval of 15 days between samplings, an analysis of variance was made to the obtained data, it was found that White Vinegar + Ethanol in concentration (1: 1) had a greater effect for the capture of CBB With an average of 26 individuals, it was followed by the mixture White Vinegar + Ethanol, in concentration (3: 1) with an average of 19.83, and Methanol + Ethanol, traditional treatment had an average of 12.07. The apple cider vinegar + ethanol mixtures in concentrations (1: 1 and 3: 1) for this experiment did not show a significant response. On the other hand, the 96 ° ethanol used as a control had a mean of 2 specimens, which was the lowest result compared to the other treatments.

Keyword: Coffee, *Hypothenemus hampei*, attractant, pest.

CAPITULO I

1 Introducción general.

México ocupa el décimo primer lugar como país productor de café (USDA, 2019) y es uno de los principales países de producción de café orgánico (SADER, 2017). Este cultivo es considerado estratégico por la integración de cadenas productivas, generación de divisas y de empleo (Moguel y Toledo, 1999; Escamilla, 2007; Figueroa, 2015). El café representa el 0.66% del PIB agrícola en México y el 1.34% de la producción de bienes agroindustriales (SIAP, 2015). La producción nacional de café se encuentra distribuida en 15 estados; en donde Chiapas es el principal productor, aportando 41.0% del volumen nacional, seguido por Veracruz (24.0%) y Puebla (15.3%) (SIAP, 2015).

El cultivo de café (*Coffea arabica*) requiere de ciertos factores ambientales para su desarrollo por lo que un mal manejo puede propiciar la aparición de las plagas y enfermedades que reducen considerablemente la producción (Avelino et al., 2015), una de las plagas consideradas más importante a nivel mundial (Baker 1984; Barrera 1994), desde hace más de 40 años es la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleóptera: Curculionidae) que puede causar pérdidas hasta del 50% de la producción (Olvera et al., 2020). El CESAVE en el 2018, consideró que de no implementar acciones de manejo en fincas cafetaleras veracruzanas podría ocasionar perdidas en la producción de 30% a 80% debido a que *H. hampei* se alimenta directamente de los frutos tiernos y maduros. Además, afecta la inocuidad de la bebida, así como cualidades físicas y organolépticas debido a la presencia de ocratoxinas (Camilo, Olivares, y Jiménez, 2003). Se ha estimado que la broca causa pérdidas por US \$ 500 millones al año en el mundo (Vega, Infante y Johnson, 2015).

Para un manejo eficiente de la broca del café, es necesario conocer a fondo los factores que componen el ecosistema cafetalero y sus interacciones, así como

los hábitos del insecto (Bustillo, 2006). Diversas estrategias de control son utilizadas para contrarrestar este importante problema fitosanitario; sin embargo, el uso de plaguicidas no es recomendable dado su impacto ambiental (Barrera et al., 2006) y por la exigencia en los mercados de alimentos certificados libres de plaguicidas.

Desde hace años, se ha utilizado el uso de trampas con atrayentes para el manejo de diversas plagas insectiles y la broca del café no es la excepción, se descubrió que con la mezcla de metanol y etanol, se obtuvieron excelentes resultados para el control de esta plaga, sin embargo, para sistemas de producción orgánica el metanol por su naturaleza química y su toxicidad para la salud humana, su uso no está permitido por la norma oficial NOM-037-FITO-1995, por la que se establecen las especificaciones del proceso de producción y procesamiento de productos agrícolas orgánicos. Investigaciones han demostrado que con el control etológico se reduce la infestación de broca, y la eficacia es del 80 % aproximadamente (Hernández et al., 2007). Por lo anterior el objetivo de esta investigación fue evaluar tratamientos utilizando atrayentes con mezcla de vinagre de manzana y etanol; vinagre blanco y etanol, en diferentes concentraciones y la respuesta de la broca del café a éstos. Es importante mencionar que el resultado obtenido en dicha investigación es una alternativa importante para los productores con cafetales de producción orgánica, por su efectividad en el manejo de la broca del café, ya que además de reducir las poblaciones de dicho insecto también se reducen costos de producción.

2 Hipótesis

El uso de trampas artesanales con atrayentes a base de mezclas de etanol y vinagres es una alternativa eficaz para la captura de la broca del café (*Hypothenemus hampei*) en las fincas de La Bella Esperanza, Municipio de Coatepec, Veracruz.

3 Objetivo general

Determinar la efectividad de diferentes atrayentes en trampas artesanales con base a vinagres y alcohol etílico para la captura de adultos de la broca del café (*H. hampei*) en cafetales de la Bella Esperanza del Municipio Coatepec, Veracruz.

3.1 Objetivo Específico

- Evaluar la eficiencia de captura de *H. hampei*, (Ferrari) usando los atrayentes a base de vinagres combinados con alcohol etílico.
- Estimar la relación costo-beneficio de estos atrayentes que son a base de vinagres y alcohol etílico para control de la broca del café.

CAPITULO II

4 Revisión de la literatura

4.1 Generalidades del café e Importancia.

El cafeto es originario de Etiopía, África y pertenece a la familia Rubiácea, esta familia está conformada por 400 géneros y 5000 especies (ICAFFE, 1998) el género más importante es *Coffea* (Montoya, et al., 2006) donde provienen las especies *Coffea arabica* y *Coffea canephora* especies más estudiadas y de mayor importancia económica en el mundo (López, et al., 2013). Actualmente el grano de café junto con el petróleo y el algodón son los productos “commodities” de mayor valor comercial en el mundo, el café es el segundo producto legal más comercializado después del petróleo (Pendergrast, 2002).

4.2 La caficultura en México

4.2.1 situación actual de la caficultura en México

En México la caficultura es una actividad estratégica gracias a la integración de cadenas productivas, la generación de divisas, empleos, y es el modo de subsistencia de muchos productores de bajos ingresos (Moguel y Toledo, 1999). Actualmente los cafetales tienen relevancia ecológica, más del 95% de la superficie cultivada está integrada en el sistema bajo sombra diversificada, contribuye a la conservación de la biodiversidad y provee servicios ambientales (Giovannucci y Juárez, 2006). En 2017 México se colocó en el décimo primer productor de café a nivel mundial, con 1.6 por ciento de la producción global, alrededor del 62 por ciento del volumen exportado tuvo como destino Estados Unidos. El aromático mexicano se exporta a 45 países de los cinco continentes, Estados Unidos, Bélgica, España y Alemania son los principales clientes (SADER, 2017).

4.2.2 Café orgánico

A pesar de la crisis que sufre la caficultura mexicana con la caída del 71 % de la producción en siete años y el desplome de las exportaciones, así como el aumento de las importaciones (SIAP, 2018), el esquema del cultivo de café orgánico cumple con los requisitos de producción sustentable y representa una alternativa viable para mejorar las condiciones de producción de los pequeños

productores cafetaleros de México, especialmente de los productores indígenas, los cuales representan la mayoría de la población que depende del cultivo y recolección del café.

En México, se cumplen una serie de factores que favorecen el desarrollo del cultivo de café orgánico, algunos de ellos son: presencia de prácticas de agricultura tradicional, asociada a una importante presencia de tradiciones indígenas, mínimo uso de agroquímicos por la mayoría de los productores; fuerte arraigo de formas de organización tradicional, abundante mano de obra, la producción del café mexicano es “bajo sombra”, las hace importantes generadoras de oxígeno; presencia importante de organizaciones no gubernamentales, principalmente europeas, promotoras de la justicia social, que mantienen a los productores indígenas en contacto con mercados selectos para su producto, existen certificadoras de productos orgánicos de carácter internacional (Nájera, 2002).

La producción de café orgánico se ha desarrollado en el marco de la agricultura sustentable, partiendo del principio de "satisfacer las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras, de responder a sus propias necesidades". Los principales productores orgánicos son en su mayoría grupos muy bien organizados, muchos de ellos en comunidades indígenas, ubicadas principalmente en los estados de Chiapas, Oaxaca, Veracruz y Puebla, que exportan directamente a mercados de especialidad y reciben ingresos significativos. Los principales destinos del café orgánico son Estados Unidos, Alemania, Holanda, Suiza, Japón, Italia, Dinamarca, España, Francia, Australia, Inglaterra y Bélgica convirtiéndose en el principal exportador mundial enviando más de 28 mil toneladas cada año (SIAP, 2018). El cultivo orgánico en México se ha desarrollado con éxito, impulsado por las propias organizaciones de productores; sin embargo, este dinámico sector enfrenta diversos problemas que requieren apoyo científico y técnico. Las necesidades de investigación y desarrollo del sector cafetalero orgánico son diversas; entre las más importantes están el incremento de los rendimientos, la reducción en los costos de

producción, y el mejoramiento de la calidad del grano y la bebida, factores asociados con el proceso de producción, beneficiado y comercialización (CEDRSSA, 2018).

4.3 Plagas del cafeto

El cultivo del cafeto es atacado por varios cientos de insectos alrededor del mundo, sin embargo, son pocas las que causan pérdidas económicas considerables (Barrera, 2008). Las plagas más importantes del cafeto son: la broca del café [*H. hampei* (Ferrari)], el minador de la hoja (*Leucoptera coffeella* Guerin-Meneville 1842) (Green, 1984). Y el barrenador del tallo y ramas (*Plagiohammus colombiensis*), sin embargo, en esta investigación se enfocó en la broca del cafeto por su grado de importancia.

4. 4 Broca de café (*H. hampei*)

4.4.1 Origen

La broca del café *H. hampei* (Ferrari), es el insecto plaga más importante que afecta la producción de café en todos los países productores causa pérdidas cuantiosas (Bustillo, 2006). Es originario de África (Hamilton et al., 2019). Descubierta por Ferrari en 1897 en los frutos de café, clasificado como insecto plaga en 1901 en el Congo Belga y se introdujo al continente americano en 1913, a Brasil en semillas importadas de África y Java (Bustillo, 2002). En 1924 fueron registrados los primeros ataques de la broca en Brasil (Reis Y Souza, 1986).

En México se detectó por primera vez en 1978, en el ejido de Mixcum de Cacahoatan, Chiapas, posteriormente se distribuyó a los estados de Oaxaca, Guerrero, Veracruz, Puebla, Hidalgo, Nayarit San Luis Potosí, Querétaro, Jalisco, Colima y Tabasco (Barrera, 2005; Ramírez et al., 2007).

4.4.2 Descripción taxonómica

Nombre: *Hypothenemus hampei*, Autoridad: (Ferrari), Clase Insecta, Orden Coleópteros, Familia Curculionidae, Subfamilia Scolytinae
Genero *Hypotenemus*, Especie *hampei*. Datos tomados de la EPPO 2020.

4.4.3 Características morfológicas

La larva. En el primer instar, larva presenta un tamaño longitudinal de 0.63 ± 0.014 mm y un diámetro de 0.26 ± 0.005 mm y la larva de segundo instar, muestra un tamaño promedio de 1.39 ± 0.014 mm de largo y un ancho, a nivel de la región abdominal, de 0.56 ± 0.002 mm, en promedio. La larva de *H. hampei* es típica de Curculionidae, eucefala, hipognata y ápoda, adaptada a la vida en el interior de tejidos vegetales, en nuestro caso, granos verdes y maduros de especies vegetales del género *Coffea*. El cuerpo de la larva es blando y de textura suave, de color blanco crema, ápoda, vermiforme y cubierta por setas erguidas el sistema traqueal es peripneustico con un par de espiráculos tipo anular biforo, el aparato bucal es muy desarrollado esclerotizado. Las mandíbulas son estructuras esclerotizadas, articuladas dorsalmente, situadas en la región anterior de la cabeza y de forma triangular, posee tres dientes incisivos y un molar amplio. Las setas tergaes medio dorsales, se encuentran sobre la línea media dorsal. La región medio ventral, se observa separada por cinco pares de setas latero-externales. El noveno segmento muestra tres pares de setas latero-externales y tergaes (Fernández, 2007).

La pupa. Lisa de color blanco mientras avanza su desarrollo toma un color castaño antes de emerger a adulto. La pupa es de tipo exarata, el cual facilita observar los apéndices, como patas, élitros y alas, que se tornan de color oscuro a medida que la pupa madura y esto facilita el reconocimiento de los ojos compuestos, en esta etapa se observa el dimorfismo sexual que básicamente está relacionado con su tamaño, la pupa de los machos es más pequeña que la de las hembras (Fernández, 2007).

Adulto. Recién emergido adquiere un color de café claro a color oscuro casi negro. Tienen su cabeza en forma globular escondida dentro del protórax, los ojos son planos, la sutura media frontal de la cabeza es larga y bien definida. El protórax en su margen delantero tiene de 4 a 7 dientes o espinas, los élitros presentan cavidades deprimidas, longitudinales; están cubiertos de setas cortas y planas que crecen hacia atrás. El macho mide 1.18 mm de largo, y no puede volar debido a que sus alas membranosas se encuentran atrofiadas (Reis y de

Souza, 1986). Las hembras miden de 1.4 a 1.8 mm de largo y 0.8 de ancho los machos son más pequeños, miden de 1.2 a 0.6 mm. Los machos son ápteros mientras que las hembras pueden volar distancias cortas. Las hembras tienen el margen frontal del pronoto con cuatro, o a veces seis dientes (quetas erectas). La sutura mediana frontal de la cabeza es grande y bien definida. *H. hampei* (Decazy, 1987).

4.4.4 Ciclo biológico

Generalmente un fruto es colonizado por una hembra, la cual inicia la ovoposición tres días después de penetrar en el fruto, ovoposita de dos a tres huevos diarios durante los primeros 20 días.

Una vez que la hembra inicia la ovoposición permanece en el fruto del café hasta su muerte (Bustillo 2006). La incubación del huevo dura de seis a siete días, la larva 15 días para los machos y 19 para las hembras; la prepupa dura dos días y la pupa de cuatro a seis días, si la temperatura se mantiene entre 24°C, se estima que de huevo a la emergencia ocurre en un tiempo de 27 días (Bustillo, 2002). sin embargo, el tiempo que tarda en iniciarse otra generación son 45 días a una temperatura promedio de 22°C, y 60 días para una temperatura de 19°C (Bustillo, 2006). La proporción de machos y hembras varía, se ha encontrado que es de 10 a 1, acentuando así la endogamia, este insecto presenta haplodiploidia funcional lo que ha propiciado que las poblaciones de la broca muestren muy baja variabilidad genética (Benavides, 2007). Las hembras heredan solo genes de la madre y por lo tanto podrían considerarse clones (Benavides, 2005). Una planta generalmente alberga más de tres generaciones; se cree que podrían llegar a ocho generaciones al año, pero sólo en casos excepcionales pasarían de las cinco en este período. se pueden encontrar de 12 a 20 individuos Por fruto (Camilo et al., 2003).

Algunos estudios demuestran que la humedad relativa juega un papel importante en la sobrevivencia de los adultos y estados inmaduros, ya que humedades inferiores al 50% pueden aumentar la mortalidad del insecto, de igual manera afecta la emergencia de las brocas adultas en búsqueda de frutos para colonizar,

debido a que solo abandonan los frutos ante altas humedades (Baker et al., 1994). A bajas humedades ocurre alta mortalidad y la máxima fecundidad se encontró entre 90% y 93.5% de H.R. La emergencia de la broca de frutos infestados se incrementa a humedades altas entre 90 - 100% H.R. y es muy baja a temperaturas inferiores a 20°C (90-100% H.R.) y se incrementa considerablemente entre 20- 25°C (Baker et al., 1992).

4.4.5 Hospedantes

La broca del cafeto se desarrolla y reproduce principalmente en los granos de varias especies del género *Coffea* como *C. arabica* L. y *C. canephora* Pierre ex Froehner, las dos especies con mayor importancia económica en el mundo (Barrera, 1994).

4.4.6 Daños ocasionados por la broca del café

4.4.6.1 Relación fenología y daño de la broca

La floración del café inicia después de las lluvias que siguen a un periodo de déficit hídrico (López 1990). Según López y colaboradores, en 2013 reportaron que la broca afecta desde la semana 10 a la 15 después de la floración; el conocer las etapas fenológicas y el comportamiento de la broca es importante para hacer predicciones y sobre el tiempo de ocurrencia de la cosecha, sus picos y los momentos críticos de posible ataque de la broca (Bustillo, 2002) y realizar un buen manejo integrado de la broca.

Síntomas. Los frutos verdes, maduros y secos son atacados por la broca, presentan generalmente un agujero en su parte apical en el caso del café, el agujero coincide con el centro o anillo del ostiolo del fruto. A través del agujero se puede observar la emisión de un aserrín o polvo oscuro, el cual es más notorio en café robusta; entre más numerosa es la población de la broca en un fruto, más oscuro es este polvillo (SENASICA, 2016).

Pérdidas. La broca del fruto del cafeto *H. hampei*, es la plaga de mayor importancia económica en el cultivo del café porque ataca directamente al fruto y los granos (Barrera, 1994). Puede provocar pérdidas considerables y afectar la calidad del producto final. La broca tiene la capacidad de reducir la cosecha en

más de un 50% al disminuir la conversión de café uva a pergamino. Disminuye las cualidades físicas y organolépticas del grano y afecta la inocuidad de la bebida debido a la presencia de ochratoxinas (Camilo et al., 2003).

El rendimiento es afectado de varias formas: Por la pudrición de los granos perforados, caída de frutos jóvenes, pérdida de peso que sufre el grano consumido por el insecto (Vega y Mercadier, 1998). Se ha estimado que la broca causa pérdidas por US \$500 millones al año en todo el mundo (vega, 2015).

En el 2004, la Organización Mundial de Comercio propuso como niveles máximos de ochratoxinas (OTA) en el café tostado y molido de 5 µg/kg, y en café soluble de 10µg/kg, razón por la cual la presencia de OTA en el café constituye un problema para su comercio (Dikovskiy, 2008).

4.5 Manejo integrado de plagas de plagas

4.5.1 Concepto del MIP

El Manejo Integrado de Plagas (MIP) es un concepto amplio que se refiere a un sistema de manejo de poblaciones plaga, que utiliza todas las técnicas adecuadas en una forma compatible, para reducir dichas poblaciones y mantenerlas por debajo de aquellos niveles capaces de causar daño económico (Smith y Reynolds, 1966). Actualmente, el MIP se reconoce como una alternativa viable y eficiente frente al uso desmedido de plaguicidas convencionales, a la vez que puede contribuir en el desarrollo de sistemas de producción sostenibles e innovadoras incluyendo la agricultura orgánica (López, 2013).

El MIP no tiene como objetivo eliminar las plagas, sino mantener las poblaciones para que no logren llegar a nivel de daño económico en los cultivos, es decir, esperando que estas alcancen el umbral económico para tomar la decisión de usar algún método de control, ya sea cultural, biológico o químico; de las reglas de decisión, ninguna ha tenido más éxito que las relacionadas con el concepto del nivel de daño económico (NDE) (Stern et al., 1959; Parsa et al., 2014; Owen et al. 2015; Lefebvre et al., 2015). Este concepto constituye la base de la mayoría de los programas de Manejo Integrado que se usan actualmente, con la ventaja de su simplicidad y aplicación práctica en la mayoría de las situaciones. El nivel

de daño económico se debe interpretar como la densidad poblacional de la plaga, en la cual el costo de la medida de control iguala al beneficio económico esperado, es decir, que la acción de control “salva” una parte del rendimiento, el cual se hubiera perdido si no se toma la decisión de hacer el control (CENGICAÑA, 2012).

4.5.2 Etapas del MIP

El MIP consta de cinco etapas, cada una con igual importancia; prevención, monitoreo, toma de decisiones, intervención y evaluación.

Prevención. La primera línea de defensa es seleccionar las variedades más apropiadas para las condiciones locales de cultivo y mantenerlas sanas, junto con cuarentenas y otras técnicas de cultivo tales como medidas sanitarias, destruir plantas viejas para prevenir la propagación de la plaga, una fertilización adecuada, control de malezas y buenas prácticas dentro del área de cultivo (Dreistdat y Flint, 1994).

Observación. El monitoreo de plagas lo definen “como la labor destinada a estimar la abundancia y distribución de las plagas y sus enemigos naturales en los cultivos a través de muestreos periódicos (Larral y Ripa, 2008). La base fundamental para tomar las decisiones más acertadas en el manejo de los cultivos se encuentra en el dominio de los conocimientos y la experiencia del agrónomo sobre la biología de las plagas y sus organismos controladores naturales, las etapas fenológicas de los cultivos, el comportamiento de las plagas y la influencia de los factores ambientales sobre el cultivo, así como el conocimiento de la forma en que interactúan estos factores en el sistema de producción agrícola (Baca, 2006).

Intervención. Etapa para aplicar un método de control de una plaga de acuerdo a los resultados observados (Estay, 2001).

4.5.2.1 Control Químico

El control químico es el uso de plaguicidas. En el MIP, los plaguicidas solo se usan cuando son necesarios y en combinación con otros métodos para el control

más efectivo y a largo plazo (CIAT, 2019). Los plaguicidas son seleccionados y aplicados minimizando el daño a personas y organismos no objetivo. Para el control de la broca del café no es recomendable como única medida (Bustillo, 2002). La aplicación de insecticidas se debe hacer cuando los niveles de infestación rebasen el 3% de frutos perforados como criterio de aplicación (Hernández, 2007). Un elemento clave para determinar el umbral económico, es el nivel de daño económico que se define como la cantidad mínima de infestación capaz de causar daño económico (Barrera, 2008).

4.5.2.2 Control biológico

En México los intentos por utilizar enemigos naturales contra la broca han sido escasos, se han utilizado los parasitoides betílidos *C. stephanoderis* y *P. nasuta* y el hongo *B. bassiana* y *M. anisopliae*. De éstos, por su facilidad de manejo y resultados de campo, *C. stephanoderis* y *B. bassiana* han sido los más utilizados. El parasitoide de adultos *Phymastichus coffea* ha sido recientemente introducido y está en evaluación. El uso de entomopatógenos para el control de la broca, en particular *B. bassiana*, ha tenido más desarrollo que el de los parasitoides. Su éxito ha radicado en su relativa facilidad de propagación, formulación y aplicación, así como en lograr importantes porcentajes de mortalidad en campo en tiempos relativamente cortos (SESAVE, 2020).

4.5.2.3 Control cultural

El control cultural consiste en la utilización de las prácticas agrícolas ordinarias, o algunas modificaciones de ellas, con el propósito de contribuir a la prevención de los ataques de las plagas, hacer un ambiente menos favorable para su desarrollo, disminuir las poblaciones y daños. La aplicación de prácticas culturales inadecuadas puede conducir al agravamiento de los problemas fitosanitarios. Al analizar la biología, manera de ataque y daño de la broca del café, se puede deducir que las labores agronómicas del cultivo, especialmente la cosecha, son claves para la reducción de las poblaciones (Bustillo, 2006).

4.5.2.4 Control etológico

La etología se refiere al estudio del comportamiento de los animales (insectos) con relación a su medio ambiente, por lo que el control etológico viene a ser el control de plagas aprovechando los estímulos que se relacionan al comportamiento y que sirven como atrayentes de los insectos, en general, el uso del control etológico incluye la utilización de cebos, atrayentes cromáticos (como por ejemplo ciertos colores que resultan atrayentes para algunas especies de insectos) y feromonas para ser utilizadas mediante el uso de trampas (Cañedo et al., 2011).

4.6 Manejo de la broca del café

4.6.1 Manejo integrado de la broca del café (MIB)

Para implementar un manejo para la broca del café y teniendo en cuenta las características bioecológicas que presenta; es importante contemplar las estrategias y tácticas disponibles para reducir eficientemente las poblaciones de dicho insecto (López, 2013). Una proporción de la población está dispersa en el aire, otra está refugiada en fincas abandonadas y la proporción más importante se encuentra refugiada dentro de frutos de café secos de la cosecha anterior y frutos en desarrollo (Baker, 1984; Bustillo, 2006)

La implementación de un programa MIB o uso combinado con diferentes medidas de control compatibles entre sí para reducir las poblaciones a niveles que no causen daño económico (Trejo y Fúnez, 2004). En el MIB, el productor debe enfocar el uso de medidas que tienen que ver con el control cultural, biológico, etológico e implementar prácticas agronómicas que dificulten la sobrevivencia de la broca (Bustillo, 2002).

4.6.2 Control etológico para la broca del café

Los usos de trampas etológicas realizan un control eficiente en la broca del café, ya que evitan que se reproduzcan, al atrapar las hembras quienes poseen la capacidad de volar (Vargas, 2016; Leyva, 2020). Se ha determinado que la composición de volátiles u olores emitidos por los frutos del cafeto está conformada por una gran variedad de compuestos químicos, entre ellos diversos

alcoholes como el etanol en todos los estados de maduración del fruto. Las cerezas sobre maduras tienen emisiones altas de volátiles y muestran una composición de ésteres, alcoholes, quetonas y aldehídos (Bustillo, 2006).

El comportamiento de atracción de la broca a los olores de ciertos alcoholes como el etanol y el metanol ha sido aprovechado para desarrollar la tecnología del trapeo de la broca o control etológico. Actualmente, este método es muy usado en los países productores de café de América (López, 2013). Se usan varios modelos o tipos de trampas artesanales hechas con envases desechables de plástico PET de refrescos embotellados, con un difusor que contiene una mezcla de los alcoholes etanol y metanol en partes iguales o una parte de etanol por tres de metanol (López, 2013). Las brocas son capturadas al entrar a la trampa y caer en el agua que se coloca en la base de la botella (SADER, 2017).

Como ventaja que tiene el método de trapeo es que puede combinarse con el control biológico, ya que no atrae ni captura parasitoides, no afecta el ambiente, es complemento del control manual porque permite capturar la broca y evita la presencia de residuos químicos en el grano (Hernández et al., 2007). El uso de trampas ha demostrado que reduce la infestación de broca, y la eficacia es del 80 % aproximadamente (Cruz et al., 2017). Existen diferentes diseños de trampas hechas de material artesanal que son eficaces y de bajos costos, (Barrera et al. 2008).

La trampa ECOIAPAR ha sido desarrollada y validada por El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) en cafetales de Chiapas desde 2002 (Barrera et al., 2003). La trampa ECOIAPAR con una ventana de 11 cm de ancho x 20 cm alto con perforaciones en el envase transparente para permitir el desagüe durante la época de lluvia. Trampa INIA, tiene una ventana rectangular de aproximadamente 8 cm de ancho y 4 cm de alto en la parte superior del envase transparente.

ETOTRAP fue evaluada por la Dirección General de Sanidad Vegetal (Valera Jardines et al., 2004) y es la trampa que se debe usar en México de acuerdo con el Apéndice Técnico-Operativo de la Campaña contra la Broca del Café (SAGARPA, 2007). Este modelo de trampa es construido de envases de PET con

capacidad de 2.5 L, a esta trampa se le abren tres orificios en la parte media de la botella y se coloca el difusor como atrayente en el interior, actualmente este modelo de trampa es utilizado para la campaña contra la broca del café por el CESSVER

5 Literatura citada

- Avelino, J., Cristancho, M., Georgiou, S., Imbach, P., Aguilar, L., Bornemann, G., Läderach, P., Anzueto, F., Hruska, A. J., y Morales, C. (2015). The coffee rust crises in Colombia and Central America (2008–2013): impacts, plausible causes and proposed solutions. *Food Security*, 7(2), 303-321. <https://doi.org/10.1007/s12571-015-0446-9?idiom=es>
- Baca, P. (2006). Herramientas para la toma de decisiones en el manejo de plagas en los cultivos. Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana. <http://hdl.handle.net/11036/4158>.
- Baker, P. S. (1984). Some aspects of the behavior of the coffee Berry borer in relation to its control in southern Mexico (coleóptera: scolytidae). *Folia entomológica mexicana* 61:9-24.
- Baker, P. S., Barrera, J. F. y RIVAS, A. (1992). Life history studies of the coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*, Scolytidae) on coffee trees in southern Mexico. *Journal of Applied Ecology* 29: 656-662.
- Baker, P. S., Rivas, A., Valbuena, R., y Ley, C. (1994). Factores de mortalidad abiótica del barrenador del café (*Hypothenemus hampei*). *Entomología Experimentalis et Applicata*, 201-209. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.1994.tb01787.x>.
- Barrera J. F. (1994). Dynamique des populations du scolyte des fruits du du cafeier, *Hypothenemus hampei* (coleóptera: scolytidae), et lutte biologique avec le parasitoide *Cephalonomia stephanoderis* (Hymenoptera: Bethyilidae) au Chiapas Mexique. These de doctorad. Universite Paul- Sabatier. Toulouse, France. 301p.

- Barrera, J. (2005). Investigación sobre la broca del café en México: logros, retos y perspectivas. In: Simposio sobre Situación Actual y Perspectivas de la Investigación y Manejo de la Broca del Café en Costa Rica, Cuba, Guatemala y México. Sociedad Mexicana de Entomología Colegio de la Frontera Sur. Tapachula, Chiapas, México. 1-13 pp.
- Barrera, J. F. (2006). Manejo holístico de plagas: hacia un nuevo paradigma de la protección fitosanitaria. p. 61-81.
- Barrera, J. F. (2008). Coffee pests and their management. P. 961-998. In: Capitanera, J. L. (ed.). Encyclopedia of Entomology. 2nd ed. Springer. Dordrecht, the Netherlands.
- Barrera, J., Villacorta, A., Herrera, J., Jarquín, R., y García, H., (2003). Proyecto de manejo integrado de plagas. Folleto técnico No. 8. El Colegio de la Frontera Sur ECOSUR. México. 8 p.
- Benavides, M. P. (2007). Aspectos genéticos de la broca del café. Barrera, J. F., Garcia, A., Domínguez, V. & Luna, C. (eds.). la broca del café en América Tropical: Hallazgos y enfoques. Sociedad Mexicana de entomología. El Colegio de la Frontera Sur de Tapachula Chis., Mexico. 101-110 p.
- Benavides, P.F., Vega E., Romero-Severson, J. Bustillo E.A., y Stuart, J.J. (2005). Biodiversity and biogeography of an important inbred pest of coffee, coffee Berry borer (coleóptera: curculionidae: Scolytinae). Annals of Entomological Society of America 98(3): 359-366.
- Bustillo, A. E. 2002. El manejo de cafetales y su relación con el control de la broca del café en Colombia. Cenicafé, Colombia. Boletín Técnico 24. <http://hdl.handle.net/11348/4012>
- Bustillo, P. A. E. (2006). "Una revisión sobre la broca del café, (*Hypothenemus hampei*) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), en Colombia." Revista Colombiana de Entomología, vol. 32, no. 2, p. 101. Gale Academic OneFile, Accessed 01 Dec. 2020.

- Camilo, J., F. Olivarez y H. Jiménez. 2003. Fenología y reproducción de la broca del café (*Hypothenemus hampei* Ferrari) durante el desarrollo del fruto. *Agronomía Mesoamericana* 14(1): 59 – 63.
- Cañedo, V., Alfaro, A., y Kroschel, J., (2011). Manejo integrado de plagas de insectos en hortalizas. Principios y referencias técnicas para la Sierra Central de Perú. Centro Internacional de la Papa (CIP), Lima, Perú; p. 48. https://www.researchgate.net/publication/262262604_Manejo_Integrado_de_plagas_de_insectos_en_hortalizas_Principios_y_referencias_tecnicas_para_la_Sierra_Central_de_Peru.
- CEDRSSA. (2018). propuesta para reactivar la producción y comercialización de café en México 2019-2024 (No 1). centro de estudios para el desarrollo rural sustentable y la soberanía alimentaria. <http://www.cedrssa.gob.mx/files/b/13/96Las%20propuestas%20para%20reactivar%20la%20producci%C3%B3n%20y%20comercializaci%C3%B3n%20de%20Caf%C3%A9%202019%2008.pdf>
- CESAVE Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Veracruz (2020). Broca del Café (*Hypothenemus Hampei*). <http://www.cesvver.org.mx/broca-del-cafe-hypothenemus-hampe/>
- CIAT (International Center for Tropical Agriculture). (2019). Plagas y Enfermedades. <https://ciat.cgiar.org/lo-que-hacemos/plagas-y-enfermedades/?lang=es>
- Cruz, A., Barrera, J. F., Jiménez, J., Valenzuela, J. E., Cruz, P. E., Cerdán, C. R., y Alvarado, G. (2017). Evaluación de tres tipos de trampas, efecto de altura y evaporación del atrayente para la broca del café *Hypothenemus hampei* en la finca Vegas, Veracruz. *Fitosanidad*, 21(2). <https://www.redalyc.org/pdf/2091/209157224001.pdf>
- Decazy, B. (1987). Descripción, ecología y control de las principales plagas del cafeto. In: Memoria II Curso regional sobre manejo integrado de plagas del cafeto con énfasis en broca del fruto (*Hypothenemus hampei*, Ferr.) Editado por IICAPROMECAFÉ, HICAFÉ. Honduras. p. 211 – 218.

- Dikovskiy, L. (2008). Ocratoxina en café: contaminación del grano. Word press. UNI Norte Estelí, Nicaragua. 16 p.
- Dreistdat, S. y Flint, M. (1994). Pests of landscape trees and shrubs: an integrated pest management guide. ANR Publications, University of California. Oakland, California. 327 p
- Escamilla, P. (2007). influencia de los factores ambientales, genéticos, Agronómicos y sociales en la calidad del café orgánico en México. Tesis de Doctorado. Colegio de postgraduados. Campus Veracruz. Manlio Fabio Altamirano, Ver., México. 254p.
- Estay, P. (2001). Primer curso "Manejo integrado de plagas y enfermedades en tomate". Impresos CGS. Instituto de investigaciones agropecuarias. Santiago, Chile. 125 p.
- Fernández, S., y Cordero, J. (2007). Biología de la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleóptera: Curculionidae: Scolytinae) en condiciones de laboratorio. Bioagro, 19(1), 35-40. Recuperado en 02 de diciembre de 2020, de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612007000100005&lng=es&tlng=es.
- Figuroa, E., Pérez, F., y Godinez, L. (2015). *Importancia de la comercialización del café en México*. <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/41277>. <http://hdl.handle.net/20.500.11799/41277>
- Foreign Agricultural Service/USDA, consultado: [en línea] https://gain.fas.usda.gov/Recent%20GAIN%20Publications/Coffee%20Annual_Mexico%20City_Mexico_5-31-2019.pdf
- Green, S. D.A (1984). proposed origin of the coffee leaf-miner, *Leucoptera coffeella* (Guérin-Méneville) (*Lepidoptera:Lyonetiidae*). Bulletin of the entomological society of America 30:30-31.

- Giovanucci, D. y Juárez R. C. (2006). Análisis prospectivo de política cafetalera. Proyecto Evaluación Alianza para el campo 2005. FAO- México. México, D.F. 86.p
- Hamilton, L.J., Hollingsworth, R.G., Sabado-Halpern, M., Manoukis N.C., Follett ,P.A.,y Johnson, M.A. (2019) Desarrollo del barrenador del café (*Hypothenemus hampei*) (Coleoptera: Curculionidae) a través de un gradiente de elevación en la isla de Hawai'i: Aplicación de un título de laboratorio predicciones diarias para las poblaciones naturales del campo. *plos one* 14 (7): e0218321. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0218321>.
- Hernández, A. (2007). Programa de manejo integrado de la broca de fruto del cafeto (*Hypothenemus hampei*) en el Salvador: actividad permanente para la sostenibilidad del café. Boletín PROMECAFE (Guatemala) 104:14-15
- ICAFE (instituto del café de Costa Rica). (2006). Manual de recomendaciones para el cultivo de café. 1ª ed. Heredia, Costa Rica. 193 p.
- Larral, P., Ripa, R. (2008). Manejo de Plagas en Paltos y Cítricos. Capítulo 3: Manejo morfología externa de los estados inmaduros de *Hypothenemus hampei* Ferrari (coleóptera: curculionidae). (2009). Actualidad & divulgación Científica (Bogotá), <https://repository.udca.edu.co/bitstream/11158/2414/1/Art%c3%adculo.pdf>.
- Lefebvre, M., Langrell, S. R., y Gomez-y-Paloma, S. (2015). Incentives and policies for integrated pest management in Europe: a review. *Agronomy for sustainable development*, 35(1), 27-45.
- Leiva, E. S., Oliva, C.M., Rubio, R. K., Maicelo, Q. J. y Milla, P. M. (2020). Uso de trampas de color 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>
- López, M.H. (1990). Fenología del cafeto. In: instituto mexicano del Café-Nestlé (eds.). el cultivo del cafeto en México. Editorial la fuente, S.A. Xalapa, Ver., México. 53-64 p.

- López, R. M., Díaz, G. D., y Zamarripa, A. P. (2013). el sistema producto café en México: problemática y tecnología de producción (1.^a ed., Vol. 1). CIRGOC.
- Melgar, M., Meneses, A., Orozco, H., Pérez, O., y Espinosa, R. CENGICAÑA (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar), (2012). El Cultivo de la Caña de Azúcar en Guatemala. (eds.). Guatemala. 512 p.
- Moguel, P. y Toledo, V.M. (1999). Biodiversity conservation in traditional coffee systems of México. *Conservation Biology* 13(1): 11.21.
- Montoya, O.G.E., Cristacho, M.A. y Moncada, M. del P. (2006). Análisis de secuencias de genes de *Coffea arabica* Var. Caturra.
- Nájera, O. (2002). El café orgánico en México. Cuadernos de Desarrollo Rural, (48), Fecha de Consulta 12 de noviembre de 2020. ISSN: 0122-1450. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=117/11704804>
- Olvera, V.A., Contreras, M. D., y Aguilar, R. N. (2020). Cálculo de grados días de *Hypothenemus hampei* a través de imágenes satelitales. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(3), 544-554. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i3.2041>
- Owen, M. D., Beckie, H. J., Leeson, J. Y., Norsworthy, J. K., y Steckel, L. E. (2015). Integrated pest management and weed management in the United States and Canada. *Pest management science*, 71(3), 357-376.
- Parsa, S., Morse, S., Bonifacio, A., Chancellor, T. C., Condori, B., Crespo-Pérez, V., y Sherwood, S. G. (2014). Obstacles to integrated pest management adoption in developing countries. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(10), 3889-3894.
- Pendergrast, M. (2002). El café historia de la semilla de cambio el mundo. Series biografía e historia. Javier Vergara, Editor S.A. Buenos Aires Argentina. 447 p.
- Ramírez, M.; González, M., Bello, A. y Romero, S. (2007). Campaña nacional contra la broca de café en México: operaciones y perspectivas. In: la broca de café en América tropical: hallazgos y enfoques. Barrera, J. F.; García, A.; Domínguez, V.

- y Luna, C. (Eds.). Sociedad Mexicana de Entomología y el Colegio de la Frontera Sur. México. 73-81 p.
- Reis, P. R. y Souza. (1986). Pragas do cafeeiro in: cultura do cafeeiro: factores que afetam a produtividade. Associacao Brasileira para pesquisa da potassa e do fosfato. Piracicaba, SP, Brasil.
- SADER, (2020). (Planeación Agrícola Nacional 2017-2030, Café Mexicano) consultado: [en línea] https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/256426/B_sico-Caf_.pdf
- SAGARPA Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (2007). Apéndice Técnico-Operativo de la Campaña contra la Broca del Café, v. 2. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. Dirección General de Sanidad Vegetal. Dirección de Protección Fitosanitaria. Noviembre, 2007. México. 64 p
- SENASICA. (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria). (2016). Apéndice de Manejo Integrado de la Broca del Café en México (Manual Técnico-Operativo de la Campaña contra la Broca del Café). Clave APT-DPF-CCBC. Versión 3. Emisión 11/07/08. 66 p.
- SIAP (servicio de la información Agroalimentaria y pesquera). (2015). *La producción de café en México: ventana de oportunidad para el sector agrícola de Chiapas* (n.º 7). Espacio, Innovación más Desarrollo. http://infocafes.com/portal/wp-content/uploads/2016/06/produccion_cafe.pdf.
- SIAP. (2018). Cierra de la producción agrícola-café cereza. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>.
- Smith, R. F. y Reynolds, H. T. 1966. Principles, definitions and scope of integrated pest control. Proc. FAO Symp. Integrated Control. 1:1 1-17.
- Stern, V. M., Smith R. F., Van den Bosch R. y Hagen, K. S. (1959). The integrated control concept. Hilgardia, 29: 81-101.

- Trejo, S.A.R. y Fúnez, C. (2004). Manejo integrado de plagas de la broca del café: basado en criterios Biotecnológicos de la broca y en cultivo de café. Manual Técnico. Instituto Hondureño del café. Centro de investigación y capacitación “Jesús Aguilar Paz”. Llama, Santa Bárbara, Honduras. 44p.
- Valera, J. F., M. Ramírez, A.P. y Robles, G.L. (2004). Eficiencia de trampas para la captura de la broca del café *Hypothenemus hampei* (Coleóptera: Scolytidae). En: Resúmenes del I Congreso Internacional sobre Desarrollo de Zonas Cafetaleras, 6-8 de octubre de 2004, Tapachula, Chiapas, México, p. 41.
- Vargas, D. L.; Sierra, A.; Sisne, M. L.; Rodríguez, A. A. y Iparraguirre, M. A. (2016). Incidencia de la broca del café (*Hypothenemus hampei*, Ferrari) y control etológico en la finca «La Compinche», Bramón, municipio Junín estado del Táchira - Venezuela. *Universidad & Ciencia* 5 (2): 121-129.
- Vega, F. E., F. Infante, y A. J. Johnson. (2015). The genus *Hypothenemus*, with emphasis on *H. hampei*, the coffee berry borer. In F. E. Vega and R. Hofstetter [eds.], *Bark Beetles: Biology and Ecology of Native and Invasive Species*. Elsevier, Netherlands.
- Vega, F.E. y G. Mercadier. 1998. Insects, coffee and ochratoxin A. *Fla. Entomol.* 81: 543- 544.

CAPITULO III

Resumen

Estrategias ecológicas para el manejo de la broca del café (*Hypothenemus hampei*, Ferrari) (Coleóptera: Curculionidae) en el Municipio Coatepec, Veracruz.

Iliana Santiago Hernández, Marcelo Acosta Ramos, Mateo Vargas Hernández, David Cibrián Tovar, Alejandro Salinas Castro.

La producción de café (*Coffea arábica*) en México tiene importancia económica, social, y ecológica en la región de Coatepec Ver. Su importancia radica por la producción de café orgánico en esta región. La broca de café (*Hypothenemus hampei*) es una plaga presente en donde se cultiva café, y puede causar pérdidas hasta de un 80% de la producción de café en peso seco, además de afectar la apariencia del producto por las lesiones que le hace al grano, lo cual permite la entrada de hongos, modificando sus cualidades físicas y organolépticas. Por lo que es necesario buscar alternativas de manejo eficientes y sustentables para este insecto. En esta investigación se evaluaron como tratamientos, mezclas de atrayentes para sustituir el Metanol por Vinagre de manzana y vinagre blanco. Para la captura de la broca del café, se evaluaron las siguientes concentraciones: Vinagre blanco + etanol y Vinagre de Manzana + Etanol, a dos concentraciones (1:1 y 3:1), además de un testigo con Etanol y como referencia se utilizó la mezcla tradicional que es Metanol + Etanol (3:1) en fincas cafetaleras infestadas de *H. hampei*. Se realizaron muestreos cada quince días, a los datos obtenidos se les hicieron análisis de varianza. Se observó que el tratamiento de la mezcla de (Vinagre Blanco + Etanol) en concentración (1:1) tuvo el mejor resultado, la media fue de 26.00 especímenes, le siguió la mezcla (Vinagre blanco + Etanol) a una concentración (3:1) con media de 19.83, el tratamiento tradicional de Metanol: Etanol su media fue de 12.07, inferior a los tratamientos con mezclas de vinagre Blanco y etanol. Las mezclas de (Vinagre de manzana + Etanol) en concentraciones (1:1 y 3:1) y Etanol solo, para este experimento no mostraron respuesta significativa. Se concluye con base a los datos obtenidos que la mezcla de Vinagre Blanco + Etanol en concentración (1:1) puede ser usada como una alternativa para el manejo de la broca del café

Palabra clave: Café, mezclas, atrayente, plaga.

6 Introducción

El cultivo de café en México es básico y tradicional, este cultivo se ha convertido en una fuente generadora de empleos y divisas, además de la importancia en la conservación de la biodiversidad. La caficultura se ha convertido en una actividad de relevancia por su sistema de producción bajo sombra y sus características de manejo agroecológico, este cultivo ofrece una importancia en servicios ambientales como la captura de agua, conservación del suelo, captura de carbono, así como la y protección de la biodiversidad (Anta Fonseca,2006; Olvera, 2020).

El café se produce en 14 estados de la república mexicana, la mayor producción se concentra en Chiapas, Veracruz, Puebla y Oaxaca con un 90% de la producción total por año (SIAP, 2018). De enero a julio de 2020 se han exportado 101.86 mil toneladas de café, con un valor de 427.51 millones de dólares, estas cifras son 7.7% y 19.36% mayor que en el mismo periodo de 2019, respectivamente (SIAP, 2019; SADER, 2020), sin embargo, la producción del café mexicano enfrenta problemáticas económicas, sociales y fitosanitarias. De los problemas fitosanitarios uno de los importantes es la broca del café (*H. hampei*) una plaga cosmopolita que afecta al café (Oerke, 2006; Barrera, 2007).

La broca del cafeto *H. hampei* (ferrari) está considerada como la plaga más importante para el cultivo de café en todo el mundo (Vega,2008 y Vega et al., 2014). El impacto de esta plaga es muy alto en cuanto a pérdidas se refiere, por la baja rentabilidad en el cultivo, disminuye la producción, incrementa costos de producción y afecta las características organolépticas de la bebida por la presencia de ochratoxinas (Camilo et al., 2003; Romero et al., 2007). Se tienen pérdidas hasta de un 80%. Este insecto puede causar pérdidas de US \$500 millones al año (Jaramillo et al., 2006).

En México se han tomado acciones para el control de la broca del café, la norma NOM-002-FITO-2000 establece que las poblaciones de broca del café deben

estar por debajo del umbral económico del 3% de infestación por lo que es necesario la implementación del manejo integral para el manejo (DOF, 2001; SENASICA, 2016).

Las estrategias de control como: el legal, cultural, biológico y etológico son técnicas que disminuye el uso de plaguicidas, ya que por el impacto ambiental y la exigencia de los mercados de los alimentos el uso de insecticidas para el control de la broca del café es limitado (Barrera et al., 2006).

Los usos de trampas con atrayentes se han utilizado para el manejo de diversas plagas insectiles y la broca del café no es la excepción, se descubrió que con la mezcla de metanol-etanol se obtuvieron excelentes resultados hasta de un 80% de eficacia para el control de esta plaga (Hernández et al., 2007). aunque para sistemas de producción orgánico el metanol por su naturaleza química y su toxicidad para la salud humana no está permitido el uso según la norma oficial y la ley de productos orgánicos. Por lo anterior el objetivo de esta investigación fue evaluar atrayentes con mezcla de vinagre de manzana - etanol; vinagre blanco - etanol, en diferentes concentraciones. Es importante mencionar que el resultado del tratamiento Vinagre Blanco + etanol fue el mejor tratamiento, por lo que se sugiere su uso como una alternativa para productores con fincas en proceso de producción orgánica, ya que además de reducir las poblaciones de broca también se reduce costos de producción.

7 Materiales y métodos

La investigación se inició el 18 de agosto de 2019 en fincas de café (*coffea arábica*) en la comunidad de la Bella Esperanza del municipio de Coatepec, Veracruz México, 19°25'38.18" N 96°52'07.87" O con 1297msnm, con temperaturas de 19°C a 24°C, humedad relativa de 69% y la precipitación pluvial anual de 1798 mm. (Weatherspark, (2021).

Las fincas de café de la variedad garnica, geisha y colombia. La plantación tiene 5 años aproximadamente, donde se llevó a cabo el estudio tiene una extensión de 3.5 hectáreas con una distancia de 180 cm entre hileras y 120 cm entre plantas en un sistema de cultivo bajo sombra.



Figura 1. Variedades de cafeto que se utilizaron en la investigación son A) garnica B) colombia C) geisha

La trampa utilizada se diseñó artesanalmente con envases reciclados de gaseosa transparente de Pet, capacidad de 3 L, con 4 perforaciones a una altura de 8 cm del fondo, y 5 cm ancho por 10 cm de largo. Los atrayentes se colocaron en goteros de alta densidad con capacidad de 20 ml, los cuales se colocaron dentro del envase trampa a la altura de las perforaciones, se sujetó con alambre galvanizado del número 18 de 50 cm de largo, con el mismo alambre se sujeta el gotero y con la punta caliente se le hizo una perforación a la tapa de la botella por donde salió el alambre para sujetar la trampa a la planta de café.



Figura 2. Diseño de trampa utilizada en el experimento.

Para los tratamientos se utilizó etanol al 96° de la marca “el termómetro”, metanol de la marca “el termómetro”, vinagre de manzana y vinagre blanco de la marca “la Faburrita” (con una concentración de 5% de ácido acético).

Cuadro 1. Tratamientos utilizados en el experimento y proporciones para los atrayentes.

Tratamientos (con 10 repeticiones)	Componentes del difusor (Atrayentes)	Proporciones
T1	M+E	3:1
T2	VM + E	3:1
T3	VB + E	3:1
T4	VM + E	1:1
T5	Etanol al 96 °	
T6	VB + E	1:1

M = Metanol; E = Etanol; VM = Vinagre de manzana; VB Vinagre blanco.

En la primera etapa fueron instaladas 60 trampas en el área de estudio, la distribución fue al azar, en líneas con una distancia de 25 m entre trampas, se dejaron bordes de la finca de 6 metros sin usar. Las trampas fueron colocadas a una altura de 120 cm del suelo, a la parte superior de la planta. En cada difusor se colocó el atrayente con una jeringa de 10 ml y con una aguja se le hizo un orificio en la tapa del gotero, en la base de la botella se agregó agua jabonosa (200 ml), espacio donde fueron capturados los insectos.



Figura 3. fuente: google earth pro. Distribución de trampas en la finca de café en La Bella Esperanza Mpio. de Coatepec Veracruz México.

Los datos fueron tomados cada quince días en una bitácora de campo, se recolectaba el agua jabonosa de cada trampa y se pasaban por una coladera de cocina de doble capa para recuperar las brocas, las cuales se colocaban en viales de 15 ml con alcohol al 70 % para su posterior conteo e identificación en laboratorio, posteriormente en las trampas se volvían a colocar agua jabonosa limpia y el difusor con los atrayentes. Las identificaciones de la broca se realizaron en el laboratorio con apoyo de un microscopio estereoscópico y uno óptico Ve-lab y las claves Arnett & Thomas (2000-2002), y de Freude et al. (1965-1994).

Para el análisis de datos y efectividad de los tratamientos, se hizo una base de datos en Excel donde se registraron el número de brocas capturadas cada 15

días por tratamiento y repetición durante un año, que comprende un ciclo de producción.

En la segunda etapa se instalaron 16 trampas distribuidas en bloques con 4 tratamientos y 4 repeticiones cada uno, solo con las concentraciones y atrayentes que dieron mejores resultados en la primera etapa.



Figura 4. Fuente: google Earth. Diseño del segundo bioensayo y distribución de las trampas.

Cuadro 2. tratamientos probados en la segunda etapa de la investigación.

Nº Tratamientos (con 10 repeticiones cada tratamiento)	Componentes del difusor (Atrayentes)	Proporciones
T1	M+E	3:1
T3	VB + E	3:1
T4	VM + E	1:1
T6	VB + E	1:1

T1: metanol – Etanol, T3: vinagre blanco – etanol, T4: vinagre de manzana – etanol, T6 vinagre blanco – etanol.

La segunda etapa se realizó en la finca de café con variedad garnica y variedad colombia, este diseño fue en bloques completos al azar, las revisiones de las trampas fueron cada 15 días; para esta etapa se realizó una base de datos en Excel del número de brocas capturadas por tratamiento por repetición, solo se realizó en los meses de agosto a octubre.

8 Resultados

Del análisis estadístico combinado a través de todas las fechas, se encontraron resultados significativos para las fechas y para los tratamientos ($P < 0.0001$).

Cuadro 3. Análisis de Varianza de captura de hembras adultas de *H. hampei* de agosto 2019 a agosto 2020, con 24 muestreo en la Bella Esperanza, Coatepec Ver. México.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	Probabilidad
Fecha	23	27377.14931	1190.31084	2.95	<0.0001
Fecha*Rep.	216	87256.98333	403.96752	1.05	0.3103
Tratamiento	5	96032.94514	19206.58903	49.96	<0.0001
Fecha *Tratamiento	115	58537.83819	509.02468	1.32	0.0163

F.V. fuente de variación; G.L. Grados de libertad; S.C. suma de cuadrados; C.M cuadrado medio.

Con base a la prueba de comparaciones múltiples con el método de Tukey, se obtuvo que el tratamiento con mezcla de vinagre blanco: etanol en concentración 1:1 fue el que dio la mayor respuesta o resultado (**Cuadro 4**)

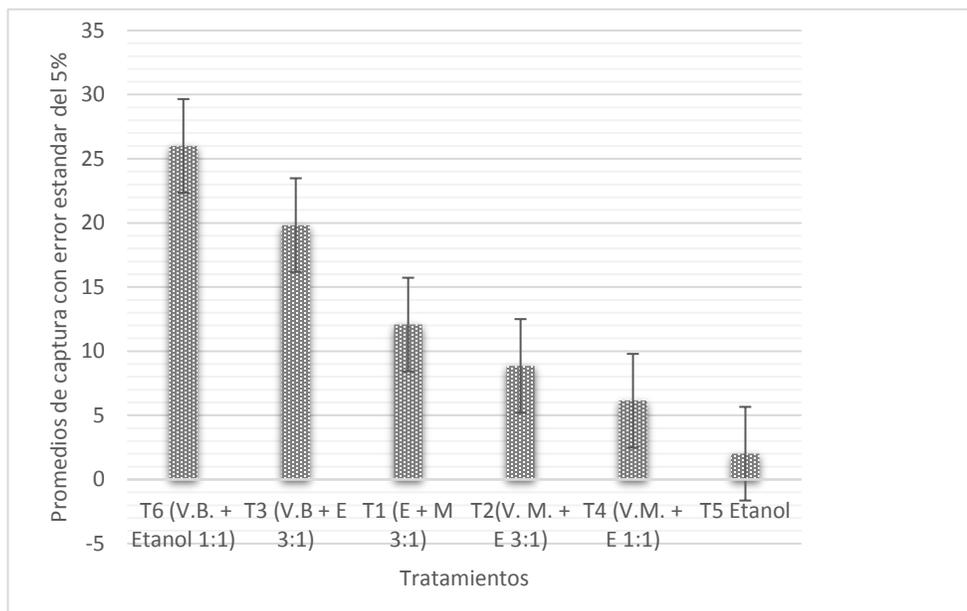
Cuadro 4. Medias de los tratamientos de la captura de la broca del café (*H. hampei*) utilizados en la investigación.

Tratamientos	Grupo	Media
Vinagre de blanco + etanol 1:1 (T6)	a	26.00
Vinagre blanco + etanol 3:1 (T3)	b	19.83
Metanol + etanol 3:1 (T1) (tratamiento de control).	c	12.07
Vinagre de manzana + etanol 3:1 (T2)	dc	8.85
Vinagre de manzana + etanol 1:1 (T4)	d	6.14
Etanol (T5)	e	2.01

El tratamiento T6 = de la mezcla de vinagre blanco + etanol en concentración 1:1 obtuvo el valor más alto en la captura de la broca del café con una media de

26.00 hembras adultas de brocas capturadas, cada quince días, con estos resultados se comprueba su eficacia.

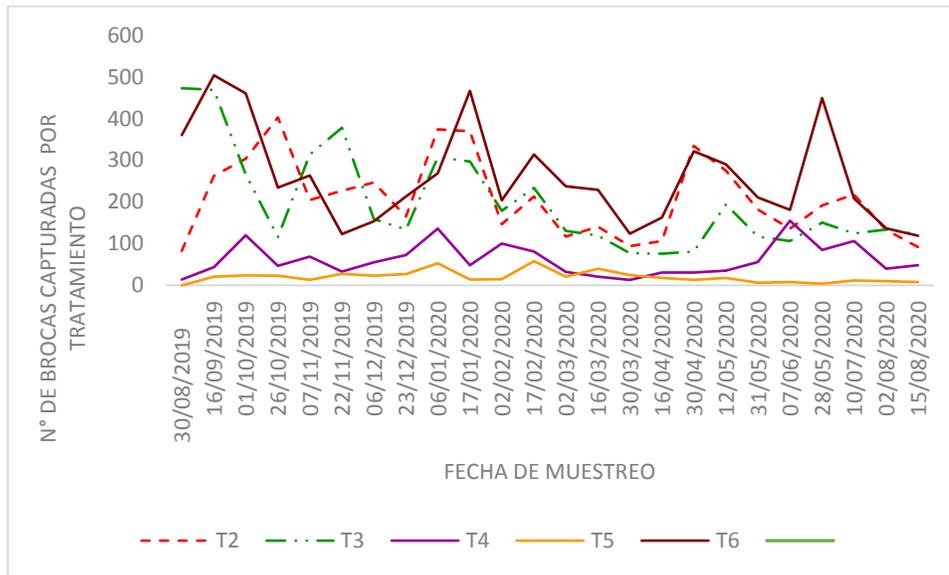
Le siguió el tratamiento T3 (vinagre blanco + etanol con la concentración 3:1) con una media de captura de brocas hembras de 19.83, en cuanto al tratamiento T1 (metanol + etanol 3:1) aplicado por SADER obtuvo una media de 12.07, inferior a los tratamientos con mezclas de vinagre y etanol (T6 y T3).



V.B.= vinagre blanco; E = etanol; M= metanol; V.M = vinagre de manzana

Grafica 1. Promedio total de capturas de broca del café (*H. hampei*) por tratamiento.

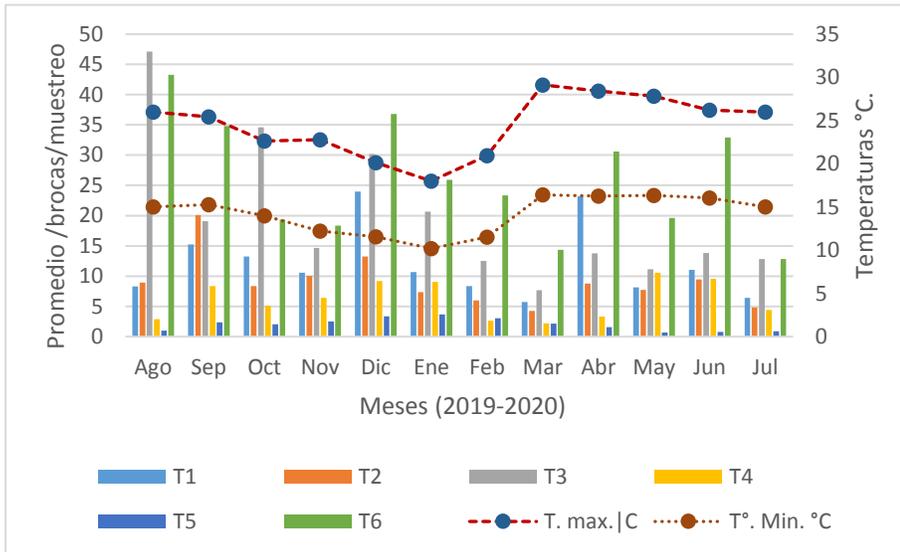
Para los tratamientos T2 (Vinagre de Manzana + Etanol 3:1), T4 (Vinagre de Manzana + Etanol 1:1), y T5 (Etanol 96%), obtuvieron la media más baja de captura de la broca del café. Los resultados mostraron que el tratamiento cinco no funciona como un atrayente para la broca del café.



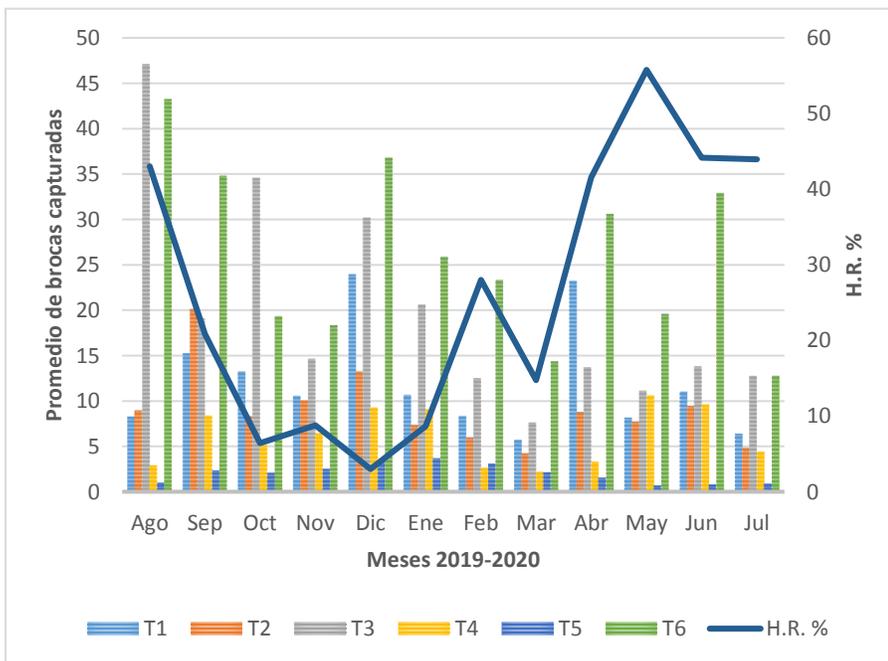
Grafica 2. Fluctuación poblacional de *H. hampei* de 24 muestreos con un intervalo de 15 días cada muestreo.

El trabajo de campo del ciclo 2019-2020, un año de recolección de datos, para ver la fluctuación del insecto respecto al ciclo completo de producción del cultivo. En los meses agosto a octubre se obtuvo un incremento de captura de broca del café *H. hampei*, otro incremento se dio en los meses de diciembre a enero, así como en abril – mayo.

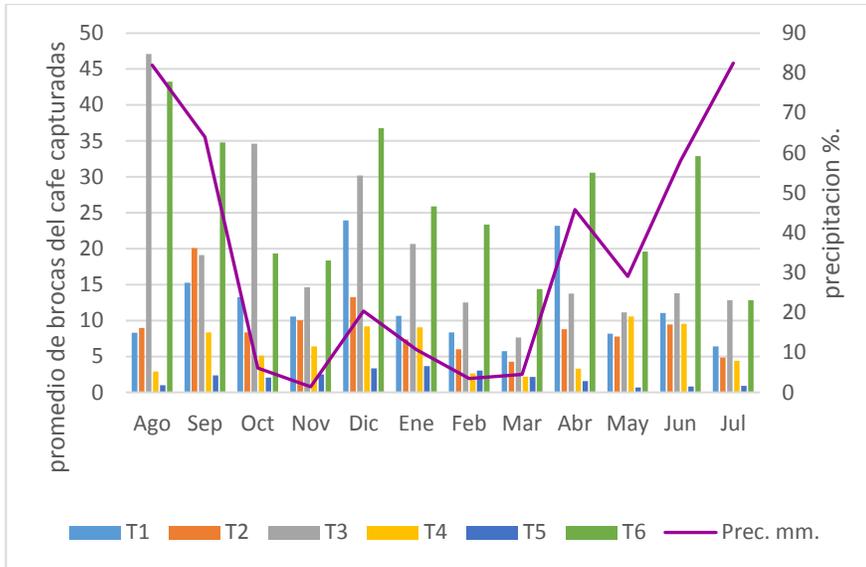
En esta investigación los factores climáticos y las fluctuaciones de las poblaciones de *H. hampei* no tuvieron correlación, la temperatura registrada fue de 22°C a 29°C y la humedad relativa de 57% con precipitaciones de hasta 80% en la región de Coatepec Veracruz.



Gráfica 3. Relación entre número de individuos (*H. hampei*) capturados y las Temperaturas máximas y mínimas en fechas de muestreo.

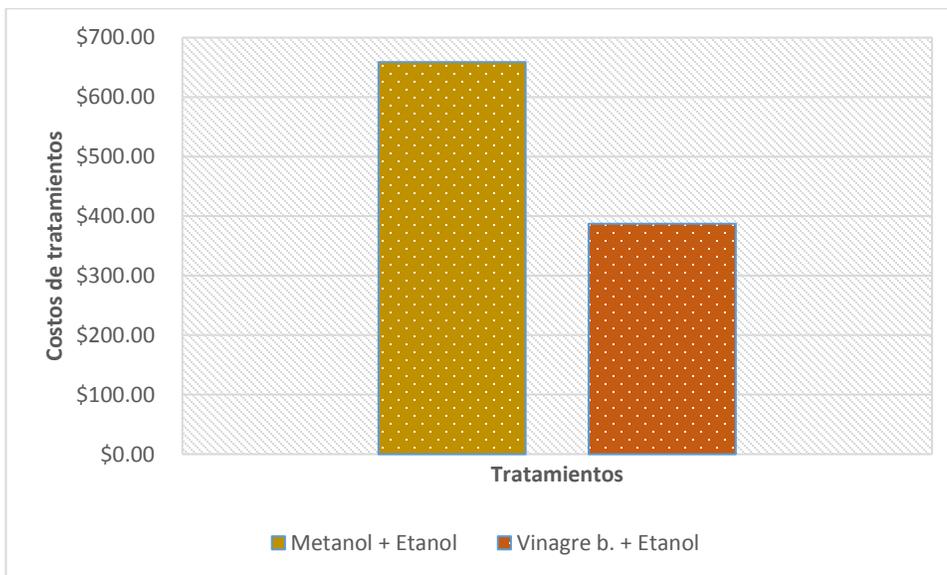


Gráfica 4. Correlación entre la Humedad Relativa y la fluctuación poblacional de brocas de café (*H. hampei*) y fecha de muestreo.



Grafica 5. Promedio de brocas capturadas por muestreos con relación a la Precipitación.

Para esta investigación se calculó una relación comparativa con los costos del atrayente Etanol: Metanol y costos del atrayente de Vinagre blanco y Etanol (1:1), los costos se estandarizaron a 4 hectáreas obteniendo para el Metanol + Etanol un costo de \$ 659 y para el atrayente Vinagre Blanco + Etanol un costo de \$387, se obtuvo una diferencia de \$272 entre ambos atrayentes.



Grafica 6. Diferencias de costos entre atrayente convencional (Metanol + etanol) y el propuesto (Vinagre Blanco + Etanol).

8.1 Segundo bioensayo

Para el segundo bioensayo solo se evaluaron cuatro tratamientos. También se realizó un análisis de varianza donde solo se puede observar una diferencia entre los tratamientos con ($P= 0.0034$).

Cuadro 5. Resultados del Análisis de Varianza para la captura de hembras adultas de la broca del café (*H. hampei*) de agosto 2020 a noviembre 2020 con 5 muestreos, de la segunda etapa.

F.V	G.L	S.C	C.M	V.F	Probabilidad
Fecha	4	6213.92500	1553.48125	2.03	0.1066
Fecha *Rep.	15	13215.37500	881.02500	1.15	0.3436
Tratamiento	3	12054.70000	4018.23333	5.24	0.0034
Fecha * Trat	12	13693.67500	1141.13958	1.49	0.1637

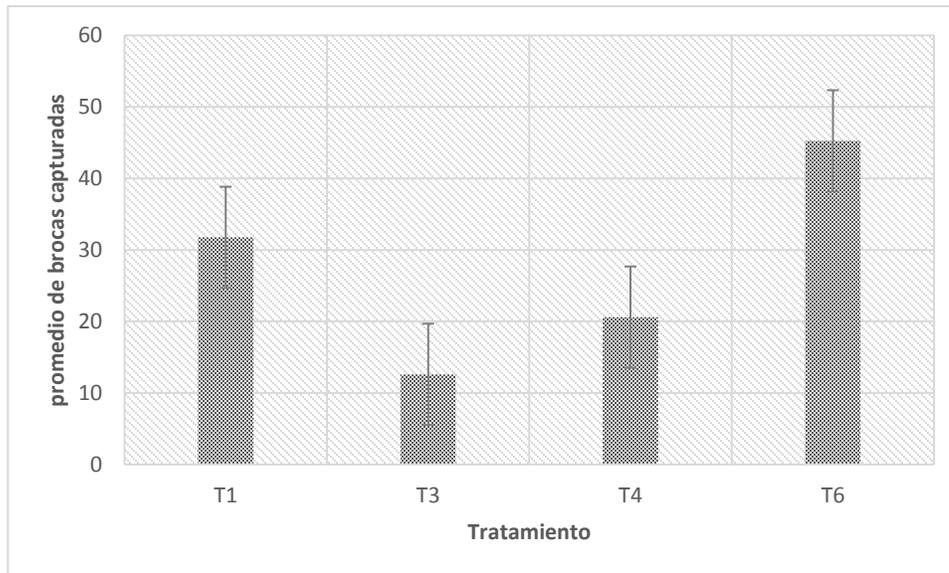
Los resultados de la prueba de Tukey permiten concluir que el tratamiento con mezcla de Vinagre blanco: Etanol en concentración 1:1 obtuvo nuevamente la mayor respuesta, (**Cuadro 6**).

Cuadro 6. resultados de la captura de broca del café en cuatro tratamientos, en el segundo bioensayo.

Tratamientos	Grupo	Media
Vinagre blanco + etanol 1:1 (T6)	A	45.25
Metanol + etanol 3:1 (T1) (tratamiento de control)	B	31.75
Vinagre de manzana + etanol 1:1 (T4)	B	20.60
Vinagre blanco + etanol 3:1 (T3)	B	12.60

Por lo tanto, con estos resultados se comprueba que el uso del atrayente de la mezcla de Vinagre Blanco + Etanol (1:1) con el buen manejo, puede funcionar como una alternativa más eficiente en el manejo integrado de la broca del café. Además de tener la mayor captura del insecto es más amigable con el ambiente, también es importante señalar que los materiales y reactivos utilizados son de bajo costo.

En la prueba de Tukey el T1, T3, y T4 no mostraron diferencias significativas para el segundo bioensayo.



T1= etanol + metanol; T3=vinagre blanco + etanol (3:1); T4= vinagre de manzana + etanol (1:1); T6= vinagre blanco + etanol (1:1).

Grafica 7. Promedio de brocas del café (*H. hampei*) capturadas por tratamiento con un intervalo de confianza del 95%.

9 Discusión

Trampa

Para llevar a cabo el estudio se realizó con base a los procedimientos establecidos por Sanidad Vegetal 2017 para la campaña contra la broca del café, donde las trampas se instalan bajo un diseño completamente al azar. El uso de trampas cebadas para el control de *H. Hampei* es el método más utilizado en países cafetaleros, en américa latina se han probado múltiples modelos de trampas. Las trampas artesanales hechas con envases desechables PET de refrescos embotellados con capacidad de 2.5 L son utilizadas para la campaña contra la broca del café, porque es una trampa efectiva, está confirmado por Barrera y colaboradores (2008) quienes realizaron un estudio sobre la efectividad de dos modelos de trampas artesanales; por otro lado Cruz *et al.* (2017) evaluaron tres tipos de trampas donde la Etotrap, que es la artesanal, fue la que obtuvo mejores resultados, también Moreno *et al.*, (2005) evaluaron trampas rústicas y recomiendan estas trampas como alternativas eficaces en la

captura de *H. Hampei*. En Bolivia Quispe (2015), encontró resultados prometedores, además del costo y disponibilidad de los materiales para las trampas artesanales, permiten ser utilizadas por los productores. Además de otros autores como Valera Jardines et al., (2004); López, (2013); González y Dufour (2000); Agramont, (2010); Fernández et al., (2015). Que buscan alternativas eficientes para la captura de la broca del café han demostrado que las trampas artesanales son una buena opción en el manejo integrado de la broca del café.

Atrayentes de Etanol – Metanol.

El uso del alcohol metílico en las fincas de café orgánico para el control de *H. hampei* debe ser utilizado si la certificadora lo permite, de lo contrario debe ser sustituido por otro componente como lo indicaba la antigua NOM-037-FITO1995, actualmente Ley de Productos Orgánicos, por su naturaleza química el metanol no está permitido su uso, ya que es una sustancia toxica según Alcalá (2002) y la NOM-076-SSAI-2002 de salud ambiental en donde establece que las personas no deben exponerse a la inhalación de este producto, ya que puede causar intoxicación. En este trabajo se propone una alternativa novedosa e igual de efectiva, pero sin que signifique un riesgo para la salud y en este caso se evaluó el Vinagre para sustituir al metanol, sustancia que en la ley de productos orgánicos está considerado para el control de plagas y enfermedades de las plantas por ser un ácido natural no representa riesgo en salud humana

Atrayentes

Para el caso de los atrayentes Mendoza (1991), reportó que la proporción de tres partes de metanol por una de etanol fue la más atractiva, lo cual fue confirmado posteriormente por otros investigadores (Borbón et al., 2000; Cárdenas, 2000; Villacorta et al., 2001; Barrera et al., 2006). Sin embargo, en esta investigación no se obtuvieron resultados similares a los reportado por los autores antes mencionados. La mezcla de vinagre blanco: etanol superó a la mezcla de Metanol +Etanol, lo que la convierte en una alternativa efectiva para los productores, ya que los compuestos no son tóxicos, y son más económicos.

Vinagre manzana

Para los tratamientos T2 (Vinagre de Manzana + Etanol 3:1), T4 (Vinagre de Manzana + Etanol 1:1), y T5 (Etanol 96%), obtuvieron una media baja de captura de la broca del café. Los resultados del tratamiento cinco mostraron que no funciona como un atrayente para la broca del café, ya que en esta investigación la media fue de 2.01, lo que confirma los resultados reportados por Moreno, (2010). Quispe, (2015) en su investigación sobre trampas artesanales y atrayentes, estudió al etanol solo al 96%, como testigo obteniendo capturas muy bajas con un promedio de 5 brocas por mes. Con esto se comprueba que el alcohol etílico sin adicionar otro componente no es eficaz para la captura de *H. hampei*.

Fenología del cultivo con relación a la broca del café

De acuerdo con la literatura sobre la fenología del cultivo de café, el fenómeno de fructificación pasa por 3 procesos que son; formación, desarrollo y maduración del fruto (López, 2013). En el mes de agosto – octubre es cuando el fruto inicia el llenado del grano y formación del endospermo (Rena y Maestri, 1986; Lopez,1990). Se cumple lo que Bustillo et al., 1998 menciona que el fruto de café es susceptible desde los 100 a 150 días, después de la floración que es cuando el fruto alcanzó el 20% del peso seco. Otro incremento se dio en los meses de diciembre a enero (**Grafica 2**), lo cual probablemente se debió a que es la etapa de maduración del fruto de café y es cuando los frutos liberan kairomonas, esteroides y algunos alcoholes en concentraciones altas y esto es atractivo para las brocas hembras en etapa de reproducción (Giordanengo et al., 1993; Mathieu et al., 2001; Ortiz et al. 2004; Mendesil et al., 2009; Cruz y Malo, 2013; Ariztizabal et al., 2015).

Otro incremento se dio en abril – mayo, en esta etapa es cuando inicia la floración del cafeto. En el estudio realizado por Duarte et al., (2013), encontraron acetato de etilo, un éster presente en flores y frutos maduros de la familia de rubiáceas. Duarte et al., 2016 y Souza (2018) encontraron que el Ester liberado por las flores

atraen a especies de la familia curculionidae. Con lo cual se explicaría por qué el incremento de captura.

Otros factores que afectan el crecimiento o disminución de las poblaciones de este insecto, son los relacionados con las condiciones climáticas como la humedad, (Bustillo, 2006). A bajas humedades es alta la mortalidad y la máxima fecundidad se da con la humedad relativa alrededor del 90%. Baker et al., (1992), indican que las poblaciones se incrementan con temperaturas de 20 a 25°C, sin embargo, en esta investigación los factores climáticos no se relacionaron claramente con las fluctuaciones de la población de la broca del café (**Grafica 3, 4 y 5**), donde se registraron temperatura desde 29°C a 22°C y H.R. de 57% con precipitaciones de 870 mm.

10 Conclusiones

El uso de trampas artesanales con la mezcla de vinagre blanco y etanol a una proporción (3:1), son una alternativa sustentable de bajo costo para el manejo de la broca del café cultivado bajo sombra en la zona de Coatepec, Ver.

La ley de productos orgánicos, en sus especificaciones del proceso de producción no permite el uso de metanol en fincas de producción de café orgánico, en este sentido la sustitución del metanol por el vinagre, se convierte en un atrayente confiable para cafetales con problemas de broca del café, ya sean de producción orgánica o convencional.

11 Bibliografía

- Agramont, R., Cuba, N., Beltrán, J. L., Almanza, J. C., & Loza-Murguía, M. (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 Investigaciones Selva Andina*, 1 (1), 2-12. ISSN:2072-9294. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=3613/361333640002>
- Anta, S. (2006). El café de sombra: un ejemplo de pago de servicios ambientales para proteger la biodiversidad. *Gaceta Ecológica*, (80), 19-31. ISSN: 1405-2849. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=539/53908002>
- Aristizabal, F., Jiménez, M., Bustillo, A., Trujillo, H. I., & Arthurs, S. P. (2015). Monitoreo de la baya de café Borer, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae), Poblaciones con trampas de embudo con cebo de alcohol en granjas de café en Colombia. *Florida Entomologist*, 98(1). <https://doi.org/10.1653/024.098.0165>
- Alcalá, P. (2002). Intoxicación por metanol. *Anales de Medicina Interna*, 19(9), 70-71. Recuperado de http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-71992002000900020&lng=es&tlng=es.
- Baker, P., Barrera, J., & RIVAS, A. (1992). Life history studies of the coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*, (Scolytidae) on coffee trees in southern Mexico. *Journal of Applied Ecology* 29: 656-662
- Pohlan, J., Soto, L., & Barrera, J. (Eds.). (2006). El cafetal del futuro. En *Manejo holístico de plagas: Hacia un nuevo paradigma de la protección fitosanitaria*, El cafetal del futuro realidades y visiones ed., Vol. 2, pp. 61–81. Shaker Verlag. <https://docplayer.es/17788442-Manejo-holistico-de-plagas-hacia-un-nuevo-paradigma-de-la-proteccion-fitosanitaria-juan-f-barrera-gaytan.html>

- Barrera, J. F., García, A., Domínguez, V., & Luna, C. (2007). *La broca del café en América tropical: hallazgos y enfoques* Distrito Federal, México: Sociedad Mexicana de Entomología: El Colegio de la Frontera Sur, Vol. 1, pp. 131-141. <http://bibliotecasibe.ecosur.mx/sibe/book/000043202>
- Barrera, J.F., Herrera, J., Chiu, M., Gómez, J. & Valle, J. (2008). The one window trap (ECOIPAR) captures more coffee berry borer *Hypothenemus hampei* than the three windows trap (ETOTRAP) *Entomología Mexicana*. 7: 619-624.
- Borbón, M. O., Mora, A. A., & Oehlschlager, L.M. (2000). Proyecto trampas, atrayentes y repelentes para el control de la broca del fruto de cafeto, *Hypothenemus hampei* F. (Coleoptera: Scolytidae). En: XIX Simposio Latinoamericano de Caficultura. 2 al 6 de octubre de 2000, San José, Costa Rica, p. 331-348.
- Bustillo, P. A. E. (2006). Una revisión sobre la broca del café, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), en Colombia. *Revista Colombiana de Entomología*, vol.32 (2), 101-116. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-04882006000200001&lng=en&tlng=es.
- Bustillo, P. A., Cardenas, M.R., Villalba, G.D., Benavides, M. P. Orozco, H. J., & Posada, F.F., (1998). Manejo Integrado de la Broca del café *Hypothenemus hampei* (ferrari) en Colombia. Chinchica, CENICAFE, 134p. <https://biblioteca.cenicafe.org/handle/10778/848>
- Camilo, J. E., Olivares, F. F., & Jiménez, H. A. (2003). Fenología y reproducción de la broca del café (*Hypothenemus hampei* Ferrari) durante el desarrollo del fruto. *Agronomía Mesoamericana*, 14(1), 59–63. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43714108>
- Cárdenas, M. R. 2000. Trampas y atrayentes para monitoreo de poblaciones de broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Col., Scolytidae). En: XIX Simposio Latinoamericano de Caficultura, Costa Rica, p. 369-379.

- Cruz, R., Elías, N., & Malo, E. A. (2013). Chemical Analysis of Coffee Berry Volátiles That Elicit an Antennal Response From the Coffee Berry Borer *Hypothenemus hampei*. *Journal of the Mexican Chemical Society*, 57(4), 321-327. Recuperado de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-249X2013000400009&lng=es&tlng=en.
- Cruz, A. Barrera, J.F., Jiménez, Z. J., Valenzuela, J. E., Cruz, D. P. E., & Cerdán, C. C. R., & Alvarado, C. G. (2017). Evaluación de tres tipos de trampas, efecto de altura y evaporación del atrayente para la broca del café *Hypothenemus hampei* en la finca Vegas, Veracruz, México. *Fitosanidad*, 21 (2), 53-60. ISSN: 1562-3009. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=2091/209157224001>
- DOF. 2001. Norma Oficial Mexicana NOM-002-FITO-2000. Campaña contra la broca de café. Diario Oficial de la Federación. México, DF. 1-9 pp. http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=767384&fecha=18/04/2001
- Duarte, A.F.S., Szabo, E.M., Duarte, I.S., Merino, F.J.Z., de Oliveira, V.B., Miguel, M.D. & Miguel, O.G. (2016). Evaluación de la capacidad antioxidante, contenido fenólico, propiedades antimicrobianas y citotóxicas de flores y frutos de *Guettarda uruguensis*. *Revista Africana de Farmacia y Farmacología*, 10 (47), 1014-1024.
- Giordanengo P., Brun L.O., & Frérot B. (1993). Evidence for allelochemical attraction of the coffee berry borer *Hypothenemus hampei* by coffee berries. *Journal of Chemical Ecology* 19, 763-769.
- Gonzales M. & Dufour B (2000). Diseño, desarrollo y evaluación del trapeo en el manejo integrado de la broca (*Hypothenemus hampei*) en El Salvador. Simposio sobre Caficultura Latinoamericana. 1a. Ed. 19, 2000. ICAFE/PROMECAFE. San José, Costa Rica. Disponible en: http://www.Simposio_Trampas_2006
- Jaramillo, J., Borgemeister, C., & Baker, P. (2006). Barrenador del café *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae): búsqueda de estrategias de control

- sostenibles. *Boletín de Investigaciones Entomológicas*, 93(3), 223–233. <https://doi.org/10.1079/BER2006434>
- Hernández, A. (2007). Programa de manejo integrado de la broca de fruto del cafeto (*Hypothenemus hampei*) en el Salvador: actividad permanente para la sostenibilidad del café. *Boletín PROMECAFE* (Guatemala), 104:14-15. <https://bibliotecasibe.ecosur.mx/sibe/book/000055201>
- López, M.H. (1990). Fenología del cafeto. In: Instituto Mexicano del Café-Nestlé (eds.). *El cultivo del cafeto en México*. Editorial la fuente, S.A. Xalapa, Ver., México. 53-64 p. <https://bibliotecasibe.ecosur.mx/sibe/book/000055201>
- López, R. M., Díaz, G. D., & Zamarripa, A. P. (2013). Plagas y enfermedades del café. *El sistema producto café en México: problemática y tecnología de producción* (1.a ed., Vol. 1). CIRGOC. pp. 242-256.
- Mathieu, F. G. V., Brun L.O., & Frérot B. (2001). Effect of physiological status on olfactory and visual responses of female *Hypothenemus hampei* during host plant colonization. *Physiological Entomology* 26: 189-193. Disponible en: <https://doi.org/10.1046/j.1365-3032.2001.00232.x>
- Mendesil, E., Bruce T.J.A., Woodcock C.M., Caulfield E.S. & Pickett J.A. (2009). Semiochemical used in host location by the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei*. *Journal of Chemical Ecology* 35: 944-950. Disponible en: doi: 10.1007 / s10886-009-9685-6.
- Mendoza, M., J.R. (1991). Resposta da broca-do-café, *Hypothenemus hampei*, a estímulos visuais e semioquímicos. Tesis de maestría. Universidade Federal de Voçosa, Minas Gerais, Brasil. 44 p.
- Moreno, R. D., Álvarez N. A., Vázquez M. Luis., & Alfonso, S. J. (2010). Evaluación de atrayentes para la captura de hembras adultas de broca del café *hypothenemus hampei* (ferrari) con trampas artesanales. *Fitosanidad*, 14(3), 177-180.

Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1562-30092010000300005&lng=es&tlng=es.

Moreno, D., González, A. H., Botta, F. E., y Martínez, M. A., & Ovies, D. J. (2005). Evaluación de la efectividad de trampas rústicas para la captura de hembras adultas de la broca del café *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). *Fitosanidad*, 9 (3), 27-30. ISSN: 1562-3009. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=2091/209116189005>

Olvera, L., Contreras, D. I. & Aguilar, R. N. (2020). Cálculo de grados días de *Hypothenemus hampei* a través de imágenes satelitales. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i3.2041>

Ortiz, A., Vega, F., Posada, F. (2004). Volatile composition of coffee berries at different stages of ripeness and their possible attraction to the coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae). *J. Agr. Food Chem.* 52(19):5914- 5918. Disponible en: <https://doi.org/10.1021/jf049537c>.

Quispe, C. R., Loza, M. M., Marza, M. F., Gutiérrez, R. R., Cristóbal, A. 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. Recuperado de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2308-38592015000100002&lng=es&tlng=es.

Rena, A.B. & Maestri, M. (1986). Fisiología do cafeiro.in: Rena, A.B., Malavolta, Rocha M. & Yamada, T. (eds.). cultura do cafeiro: factores que afetam a produtividade. Associação Brasileira para pesquisa Potassa e do Fosfato. Piracicaba, sp, Brasil. P.13-85. <https://worldcat.org/title/cultura-do-cafeeiro-fatores-que-afetam-a-produtividade/oclc/709393529?referer=di&ht=edition#borrow>.

Romero, V. J., & Cortina, G. H-A. (2007). Tablas de vida de *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) sobre tres introducciones de

café. *Revista Colombiana de Entomología*, 33(1), 10-16. Disponible from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-04882007000100002&lng=en&tlng=es.

SADER, (2020). (Planeación Agrícola Nacional 2017-2030, Café Mexicano) consultado: [en línea] https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/256426/B_sico-Caf_.pdf

Schuller, S., (1999). Efectividad de diferentes tipos de trampas semioquímicas en el control de la broca del cafeto *Hypothenemus hampei* Ferrari, Seminario Internacional Control Etológico: uso de feromonas, trampas de colores y luz para el control de plagas en la agricultura sostenible. pp. 106-112.

SENASICA. (2016). Ficha técnica de la broca de café. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. Secretaría de Desarrollo Rural (SADER). <https://www.gob.mx/senasica/documentos/ficha-tecnica-broca-del-cafe>.

SIAP. (2018). Cierre de la producción agrícola-café cereza. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. <https://hube.siap.gob.mx/cierreagricola/>.

SIAP. (2019). Estacionalidad por año agrícola-café cereza. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. <http://infosiap.siap.gob.mx/estacionalidad-gb/est-agricola-AA/index.php>.

Souza, M., Costa, J., Espindula, M., & Silva, A. (2018). Response of *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae) to semiochemicals and blends using baited traps in coffee fields. *Australian Journal of Crop Science*. 12. 961-966. 10.21475/ajcs.18.12.06. PNE1057.

Valera, J. F., M. Ramírez, A.P. & Robles, G.L. (2004). Eficiencia de trampas para la captura de la broca del café *Hypothenemus hampei* (Coleóptera: Scolytidae). En: Resúmenes del I Congreso Internacional sobre Desarrollo de Zonas Cafetaleras, 6-8 de octubre de 2004, Tapachula, Chiapas, México, p. 41.

- Vega F.E., Simpkins, A., Bauchan, G., Infante, F., Kramer, M. & Land, M.F. (2014). On the Eyes of Male Coffee Berry Borers as Rudimentary Organs. PLoS ONE 9 (1): e85860. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0085860>
- Vega, F. E. (2008). Coffee Berry Borer, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). Encyclopedia of Entomology, 959-960. <https://www.ars.usda.gov/research/publications/publication/?seqNo115=211466>
- Villacorta, A., A.F. Possagnolo, R.Z. Silva & P.S. Rodrigues. (2001). Un modelo de armadilha con semioquímicos para o manejo integrado da broca do café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) no Paraná. En: II Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil. Vitória, ES, p. 2093- 2098.
- Weatherspark*, (2021). *Clima promedio de La Bella Esperanza, Coatepec, Ver*, Weatherspark.com. <https://es.weatherspark.com/>