

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO
DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA

**MAESTRÍA EN CIENCIAS EN PROTECCIÓN
VEGETAL**

**EFICIENCIA DE TRAMPAS Y ATRAYENTES
EN LA CAPTURA DE LA BROCA DEL CAFÉ
(*Hypothenemus hampei* Ferr.) EN EL ESTADO
DE HIDALGO, MÉXICO**

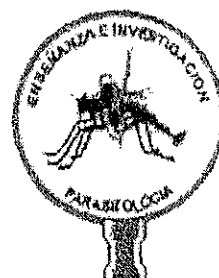
**TESIS
QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS EN
PROTECCIÓN VEGETAL**



DIRECCION GENERAL ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

PRESENTA:

ARMANDO GÓMEZ GÓMEZ



Chapingo, Méx., México octubre del 2004

EFICIENCIA DE TRAMPAS Y ATRAYENTES EN LA CAPTURA DE LA BROCA
DEL CAFÉ (*Hypothenemus hampei* Ferr.) EN EL ESTADO DE HIDALGO,
MÉXICO

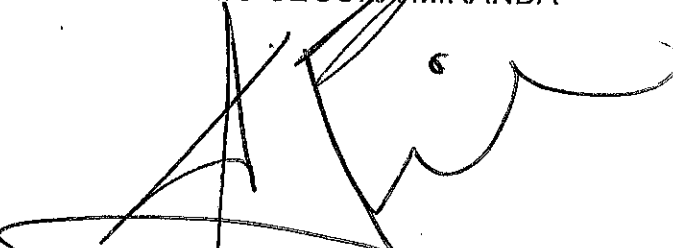
Tesis realizada por Armando Gómez Gómez bajo la dirección del Comité
Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para
obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN PROTECCIÓN VEGETAL

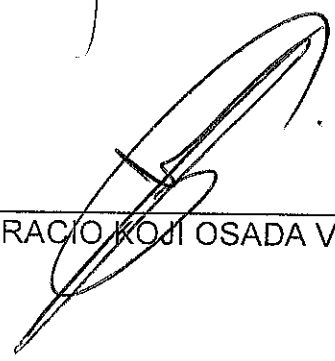
DIRECTOR:


M.C. ANTONIO SEGURA MIRANDA

ASESOR:


DR. VICTOR MANUEL PINTO

ASESOR:


M.C. HORACIO KOJI OSADA VELAZQUEZ

DEDICATORIA

A mis padres Filogonio Gómez Ramírez y Celia Gómez Donge, por todo su amor que me han dado, la paciencia y comprensión.

A mis hermanos Maribel, Ramiro, Noel y Oved, por todo su cariño brindado y los años compartidos.

A mis queridos sobrinos Yadira, Brayan y Kevin.

A mis amigos Juan y Abel por todas las enseñanzas y experiencias compartidas.

Y muy en especial a ti Karen por todas las ilusiones compartidas.

A mis amigos Vladimir, José Luis, Daniel, Fco. Javier, Liliana, Berenice, Noemí, Usiel, Arturo, Esther, Ana Cristina, Jaime, Nereida, Alma y a todas aquellos amigos que omití perdón, tendría que hacer una publicación con sus nombre. Gracias por compartirme lo más valioso de ustedes su juventud y su vida.

A todas aquellas personas que compartimos ilusiones, sueños y tiempo, sin las cuales a esta vida le faltará una parte sustancial.

AGRADECIMIENTO

A Jehová Dios por la vida y todas las bendiciones mostradas cada día.

Al CONACYT por el apoyo económico, sin el cual no hubiere sido posible la realización de mis estudios de Maestría.

A la Universidad Autónoma Chapingo que a través del Departamento de Parasitología Agrícola hicieron posible mi formación dentro de la Fitosanidad.

Al M.C. Antonio Segura Miranda por todos sus atinados consejos, por proporcionar conocimientos de vanguardia.

Al Dr. Víctor Manuel Pinto y M.C. Horacio Koji Osada Velázquez por la revisión y contribución a la presente tesis.

Al Dr. Nahum Marban por la amistad y enseñanzas.

A todas aquellas personas que de alguna manera colaboraron en la realización de esta tesis.

A los productores que amablemente colaboraron con sus predios. Al Sr. Rubén Domínguez y Elías Tolentino.

BIOGRAFIA

El autor de este trabajo, nació el 30 de agosto de 1977 en el Estado de Hidalgo, cursó sus estudios de Secundaria en el mismo Estado, la Preparatoria en la Universidad Autónoma Chapingo. Posteriormente realiza sus estudios de Licenciatura en la misma Universidad, cursando la carrera de Ingeniero Agrónomo Especialista en Parasitología Agrícola. Los Estudios de Postgrado los realizó en la Maestría en Ciencias en Protección Vegetal en la misma Universidad.

Se ha desempeñado en el sector privado como agente de ventas con la empresa Técnica Agrícola de México, S.A. de C.V. y como Ingeniero en Producción en la empresa Toluca-México, S.P.R. de R.I. En el Sector Oficial se ha desempeñado como Encargado de la Campaña contra gusano soldado y como Profesional Fitosanitario en la Campaña contra la broca del café en el Estado de Hidalgo.

CONTENIDO

I. Introducción	1
1.1 Objetivos	4
1.2 Hipótesis	4
II. Revisión de Literatura	5
2. El cultivo del café	5
2.1 Origen del café	5
2.2 Importancia económica	5
2.3 Clasificación	7
2.4 Variedades	7
2.5 Sistemas del cultivo	7
2.6 Enfermedades	8
2.7 Plagas	8
2.7.1 Broca del café (<i>Hypothenemus hampei</i> Ferr.)	9
2.7.1.1 Origen y distribución	9
2.7.1.2 Importancia económica	9
2.7.1.3 Clasificación taxonómica	10
2.7.1.4 Hospederos y dispersión	10
2.7.1.5 Descripción morfológica	11
2.7.1.6 Ciclo biológico	12
2.7.1.7 Potencial reproductivo	13
2.7.1.8 Daños y pérdidas	14
2.7.1.9 Control	15
2.7.1.9.1 Control legal	15
2.7.1.9.2 Control manual	16
2.7.1.9.3 Control cultural	16
2.7.1.9.4 Control etológico	18
2.7.1.9.5 Control biológico	18
2.7.1.9.6 Control químico	20
2.8 Recepción de estímulos en los insectos	20
2.8.1 Mecano recepción	22
2.8.2 Quimiorrecepción	23
2.8.2.1 Gusto	23
2.8.2.2 Olfato	24
2.8.3 Semioquímicos	27
2.8.3.1 Feromonas	28
2.8.3.2 Semioquímicos en el control de la broca del fruto del café	31
2.8.3.3 Extractos y atrayentes	32
2.8.3.4 Alomonas	33
2.8.3.5 Dispositivos	35
2.8.3.6 Alcoholes	36
III. Materiales y métodos	39
3.1 Localización del experimento	39
3.2 Clima	40
3.3 Diseño experimental	40
3.3.1 Modelo lineal	40

3.3.2 Tratamientos	40
3.3.3 Colocación de trampas	41
3.4 Variable respuesta	42
3.5 Análisis de datos	42
3.6 Manejo agronómico	42
3.7 Elaboración del extracto	43
3.8 Características de las trampas	44
IV. Resultados y discusión	47
4.1 Resultados	47
4.2 Discusión	59
V. Conclusiones	64
VI. Recomendaciones	65
VII. Literatura citada	66
VIII. Anexos	75

INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

CUADRO	Pág.
1. Producción mundial 2002-2003.....	6
2. Producción en Centro América de café en 2002-2003	6
3. Producción de café cereza en México en el año 2002	6
4. Cultivos perennes en el Estado de Hidalgo	6
5. Propiedades Físico-Químicas de los alcoholes	38
6. Características de las parcelas del estudio	39
7. Tratamientos usados para la captura de la broca del café	41
8. Área bajo la curva del progreso de la captura de la broca del café en el mes de abril en Juntas Chicas, Huehuetla, Hgo. Méx.	47
9. Área bajo la curva del progreso de la captura de la broca del café en el mes de abril en San Esteban, Huehuetla, Hgo. Méx.	48
10. Área bajo la curva del progreso de la captura de la broca del café en el mes de abril en La Esperanza, Huehuetla, Hgo. Méx.	49
11. Área bajo la curva del progreso de la captura de la broca del café en los meses de mayo y junio en Juntas Chicas, Huehuetla, Hgo. Méx.	50
12. Área bajo la curva del progreso de la captura de la broca del café en los meses de mayo y junio en San Esteban, Huehuetla, Hgo. Méx.	52
13. Área bajo la curva del progreso de la captura de la broca del café en los meses de mayo y junio en La Esperanza, Huehuetla, Hgo. Méx.	54
14. Área bajo la curva del progreso de la captura de la broca del café en los meses de abril, mayo y junio en Juntas Chicas, Huehuetla, Hgo. Méx. (Se muestran los resultados de los seis tratamientos)	55
15. Costos de los tratamientos	57
16. Análisis de los costos de los tratamientos en el tiempo de utilidad de las trampas	58

FIGURA

	Pag.
1. Características de la hembra y macho de la broca del café	13
2 y 3. Daños ocasionados por la broca del café	14
4 y 5. Muerte de la broca del café por <i>Beauveria bassiana</i>	19
6. <i>Cephalonomia stephanoderis</i> parasitando a la broca del café	19
7. Trampa Brocap	44
8. Trampa Ecobroca	45
9. Trampa rústica	46

EFICIENCIA DE TRAMPAS Y ATRAYENTES EN LA CAPTURA DE LA BROCA DEL CAFÉ (*Hypothenemus hampei* FERR.), EN EL ESTADO DE HIDALGO, MÉXICO.

THE EFFICIENCY OF TRAPS AND LURES IN THE CAPTURE OF THE COFFEE BERRY BORER (*Hypothenemus hampei* FERR.), IN THE STATE OF HIDALGO, MEXICO.

Armando Gómez Gómez¹, Antonio Segura Miranda²

RESUMEN

La broca del café es la plaga más importante del café. En este trabajo se pretendió obtener una modelo trampa-atrayente, se realizó en los meses de abril a junio de 2004, en tres localidades que se encuentran a 460, 680 y 982 msnm, con una infestación de 5, 2 y 2.5 % respectivamente. El modelo experimental fue completamente al azar. Los tratamientos fueron; trampa más atrayente Brocap®, trampa Ecobroca® más semioquímico, los atrayentes etanol, metanol, Brocap® y testigo se colocaron en una trampa rústica. La trampa y el atrayente Brocap® fueron eficientes en la captura de la broca del café en las tres localidades. Este tratamiento en la localidad mas baja mostró un área bajo la curva de 688 unidades. El atrayente Brocap® en la trampa rustica 819 unidades y el metanol 938 unidades. Se concluye que la trampa rustica y metanol fueron los mejores en la captura de la broca del café.

Palabras claves: Broca del café, trampa, atrayente, metanol.

ABSTRACT

The coffee berry borer is a major coffee pest. This research, which aims to obtain a trap-lure model, was done from April to June, 2004, at three locations at 460, 680 and 982 msnm, with an infestation rate of 5, 2 and 2.5 % respectively. A completely randomized experimental model was used. The treatments were: the Brocap® lure and trap, the Ecobroca® trap, which was more semi-chemical, the ethanol, methanol, Brocap® lures respectively, and the controls, which were each placed in a rustic trap. The Brocap® lure and trap efficiently captured the coffee berry borer at the three locations. At the lowest location, this treatment showed an area with a curve of 688 units. The Brocap® lure in the rustic trap had 819 units and methanol had 938 units. The conclusion is that the methanol rustic trap was the best in capturing the coffee berry borer.

Key words: Coffee berry borer, traps, lure, and methanol.

¹ Tesista/ Thesis writer

² Director/ Director

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de café en México constituye un importante renglón en la producción agrícola, porque cubre la demanda interna y parte del mercado internacional. Además, en nuestro país la cafecultura y la industria del café representan una importante fuente de empleo para un porcentaje muy importante de la población que se dedica a esta actividad durante el proceso de producción, cosecha, comercialización e industrialización.

El café se encuentra inmerso en muchas dificultades para su producción. Una de ellas son los bajos precios que tiene el aromático, lo que lleva al abandono ó cambio de uso de suelo. Por otro parte los problemas fitosanitarios limitan la producción. Dentro de estos problemas se encuentran los insectos, nematodos, hongos y malezas, los cuales reducen la calidad y cantidad de la producción. El impacto que ocasionan estos organismos varía de acuerdo a la región. Debido a la adaptabilidad propia de los insectos estos representan un problema fuerte a la cafecultura y dentro de ellos la broca del café (*Hypothenemus hampei* Ferrari) es una de las más importantes.

La broca del café (*Hypothenemus hampei* Ferr.) es la plaga más perjudicial del cultivo del cafeto y en México fue detectada por primera vez en 1978, en el ejido

Mixcum, Municipio de Cacahoatán, Chiapas. Esta plaga puede ocasionar pérdidas de hasta el 80%. Dentro de las formas de dispersión de la broca del café están los productos y subproductos del café plagados, por lo cual se han desarrollado estrategias para fortalecer el manejo integrado de la broca del café para prevenir o reducir daños y proteger la cafeticultura en México¹.

Una de las estrategias de control es el Etológico, en donde encuentran cabida los semioquímicos, sustancias que han sido estudiadas y aplicadas ampliamente en la última década. Diferentes estudios realizados en diversas partes del mundo demuestran que las hembras intercosecha constituyen la fuente de infestación de la nueva fructificación, persistiendo en frutos que quedan en los arbustos o en el suelo de la cosecha anterior, completando su desarrollo al infestar frutos jóvenes, donde se reproduce y causan los daños.

Dentro de las estrategias, el uso de trampas con sustancias atrayentes ha constituido uno de los métodos para muestrear y controlar la broca del café. En aras de encontrar una trampa-atrayente altamente eficiente, se han diseñado varias trampas como son la Hampei, Ecobroca, Brocap® y otros modelos rústicos. Respecto a los atrayentes se han utilizado extractos de café de diferentes variedades y con una amplia gama de alcoholes, así como mezclas de alcoholes en diferentes proporciones.

¹ <http://web2.senasica.sagarpa.gob.mx/xportal/nom/noms/Doc37/NOM002.doc>

En el presente estudio se evaluaron tres tipos de trampas y atrayentes producidos a base de extractos de café, un atrayente comercial de la trampa Brocap®, así como, etanol y metanol solos como atrayente. Las trampas a utilizar serán la Ecobroca, Brocap® y Rustica. El propósito es obtener tanto un atrayente como una trampa altamente eficiente para que sea adoptado por el productor.

1.1 Objetivos

- Evaluar la capacidad de los atrayentes Brocap®, semioquímico, etanol y metanol, para coadyuvar en la captura de la broca del café.
- Identificar los problemas de operación de las trampas, así como sus ventajas
- Obtener un modelo de trampa-atrayente que sea lo más eficiente y económica posible.

1.2 Hipótesis

- El metanol es un atrayente efectivo para la broca del fruto del café sin la utilización de aditivos.
- La trampa Rustica es tan eficiente como la Brocap® y Ecobroca.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2. El cultivo del café

2.1 Origen del café

El café, *Coffea arabica*, es un arbusto nativo de las tierras altas del sudoeste de Etiopía (Sylvain, 1955), de la meseta de Boma en Sudan (Thomas, 1942) y del Monte Marsabit en Kenia (Anthony, et al., 1987). Ha sido cultivado en Yemen por lo menos desde hace cinco siglos, y difundido al sudeste de Asia alrededor del año 1700. Poco después, las semillas de una única planta cultivada en Ámsterdam y París fueron enviadas a América Latina (Chevalier y Dragon, 1928; Carvalho, 1946). Estas poblaciones dieron origen a muchos cultivares y fueron descritas como dos distintas variedades botánicas, *C. arabica* var. *arabica*, también llamada *C. arabica* var. *Typica* Cramer, y *C. arabica* var. *Bourbon* (B. Rodr.) Choussy, comúnmente llamadas *Typicas* y *Bourbon* respectivamente (Anthony, et al., 2000).

2.2 Importancia económica

México es el primer país productor de café en Centroamérica y el séptimo a nivel mundial posición que se señala en el cuadro No. 1 y 2.

Cuadro 1. Producción mundial 2002-2003

Producción Mundial	Millones de sacos de 60 kg.
Colombia	11.25
Vietnam	10.00
Brasil	8.48
Indonesia	5.67
Ecuador, Perú	4.89
India	4.59
México	4.00

Fuente: OIC Informe sobre el Mercado del Café.

Cuadro 2. Producción en Centro América de café en 2002-2003.

México, Centroamérica	Millones de sacos de 60 Kg
México	4.00
Guatemala	3.14
El Salvador	1.34
Honduras	2.50
Nicaragua	1.01
Costa Rica	2.18
El Caribe y otro	1.54

Fuente: OIC Informe sobre el Mercado del Café

A nivel nacional, el Estado de Hidalgo se encuentra en el sexto lugar como se muestra en el cuadro No. 3, además se observa que tiene un rendimiento promedio considerando los demás Estados.

Cuadro 3. Producción de café cereza en México en el año 2002.

Estado	Superficie Ha.	Rendimiento ton/ha.	Valor de la Producción \$
Chiapas	240,800.00	2.544	1,378,336.3
Oaxaca	191,612.00	1.489	516,439.7
Veracruz	151,688.00	2.972	407,332.7
Puebla	59,785.00	4.538	330,628.2
Guerrero	48,077.00	0.996	47,376.6
Hidalgo	40,078.00	1.743	81,565.1
San Luis	19,193.00	0.756	5,816.4

Fuente: Servicio de información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera, SAGARPA. 2002.

En el Estado de Hidalgo el café es el principal cultivo dentro de los perennes

Cuadro No. 4 Cultivos perennes en el Estado de Hidalgo.

CULTIVO	SUPERFICIE SEMBRADA(HA.)	PRODUCCION (TON)	RENDIMIENTO (TON/HA)	VALOR DE LA PRODUCCION (PESOS)
CAFÉ CEREZA	40.078,00	63.902,01	1,74	81.562.865,00
ALFALFA VERDE	39.090,25	3.946.980,19	100,97	532.960.985,56
NARANJA	9.101,00	71.337,03	9,17	22.158.198,70
MAGUEY PULQUERO	6.845,50	**	**	280.156.419,46

Fuente: SAGARPA, SAGEH. 2002.

2.3 Clasificación

La siguiente clasificación fue propuesta por Chevalier (1942), citado por Rivera (1990)

Genero Coffea
 Sección Mascarocoffea
 Subsección erythrocoffea
 Especie *C. arabica*.

2.4 Variedades

Actualmente, los cultivares más utilizados en el mundo son el Mundo Novo, un híbrido entre Bourbon y Typica, el Caturra, un mutante del Borbón, y el Catuai, un híbrido entre Mundo Novo y Caturra. Estos cultivares son altamente productivos y producen un café de buena calidad (Anthony, *et al.*, 2000). En México se reportan las variedades Typica, Bourbon, Caturra, Mundo Novo, Catuai, Garnica, Maragopipe, Pacamara, San Bernardo, San Ramón, Villalobos, Villa Sarchí, Pacas, Blue Mountain, Catimor, Colombia, Sarchimor y Robusta (Rivera, 1990).

2.5 Sistemas de cultivo

Escamilla *et al.*, (1993) reconoce cinco diferentes sistemas de producción de café: rusticano, policultivo tradicional, policultivo comercial especializado y a pleno sol.

2.6 Enfermedades

Las enfermedades del cafeto constituyen uno de los factores que reducen la producción cafetalera y su intensidad está en función de las condiciones ecológicas en que se localizan las plantaciones. Los patógenos más importantes, por su frecuencia y abundancia, son los hongos. Además de los nematodos. Dentro de las principales enfermedades se encuentra la roya del cafeto, *Hemileia vastatrix*; Koleroga o mal de hilachas, *Corticium koleroga*; Ojo de gallo o gotera, *Mycena citricolor*; Requemo o derrite, *Phoma costarricense*; Mancha de hierro o cercospora, *Cercospora coffeicola*; Pudrición radicular del cafeto, *Rosellinia* sp. y Mal rosado, *Corticium salmonicolor*. Dentro de los nematodos más importante está *Meloidogyne incognita* (Regalado y Villanueva, 1990).

2.7 Plagas

El cultivo del cafeto es atacado por plagas, que si no se controlan debidamente, ocasionan graves daños limitando la producción. Existen un gran número de especies de insectos que atacan al cafeto. Los más importantes se mencionan enseguida: Broca del grano del Café, *Hypothenemus hampei*; Minador de la hoja del cafeto, *Leucoptera coffeella*; Piojo harinoso del follaje, *Planococcus citri*; Piojo harinoso de la raíz, *Planococcus citri*; Barrenadores del tallo y ramas, *Plagiohammus* spp. Araña roja, *Oligonychus coffeae*, Chacuatete, *Idiarthron subquadratum*; Escamas, *Saissetia coffea*, *S. oleae*, *Coccus viridis*, *Coccus*

hesperidum, *Selenaspidus articulatus*, Pulgones, *Toxoptera aurantii* y Hormigas, *Atta* spp. *Pogonomyrmex barbatus*, *Solenopsis geminata*, *Lacius niger* americana (Villanueva, et al., 1990).

2.7.1 Broca del café (*Hypothenemus hampei* Ferr.)

2.7.1.1 Origen y distribución

La broca del fruto del café, *Hypothenemus hampei*, tiene su origen en África Ecuatorial. Fue descrita por Ferrari en 1867, en granos de café comercializado, pero solo en 1901 es citado por Gabón (África) como plaga en el campo. Los reportes sobre su distribución se suceden rápidamente. 1902-1904 Congo, 1908 Uganda, 1909 Java y en América fue introducida en 1913, en Brasil (Sao Pablo) y confirmada en 1924. Luego se cita en el Perú en 1962, Guatemala 1971, Honduras 1977, Jamaica 1978, Bolivia 1978, México 1980 y Ecuador 1982.

2.7.1.2 Importancia Económica.

La broca del café es considerada la principal plaga del fruto, siendo uno de los factores que contribuyen a la baja rentabilidad del cultivo. La broca puede reducir la cosecha en más de un 50%, al disminuir la conversión de café cereza a pergamino. Además afecta la calidad del grano y la inocuidad de la bebida (Camilo, 2003).

En México no existe Estado libre reconocido oficialmente y sin presencia de la broca, solo Colima. Los Estados como Chiapas, Guerrero, Hidalgo, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Querétaro, S.L.P. y Veracruz están considerados como zona bajo control Fitosanitario².

2.7.1.3 Clasificación taxonómica

De cazy (1988) posiciona taxonómica de la broca del café de la siguiente manera:

Phylum: Arthropoda

Clase: Insecta

Orden: Coleoptera

Familia: Scolytidae

Genero: *Hypothenemus*

Especie: *H. hampei*

2.7.1.4 Hospederos y dispersión

Los adultos se han encontrado en vainas de *Crotalaria* sp., *Centrosema* sp., *Caesalpinia* sp. y *Leucaena glauca*. Además, en semillas de *Hibiscus* sp., *Rubus* sp. y algunas leguminosas³. La broca también se refugia temporalmente en cápsulas, vainas, grano o frutos de varias especies de plantas (*Phaseolus*

² http://www.senasa.gob.pe/sanidad_vegetal/programas_fitosanitarios/mip_cafeto/broca_del_cafe.htm

³ http://www.senasa.gob.pe/sanidad_vegetal/programas_fitosanitarios/mip_cafeto/broca_del_cafe.htm

lunatus, *Rubus* sp., *Vitis lanceolaria*, *Crotalaria* sp., *Centrosema plumierii*, *Cesalpina* sp., *Leucaena glauca*, *Acacia decurrens*, *Eriobothrya japónica*, *Pisum sativum*, *Zea mays*, *Arachis hypogea* y *Ricinus* sp.); sin embargo, en éstas no se alimenta ni se desarrolla (Sánchez y Hernández, 1999).

Este insecto puede dispersarse volando hasta 375 metros, aunque la mayoría vuelan menos de 50 metros. La dispersión ocurre por varias causas; en busca de frutos para ovipositar o por exceso de humedad en la cereza, entre otros. La causa más importante de diseminación de la plaga ocurre por actividades humanas relacionadas con el cultivo como son, el movimiento de personal, utensilios, costalera, animales o medios de transporte (Velasco, 1995).

2.7.1.5 Descripción morfológica

La broca del café presenta metamorfosis completa, por lo cual pasa por cuatro estados biológicos: huevo, larva, pupa y adulto.

El adulto es de forma cilíndrica oblonga en su parte dorsal, presenta dimorfismo sexual, ya que la hembra mide en promedio 1.8 mm, mientras que el macho es de 1 mm de longitud. Dorsalmente no se observa la cabeza, la broca recién emergida es de color café que con el tiempo se torna negro aunque las patas y las antenas conservan una coloración más clara. La región dorsal del pronoto y élitros tiene setas relativamente largas, erectas, cilíndricas y truncadas repentinamente lo que le da apariencia de corona. Las antenas son acodadas, de 5 segmentos (Torres, 1997).

El huevecillo es globoso ligeramente elíptico, de aspecto lechoso, se le encuentra individual o en grupo dentro del fruto y su tamaño es de alrededor de 0.44 mm. La larva es de color blanco lechoso y tiene el aspecto de un arroz diminuto en forma de "C"; sin patas; con cabeza negra endurecida. Al final de su desarrollo mide de 1.88 a 2.23 mm de largo. Toda esta fase se lleva a cabo dentro del fruto. La pupa es similar a la larva, pero carece de movimiento (Velasco, 1995).

2.7.1.6 Ciclo biológico

El estado de huevecillo dura seis a diez días. Sin embargo, la temperatura tiene una gran influencia en el período de incubación, ya que a 27°C dura nueve días y a 18.7 °C se prolonga a 16 días. En cuanto a la larva esta tiene dos mudas larvales para hembras y una para machos. La duración de este estado biológico fluctúa entre 20 y 26 días. Posterior a esta fase transcurre la etapa de prepupa en la cual la larva se mantiene en reposo sin alimentarse durante dos días aproximadamente. La duración del estado de pupa es muy variable debido a los factores abióticos, teniendo un mínimo de cuatro días hasta un máximo de 10 días. Una hembra tiene de vida en promedio 156 días (Sánchez y Hernández, 1999). Velasco (1995) señala que el ciclo de vida de huevecillo a adulto es de 20 a 37 días.

2.7.1.7 Potencial reproductivo

La hembra oviposita un número de 12 a 63 huevecillos, en promedio 30. La relación hembra/macho es 10:1. El macho emerge de uno a dos días antes que la hembra. La reproducción puede ser consanguínea, aunque en Honduras, en laboratorio, se observó que la broca es capaz de reproducirse partenogenéticamente, a temperaturas de 23.3 ± 2.5 °C y humedad relativa de $81.6 \pm 12.4\%$, reproduciendo 19.3 huevecillos por hembra, con una fertilidad de 55.2% (Llaven, 1997). En contraparte, en Chiapas, Barrera *et.al.* (1995) concluyen que las hembras de *H. hampei* no son capaces de reproducirse partenogénicamente. En la Fig. 1 se muestran algunos hábitos propios de las hembras como de los machos de *H. hampei*, estos pueden ayudar a en el manejo de integrado de la broca del café.

Macho	Hembra
Vive hasta por dos meses.	Vive hasta por cinco meses.
Su única función es la de fecundar a las hembras.	Su función es la de poner huevos.
El macho muere en el mismo grano donde nace. No sale.	La hembra sale del grano donde nace y daña otros granos.
Por cada macho hay 10 hembras.	Su daño es mayor que el causado por el macho.

Fig. 1. Características de la hembra y macho de la broca del café.

2.7.1.8 Daños y pérdidas

El daño a los fruto se inicia de 120 a 130 días después de la floración, que es cuando ya tiene una consistencia maciza, aunque también ataca frutos secos, verdes, maduros y tiernos, éstos últimos debido a su contenido lechoso no permiten la reproducción de la broca. Como se puede observar en las Fig. 2,3 tanto las larvas como los adultos de la broca son las que causan el daño, ya que al alimentarse de la semilla, la destruyen parcial o totalmente, causando pérdidas en rendimiento y calidad del grano. Los frutos verdes que son atacados, con frecuencia se caen ocasionando disminución de la producción y sirviendo de focos de reinfestación si no se recogen. Cuando se presentan altas infestaciones puede haber reducciones de hasta un 80% de la producción (Torres, 1997).



Fig. 2,3. Daños ocasionado por la broca del café.

2.7.1.9 Control

2.7.1.9.1 Control legal

En México, se tiene considera a la broca como plaga A2 y esta en operación la cuarentena interior No. 12 contra la broca del café, desde 1978, misma que aunque no ha evitado en su total diseminación, ha logrado retrasar el avance de la plaga en períodos de tiempo considerables, hecho que ha permitido tomar medidas preventivas necesarias en las áreas libres del problema (Castillo, 1997).

Actualmente se encuentra en operación norma Oficial Mexicana NOM-002-FITO-2000, por la que se establece la campaña contra la broca del café. La SAGARPA (Secretaría de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación), a través del personal oficial y los organismos auxiliares, opera la Campaña contra la broca del café a nivel nacional. En esta, se desarrollan curso de capacitación a técnicos y productores, así también se realizan supervisiones de control cultural, cosecha sanitaria, trampeo, control biológico y, en caso de rebasarse los umbrales económicos o si se trata de un brote nuevo, se realiza el control químico. Estas actividades se llevan a cabo mediante convenios entre los tres niveles de Gobierno: Federal, Estatal y Municipal, que compensan a los productores en el costo del manejo de la broca del café.

2.7.1.9.2 Control Manual

El control manual consiste en la recolección del café que quedo en la planta, así como el del suelo. También se considera el recolectar los frutos prematuros que pueden ser los fuentes principales de reproducción de la broca para una siguiente invasión a todos los frutos. El café recolectado debe de hervirse en agua caliente por 15 minutos, o bien, fumigarlo con pastillas a base fosfuro de aluminio. El propósito es dejar a la broca sin alimento y refugio, reduciendo la posibilidad de invasión de la plaga a los frutos sanos, por lo que se debe cosechar estrictamente todos los frutos.

2.7.1.9.3 Control cultural

Las prácticas más importantes a considerar se describen a continuación:

Poda de los cafetos

Debe adoptarse una poda agresiva en ramas mal formadas, viejas y enfermas, que permita mayor ventilación y mejor entrada de luz en la mayoría de las hileras. Esta actividad debe llevarse a cabo inmediatamente después de la cosecha para evitar daño a la floración, al tejido nuevo y productivo del siguiente ciclo.

Poda de los árboles de sombra

La broca presenta mayor incidencia en los cultivos sombreados que en los manejados a pleno sol. Debe evitarse el exceso, el número promedio de

recomendados es de 100, 90, y 80 árboles por hectárea a una altura de 600, 900 y 1200 msnm, respectivamente y su copa en forma de paraguas que permita el paso de luz. La poda de árboles de sombra debe realizarse al inicio de las lluvias, que es también cuando inicia la floración.

Manejo de la maleza

El control de la maleza tiene una acción directa sobre el control de la broca cuando la maleza está bastante alta no se pueden ver los frutos caídos en el suelo y se dificulta la pepena. Los frutos caídos no se entierran o no se secan, lo que permite la supervivencia de las hembras entre las dos épocas de fructificación. Debe realizarse una limpia de maleza inmediatamente antes y después de la cosecha.

Fertilización

La fertilización oportuna y apropiada favorece menos las floraciones "locas", las cuales permiten la supervivencia de la plaga. Estas floraciones son más abundantes y uniformes, con el consecuente acortamiento del período de fructificación.

El manejo apropiado de todos estos factores de regulación de la broca, por representar prácticas de control cultural contra esta plaga, constituyen además prácticas agronómicas de optimización del rendimiento y calidad de la cosecha.

2.7.1.9.4 Control Etológico

Este control se lleva a cabo con atrayentes alimenticios que sirven como alomonas. Se elaboran a base alcoholes y extractos de café. Las trampas son muy variables dependiendo de la región o país. Cada uno adopta la trampa y el atrayente que más fácil tenga acceso.

En las zonas libres de la broca y las no reconocidas oficialmente como tales, se deberán establecer trampas con semioquímicos durante el periodo inter cosecha, a razón de una densidad de 16 trampas por hectárea. En los límites de zonas libres y las no reconocidas oficialmente como tales, se deberá colocar trampas formando un cordón fitosanitario que permita identificar la situación fitosanitaria⁴.

Estas trampas tiene la finalidad de conocer el estatus fitosanitario de la plaga y demás pueden usarse como una alternativa de control.

2.7.1.9.5 Control Biológico

Este control en la broca del café se esta llevando a cabo en México, sin embargo, los resultados no son muy satisfactorios. Los organismos más utilizados son el hongo entomopatógeno *Beauveria bassina* y el parasitoide *Cephalonomia stephanoderis*, éstos se obtienen de laboratorios o de crías

⁴ <http://web2.senasica.sagarpa.gob.mx/xportal/nom/noms/Doc37/NOM002.doc>

rurales. Los resultados en laboratorio han sido muy buenos, sin embargo, cuando se hacen los mismos trabajos en campo los resultados difieren mucho. En la fig. 4 se observan brocas micosadas por *Beauveria bassiana*, al igual la fig. 5 se aprecia directamente al hongo atacando en campo a la broca que se encuentra en los granos. La Fig. 6 muestra a una avispa de *Cephalonomia stephanoderis* parasitando a una larva de la broca del café, cabe mencionar que puede parasitar también a huevecillos y adultos. Existen otros organismos como el hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae*, y los parasitoides *Prorops nasuta* y *Phymastichus coffea* que deberan hacer pruebas para su mejor aplicación (Barrera, 1999).



Fig. 4, 5. Muerte de la broca del café por *Beauveria bassiana*.



Fig. 6. *Cephalonomia stephanoderis* parasitando a la broca del café.

2.7.1.9.6 Control químico.

Regalado (1996), indica que se debe aplicar el endosulfan 35% C.E. a dosis de 3 milímetros por litro de agua, asperjando cuando la broca se encuentra en "transito" de la cosecha anterior a las nuevas cerezas, es decir, cuando éstos se encuentran semiconsistentes a consistentes. Los insecticidas que se recomiendan para el control de la broca deben ser muy efectivos, que no dejen residuos en el grano y que no contaminen el medio ambiente.

En la Norma Oficial Mexicana NOM-002-FITO-2000, se recomienda uso del control químico solo: En los lugares donde se detecten nuevos brotes de la plaga, deberán aplicarse los productos químicos en la dosis autorizada y registrada para tal efecto ante la Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas (CICOPLAFEST); en las zonas bajo control fitosanitario deberá aplicarse donde los porcentajes de infestación rebasen el 5% de infestación.

2.8 Recepción de estímulos en los insectos

Los insectos tienen habilidad para obtener información del medio y responden a ella de una manera organizada mediante la percepción sensorial, que es una función del sistema nervioso central (SNC), auxiliado por una variedad de órganos sensoriales y los nervios asociados que transmiten la información. La pared del cuerpo tiene sénsulos esparcidos a través de los cuales el sistema

nervioso se pone en contacto con el exterior. Los s nsulos se originan de células especiales en la epidermis que por lo general constan de una o más células receptoras (sensoriales), cada una de las cuales se conecta al SNC por medio del axón. Asociadas con las células receptoras están las células accesorias que forman las estructuras cuticulares que protegen a las células sensoriales. Las células receptoras usualmente son neuronas bipolares que detectan el estímulo y generalmente el impulso nervioso, mismo que es transmitido al SNC (Llanderal, 2000).

En los insectos, la alimentación es esencial para la supervivencia y reproducción, y se valen de varios mecanismos, estímulos internos y externos, para encontrar el alimento. Los estímulos externos pueden ser el olor y color, aunque dependerán también de los estímulos internos tal como el estado fisiológico del insecto, el tiempo desde la última vez que comió, etc. En el caso de los insectos fitófagos el proceso de obtención de alimento se divide en tres etapas: encontrar el alimento, examinarlo y consumirlo. El número de sensores que utiliza el insecto puede incrementarse dependiendo de cada etapa del proceso (Bj rklund, 2004).

Cada tipo de s nsulo detecta una clase específica de energía o estímulo. Un grupo (mecanorreceptores) percibe la energía mecánica generada por fuerzas físicas tales como vibraciones o varios tipos de presión. Otro grupo (quimiorreceptores) percibe la energía química de diversas moléculas y un tercer grupo detecta ondas electromagnéticas, principalmente en forma de luz

(fotorreceptores) y calor (termoreceptores). Independientemente de cual sea la forma de energía que estimula a un receptor, los impulsos eléctricos, transmitidos a lo largo de los nervios, son los mismos y el SNC puede identificar la naturaleza de cada estímulo dependiendo de la clase de receptor sensorial que recibe la señal y de la porción del sistema nervioso en el cual son procesadas las señales (Steinbrecht, 1999).

2.8.1 Mecano-recepción

El sáculo mecano-receptor más común encontrado en el cuerpo de los insectos es el tricoideo. Los receptores para el sentido del tacto son pelos sin poros en cuya base se encuentra la terminación de la dendrita, misma que posee en su punta un manojito denso de microtúbulos llamado cuerpo tubular. El movimiento del pelo en su receptáculo distorsiona el cuerpo tubular e inicia la producción de un potencial receptor. En pelos relacionados con el tacto la estimulación ocurre sólo durante el movimiento del pelo y una desviación sostenida no produce una respuesta sostenida, pero en pelos propioceptores, que informan al insecto de su posición en el ambiente y de la posición de una parte de su cuerpo con relación a otras, la respuesta continúa mientras el pelo está desviado. Los insectos también responden a la dureza del alimento por medio de sáculos que se encuentran en mandíbulas y maxilas, los cuales consisten de células sensoriales con dendritas que se extienden a través de un canal que pasa a través de la cutícula y termina justo debajo de la superficie. En este caso las dendritas no poseen cuerpos tubulares, sino estructura fibrosa

llamada escolopal que se encuentra debajo de la cutícula. Esos receptores corresponden a los llamados órganos cordotonaes y son estimados por presión sobre la punta de la mandíbula (Steinbrecht, 1999).

2.8.2 Quimiorrecepción

La transferencia de información química requiere de una fuente como transmisor, un medio de transmisión (aire o agua) y una estructura especializada como receptor sensorial. Los quimiorreceptores se dividen en olfatorios y del gusto.

2.8.2.1 Gusto

Los receptores del gusto se encuentran en las partes bucales, en las antenas y en los tarsos y varían en número en las diferentes especies. Tienen forma de pelo o de cono con un poro en la punta. En el interior presentan un tubo de material semejante a la cutícula, que lleva en su interior a las dendritas. Por lo general hay de 4 a 6 células sensoriales asociadas con cada pelo simple y las terminaciones de sus dendritas terminan justo en el poro y están embebidas en un mucopolisacárido que permite el paso a través de él de cualquier molécula estimulante. La estructura total del pelo con su base, las células sensoriales y las células de soporte que las rodean, reciben en conjunto el nombre de sáculo (Shanbhag, *et al.*, 1999).

La palomilla *Episphyas postvittana* es una plaga muy importante en la horticultura en Nueva Zelanda y Australia. En esta palomilla se ha estudiado la distribución de tricoideas en las antenas de machos como de hembras y se ha encontrado que el macho tiene mayor número de éstas, por lo que se presume que el macho puede tener mayor capacidad olfativa para la feromonas. Esto debido a, los estudios realizados donde se ha encontrado relación de las tricoideas con recepción de la proteína de la feromona (Jordan, *et al.*, 2003).

2.8.2.2 Olfato

Greiner *et al.*, (2003) reconoce a los sensulos como glumerulus, menciona que es la unidad anatómica y funcional universal para el proceso olfativo primario. En muchos insectos machos se presenta un complejo de glumerulus agrandados, conocidos como complejo macroglumerular, que sirve para detectar los componentes de la feromonas sexuales de la hembra. También indica que este mecanismo de detección de sustancias volátiles se han estudiado para la detección de los componentes volátiles de las plantas.

En los sensulos olfatorios la cutícula está perforada por numerosos poros, por lo que se les llama multiporosos. La estructura puede ser en forma de pelo (tricoideo), de una placa plana (placoideo), una clavija o un pelo hundido en una cavidad dentro de la cutícula (caelocónico). Los sensulos olfatorios son semejantes a los gustatorios, pero diferentes de ellos porque la vaina de la dendrita termina en la base del pelo y a partir de ahí las dendritas se extienden

hacia arriba en la cavidad del pelo. La cantidad de receptores olfatorios varían grandemente entre especies.

Ciertos glomerulus suelen tener traslapes en la susceptibilidad de olores. Esto sucede en la palomilla *Manduca sexta*, donde las neuronas, que no son homogéneas en los glomerulus, responden a una amplia gama de olores; sin embargo, la mayoría responden a una sola categoría de olores (Lei, et al., 2003).

Se sabe que los fitófagos pueden captar un amplio rango de olores. Los insectos responden a los olores del medio, que pueden provenir de fuentes orgánicas e inorgánicas, y son especialmente sensibles a señales químicas relacionadas con el alimento, detección de presas y apareamiento. Además, presentan una gran diversidad de hábitos, desarrollo, forma y hábitos, por lo que sus sésulos quimiorreceptores son extremadamente variables en estructura. Los órganos sensoriales de los insectos o sésulos son estructuras especializadas de la cutícula que se encuentran principalmente sobre las antenas, las cuales también presentan una gran variación en cuanto a forma, pudiendo ser cortas y con muy pocos órganos sensoriales como en algunas larvas y en otros casos filiforme y elongadas como en cucarachas, cortas pero con gran densidad de sésulos en abejas, o bien plumosas como en palomillas. Sobre las antenas también hay receptores para el gusto, temperatura, humedad y mecanorreceptores, aunque la mayor parte de los órganos están relacionados con el olfato (Chapman, 2003).

En el genero *Heliothis* se han encontrado neuronas receptoras altamente especializadas, en las cuales se han identificado componentes activos análogos a los volátiles de las plantas hospedantes de este genero (Rostelien, *et al.*, 2003).

La especie *Anomala cuprea* posee muchos tipos de receptores olfatorios neuronales tanto en la hembra como el macho. Estos receptores son sensitivos a feromonas sexuales, volátiles de las flores, de las hojas y olores desconocidos de los machos. Los receptores se encuentran las antenas, específicamente en las lamelas en ambos macho y hembra (Larsson, *et al.*, 2001)

Llenderal (2000) menciona cuatro tipos de sáculos olfatorios, los cuales pueden estar sobre la superficie de la cutícula o por debajo de ella:

Tricoideo. Estructura en forma de pelo largo de 20-400 μ de longitud. La pared es gruesa, pero se adelgaza progresivamente hacia la punta. Presenta una baja densidad de poros y pocos túbulos por poro.

Basicónico. Constituido por pelos cortos de 10-40 μ de longitud, de pared delgada, con alta densidad de poros y muchos túbulos por poro. Dendritas ramificadas.

Plocoideo. Órgano en forma de placa y porosa que consiste de una estructura cuticular circular.

Caelocónico. Estructura hundida en depresiones de la cutícula, que puede ser simple o formar conjuntos de sésulos en cavidades cuya entrada está protegida por espinas que evitan la contaminación de las estructuras.

En la mosca de la fruta, *Drosophila melanogaster*, se han identificado tres tipos de sésulos olfatorios, éstos están localizados en el tercer segmento antenal y en los palpos maxilares. El sésulo tricoideo esta subdividido en tres subtipos con uno, dos y tres neuronas. El basicónico se subdivide en tres subtipo, primero (dos o cuatro receptores neuronales), segundo (mas de dos y raramente 4 receptores neuronales) y tercero es pequeño (dos receptores neuronales). El coelocónico esta distribuido irregularmente sobre la superficie del funiculo y tiene dos tipo, uno con dos y otro con tres receptores neuronales. El dimorfismo sexual es muy moderado (Shanbhag, *et al.*, 1999). El número potencia biológico de olores que puede detectar una especie polífaga como *Drosophila* esta en el rango de miles (Stensmyr, *et al.*, 2002).

2.8.3 Semioquímicos

Los semioquímicos (del griego *semeon*, una señal) son productos químicos que sirven de intermediarios en las interacciones entre organismos. Los semioquímicos están subdivididos en aleloquímicos y feromonas, dependiendo de si las interacciones son interespecíficas o intraespecíficas, respectivamente.

Entonces, los aleloquímicos son productos químicos significativos para individuos de una especie diferente de la especie que los origina. Los aleloquímicos están subdivididos en varios grupos dependiendo de si la respuesta del receptor es adaptativamente favorable al emisor pero no para el receptor (alomonas); si es favorable al receptor pero no al emisor (kairomonas); o si es favorable tanto para el emisor como para el receptor (sinomonas). Tanto dentro de los aleloquímicos como de las feromonas algunas veces es útil referirse a los productos químicos como interruptores, atrayentes, repelentes, disuasivos, estimulantes u otros términos descriptivos. Estos términos pueden indicar cuál es el comportamiento involucrado en la respuesta tal como un estimulante para la alimentación o un disuasivo para el vuelo (Flint y Doane, 2001).

2.8.3.1 Feromonas

Las feromonas (del griego *phereum*, llevar; *horman*, excitar o estimular) son liberadas por un miembro de una especie para causar una interacción específica en otro miembro de su misma especie. Las feromonas pueden ser clasificadas adicionalmente con base en la acción intermediada, tal como una feromona de alarma, de congregación (o agrupamiento) o sexual (Flint y Doane, 2001).

En México se están utilizando la feromonas en el cultivo de algodón para monitorear al picudo del algodnero (*Anthonomus grandis*), con la finalidad de

identificar las áreas con alta infestación. La trampa que se utiliza es la Scout conteniendo la feromona conocida como Granlure. Estas trampas se colocan en la periferia de todos los campos de algodón a una densidad de 1 trampa por cada 16 hectáreas, en la diapausa del insecto. Durante la fase larga, las trampas se colocan en la periferia o alrededor de los campos de algodón a una densidad de 1 trampa cada 2 hectáreas y se revisan semanalmente. En el caso del gusano rosado (*Pectinophora gossypiella*), la detección se realiza con las trampas tipo Delta, estas trampas son cebadas con dispersores de goma impregnados con la feromona Gossyplure que se colocan en la periferia de los campos de algodón a una densidad de 1 trampas por cada 4 acres y se revisan dos veces a la semana hasta la apertura de las bellotas, a partir de allí se revisan una vez por semana hasta la defoliación y termino de la cosecha⁵.

El principal uso de las feromonas sexuales de insectos es atraer insectos a trampas para detección y determinación de su distribución temporal. En la mayoría de los casos son los machos los que responden a feromonas sexuales producidas por las hembras. Entonces, se diseñan trampas atrayentes que reproducen de manera muy cercana la proporción de componentes químicos y proporción de emisión de las hembras atrayentes. Idealmente, una trampa atrayente debería disipar uniformemente su contenido de feromonas a través del tiempo y en el proceso, no retenerlas o degradarlas en forma permanente. A través de los años se han probado muchos diseños de cebos, pero los de uso común hoy son: fibras huecas de plástico de polivinilo (emiten por ambos

⁵ <http://wee2.senasica.sagarpa.gob.mx/xportal/dgsv/cfito/Doc471/>

extremos), fibras huecas selladas y bolsas (emiten por las paredes) y flecos de plástico laminado (emiten por las paredes y bordes expuestos). Para que la trampa sea efectiva para el monitoreo de poblaciones de insectos, el diseño también es crítico. Las trampas varían en diseño y tamaño dependiendo del comportamiento de los insectos objetivo. Para las evaluaciones de poblaciones, umbrales de aspersión y comparaciones de unos años con otros, son esenciales protocolos de captura consistentes. La información de las capturas de las trampas puede ser muy útil para la toma de decisiones de aplicación de insecticidas y otras medidas de control. Por ejemplo, las capturas en trampas pueden indicar una pérdida del efecto de la feromona sobre la alteración del apareamiento y la necesidad de aplicar de nuevo el tratamiento de la feromona. El monitoreo cuidadoso y la experiencia para interpretar los datos recolectados son importantes para el éxito. Las trampas también se pueden colocar con el objetivo de destruir los machos para control de la población (Flint y Doane, 2001).

Para el finales de la década de los 80's, en México, los productores de tomate, tanto de consumo fresco como para procesar, habían cambiado completamente a programas de MIP (Manejo Integrado de Plagas) alterando el proceso de apareamiento para control del gusano alfiler (*Keifferia lycopersicella*). La feromona NoMATE® es particularmente intrigante porque puede ser usada con éxito contra infestaciones severas de esta plaga. La mayoría de los programas de feromonas requieren que las aplicaciones iniciales comiencen cuando la

plaga tiene una densidad numérica baja. Las trampas y los cebos también son usado ampliamente para detectar los ciclos de emergencia de las palomillas, de modo que se puedan hacer aplicaciones oportunas de feromona o de insecticidas (Jenkins, *et al.*, 1991).

2.8.3.2 Semioquímicos en el control de la broca del fruto del café

Uno de los primeros estudios reportados en Brasil, señalan que utilizando frutos verdes y maduros, se prepararon extractos acuosos de diferentes concentraciones; "puro", al 50 por ciento y al 25 por ciento. Los resultados indican que la respuesta de la broca fue estadísticamente mayor hacia los extractos "puro" y 50 por ciento, respecto al testigo agua y a la concentración del 25 por ciento (Prates, 1969).

Gutierrez *et al.* (1993), describe los pasos del método de extracción de semioquímicos, indicando que para la colecta y selección de frutos, las cerezas deben estar perfectamente maduras, sanas, sin daños físicos, para asegurar la pureza del material biológico es necesario el lavado y secado de los frutos, con la finalidad de eliminar impurezas; despulpado se realiza con la ayuda de un despulpador o molino de nixtamal, separar la cáscara del grano para preparar los extractos por separado. Cuando se preparan extractos de frutos maduros no es necesario este paso; separación del grano o semilla; la trituration debe ser lo más fina posible hasta formar una pasta o polvo, para que el disolvente sea capaz de arrastrar todos los semioquímicos presentes en el fruto, cáscara o

grano según sea el caso; posteriormente se pesan 50 gramos y se colocan en un vaso de precipitados de 250 ml agregándole 30 ml de alcohol etílico más 20 ml de alcohol metílico, agitándolo cada 5 minutos en un tiempo de 20 minutos, para asegurar una efectiva extracción; por último, se procede a filtrar para separar al sólido del líquido y obtener así el extracto en crudo, guardándolo en frascos de vidrio perfectamente limpios. Como difusores se utilizan los trozos de corcho de 3 cm de largo por 2.5 cm de ancho, con un grosor de 0.5 cm que se impregnan en el extracto obtenido y son colocados en el interior de la trampa.

2.8.3.3 Extractos y atrayentes

Gutiérrez *et al.*, (1992) mencionan que realizaron ensayos con extractos crudos de café Robusta en combinación con cloruro de metileno, etanol y cafeína pura, y concluyen que los extractos crudos de frutos maduros de café Robusta más cloruro de metileno y metanol, fueron más atractivos para *H. hampei*. Gutiérrez *et al.*, (1993) en investigaciones realizadas en laboratorios del Soconusco, Chiapas, señalan que la variedad Robusta, fue más atrayente que Marago, Caturra rojo, Mundo novo, Catimor, Catuaí, Bourbón, Caturra amarilla y Typica. También se efectuaron experimentos en campo con trampas hampei y extractos realizados con etanol, metanol, butanol y cloruro de metileno, de cáscara de frutos, frutos maduros, café pergamino y café oro de las variedades Catuaí rojo y Bourbón, concluyendo que existe mayor atracción hacia los extractos de frutos maduros más etanol y metanol de la variedad Bourbon.

En trabajos realizados en Nicaragua se determinó que, con extractos etanólicos o metanólicos de los frutos maduros, se captura una cantidad significativa de adultos, pero únicamente cuando no hay frutos disponibles en las plantas. Se utilizaron 15 trampas por parcela de media hectárea en donde se logró la captura de hasta 3500 adultos por trampa por semana durante los meses de inter cosecha. Las trampas lograron reducir la población sobreviviente de la broca de 400, 000 a 200, 000 adultos/ha (tanto por la captura como por la muerte natural de las brocas, que salieron de los frutos en el suelo, debido al efecto del extracto) y la infestación de la plaga pasó del 16% a 10% en la siguiente cosecha (Quintero y Morales, 1996).

Torres (1997) reporta estudios realizados en El Colegio de la Frontera Sur, en 1992, referentes a la obtención de semioquímicos y diseño de trampas para la broca del café. Los resultados alcanzados dan a conocer que para la elaboración de semioquímicos se requiere utilizar macerados de café pergamino, adicionándole dos partes de etanol y tres de metanol. En lo que respecta a la trampa, ésta se diseñó con un frasco de vidrio, lámina galvanizada y el semioquímico se impregna en un pedazo de corcho.

2.8.3.4 Alomonas

Partiendo del concepto de alomona (la respuesta del receptor es adaptativamente favorable al emisor, pero no para el receptor), en el caso de los volátiles del café, éstos pueden ser utilizados como atrayentes para la

broca. Mathieu *et al.*, (1998) por medio de análisis físico-químicos, identificó 45 volátiles (Anexo 1) que producen las cerezas durante las diferentes etapas de su evolución fenológica que permitieron identificar varios alcoholes y numerosos terpenos. Dentro del grupo de los terpenos se encontró α - y β pinenos que son conocidos como semioquímicos importantes en la selección de sitios de oviposición por parte la palomilla *Panolis flamea* en pinos. En contraste, el limonene es encontrado como repelente para palomillas piralidas. En los coleópteros, y más específicamente en escolitidos, el α -pineno es reportado como semioquímico producido por coníferas y actúa como kairomona para *Dendroctonus* sp.

En un estudio desarrollado en La República del Salvador, se evaluaron diferentes tipos de alcoholes. Los ensayos fueron los siguientes; etanol y metanol a diferentes concentraciones; mezcla de etanol y metanol más extracto de pulpa de café; etanol y metanol más extracto de broca triturado; etanol y metanol más cafeína pura; etanol y metanol más café oro molido, así como, etanol y metanol mas terpenos. De todos estos ensayos se obtuvo la mejor captura en la mezcla de etanol y metanol, superior aun en donde la la cantidad de metanol fue más alta (González y Dufour, 2000).

De 1997 a 1998, el CIRAD y la Fundación Salvadoreña PROMECAFE, han desarrollado estudios sobre el trampeo de la broca del café. Se lograron buenos resultados de captura con el uso de mezclas de atrayentes con metanol como

principal ingrediente activo. Varios modelos de trampas de tipo experimental y comercial fueron probados y luego dos prototipos fueron diseñados para el control de la broca. Aprovechando los logros de los ensayos realizados con estos materiales, un modelo definitivo fue elaborado llamándose trampa BROCAP® que ha sido fabricada de manera industrial y patentizada (Dufour, 2002).

2.8.3.5 Dispositivos

En el uso de la feromonas, la parte importante es el difusor, este puede variar en forma y tamaño. En el caso de la feromona NoMATE se fabrica en fibras, espirales, aretes y en envolturas de polietileno, los cuales permiten la difusión de la feromona en el ambiente. En la trampa Ecobroca y Hampei se utiliza un pedazo de corcho impregnado de semioquímico, en el caso de la trampa Brocap® se utiliza un frasco gotero de 20 ml el cual contiene al atrayente, a este dispositivo también se le conoce como difusor. El término dispositivo se puede ampliar a toda la trampa. Desde el punto de vista práctico el dispositivo tiene la finalidad de confusión o atracción y la trampa su finalidad es la captura a través del dispositivo.

2.8.3.6 Alcoholes

Los alcoholes han jugado un papel muy importante en la elaboración de semioquímicos, así como mezcla entre éstos, para la captura de la broca del café.

Los alcoholes pueden considerarse como derivados del agua, en la que se reemplaza un hidrógeno por un grupo metilo. Los alcoholes se caracterizan por la formación de enlaces de hidrógeno fuertes y, por tanto, tienen puntos de fusión y ebullición elevados, en comparación con los alcanos correspondientes. El grupo hidroxilo confiere polaridad a la molécula y posibilidad de formar enlaces de hidrógeno. La parte carbonada es apolar y resulta hidrófoba. Cuanto mayor es la longitud del alcohol su solubilidad en agua disminuye y aumenta en disolventes poco polares.

El Metanol o alcohol metílico, CH_3OH , se llama también alcohol de madera; antiguamente se producía por destilación destructiva de madera (en ausencia de aire para impedir la ignición). De hecho, la etimología de su nombre se puede rastrear hasta este proceso. En griego, *methe* significa vino y *xilo* quiere decir madera; el alcohol metílico era "vino de madera". Hasta principios del siglo veinte, la destilación destructiva de madera era la fuente de metanol; sin embargo, actualmente se produce en gran escala por reducción de monóxido de carbono con hidrógeno. En la industria, el metanol se convierte en formaldehído o se usa para sintetizar otras sustancias químicas; se usa como

disolvente y como combustible que arde con limpieza. El metanol también puede tener una nueva aplicación en agricultura (Bailey y Bailey, 1998). Este alcohol fue descubierto por Taylor en 1812. Se encuentra en algunos frutos verdes de vegetales (Lenz, 1977).

Al alcohol etílico es común referirse como al alcohol de grano o alcohol de bebidas porque se puede producir por fermentación de azúcares naturales y almidones hidrolizados presentes en uvas y granos. El proceso de fermentación se usa para producir bebidas alcohólicas, las cuales se pueden dividir en tres categorías (cervezas, vinos y licores). Se piensa comúnmente en la fermentación como el proceso para la producción natural de alcohol. Sin embargo, se trata de un proceso mucho más universal que comprende un cambio metabólico causado levaduras que actúa sobre materiales orgánicos. El etanol tiene muchas aplicaciones importantes entre ellas su uso como disolvente. El alcohol etílico que se produce para usos distintos del consumo humano se desnaturaliza con alcoholes metílico e isopropílico y no está sujeto a regulaciones. Para fines comerciales, el etanol se produce comúnmente por hidratación del eteno (Bailey y Bailey, 1998).

Cuadro 5. Propiedades Físico-Químicas de los Alcoholes.

Compuesto	IUPAC	Común	p.f. (°C)	p.eb. (°C)	solub. en agua
CH ₃ OH	Metanol	Alcohol metílico	-97.8	65.0	Infinita
CH ₃ CH ₂ OH	Etanol	Alcohol etílico	-114.7	78.5	Infinita
CH ₃ (CH ₂) ₂ OH	1-Propanol	Alcohol propílico	-126.5	97.4	Infinita
CH ₃ CHOHCH ₃	2-Propanol	Isopropanol	-89.5	82.4	Infinita
CH ₃ CHClCH ₃	2-Cloro- propano	Cloruro de isopropilo	-117.2	35.7	3.1 g/L
CH ₃ CH ₂ CH ₃	Propano		-187.7	-42.1	0.038 g/L
CH ₃ (CH ₂) ₃ OH	1-Butanol	Alcohol butílico	-89.5	117.3	80 g/L
(CH ₃) ₃ COH	2-Metil-2- propanol	Alcohol <i>terc</i> - butílico	25.5	82.2	Infinita

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización del experimento

El presente experimento se realizó en el Distrito de Desarrollo Rural (DDR) 065-Tulancingo, Hgo. De entre los tres municipios cafetaleros que conforman al DDR se encuentran: Tenango de Doria, San Bartolo Tutotetec y Huehuetla, esté último es el más importante por la extensión cafetalera con que cuenta. Se tomaron tres localidades de Huehuetla para desarrollar el experimento, la primera fue Juntas Chicas que se encuentra a 460 msnm, la segunda en San Estaban que esta a 680 m y la tercera en La Esperanza I que se encuentra a 982 msnm. El estudio se desarrollo del 23 de marzo al 30 junio del 2004.

Las características de las parcelas donde se llevo a cabo el presente estudio se presentan a continuación.

Cuadro 6. Características de las parcelas del estudio.

	Localidad 1	Localidad 2	Localidad 3
Municipio	Huehuetla	Huehuetla	Huehuetla
Localidad	Juntas Chicas	San Esteban	La Esperanza
Productor	Elías Tolentino	Yornado Tolentino	Rubén Domínguez
Predio	Arrollo	Dextho	El Manantial
Variedad	Criollo y Bourbon	Criollo y Bourbon	Criollo y Bourbon
Altura msnm	460	680	982
% de infestación	5%	2%	2.5%

El Municipio de Huehuetla esta localizado geográficamente es por el Norte latitud 20° 28' 35" y por el Oeste longitud de 98° 05' 36", encontrándose a una altitud sobre el nivel del mar de 520 metros.

3.2 Clima

En este municipio podemos encontrar un clima muy agradable en el cual se registra en un rango de subcálido a cálido, presentando una temperatura media anual de 21 °C y una precipitación pluvial de 2,422 milímetros cúbicos por año.

3.3 Diseño Experimental

3.3.1 Modelo Lineal

En cada localidad el experimento fue establecido bajo un diseño completamente al azar, donde la variable de respuesta es el área bajo la curva del progreso de captura de la broca. El diseño experimental empleado fue completamente al azar, con cuatro repeticiones y la unidad experimental estuvo constituida por una trampa y cada tratamiento por cuatro trampas.

3.3.2 Tratamientos

Los tratamientos estuvieron constituidos por diferentes atrayentes y diferentes trampas. Estos se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro 7. Tratamientos usados para la captura de la broca del café.

No.	Trampa	Atrayente
1	Trampa comercial BROCAP®	BROCAP®
2	Trampa "Ecobroca"	Semioquímico
3	Trampa rústica	Etanol
4	Trampa rústica	Agua
5	Trampa rústica	Metanol
6	Trampa rústica	BROCAP®

Como el atrayente de la trampa Brocap® esta elaborado a base de metanol principalmente, se decidió poner a prueba un tratamiento formado por una trampa rustica con un frasco gotero lleno de metanol solamente, y otro tratamiento más con una trampa rustica y el atrayente de la trampa Brocap®. Esto con la finalidad de conocer si la forma y color de la trampa tenia una influencia sobre la capacidad de atracción, y en el caso del metanol solo, es para saber si son necesarios los colorantes y demás ingredientes que no especifica la etiqueta del atrayente de la trampa Brocap® en la atracción de la broca.

3.3.3 Colocación de trampas

Las trampas se distribuyeron de manera homogénea en el cafetal. Se colocaron cada 6 plantas en marco real y la distancia entre plantas fue de 3 m. Por lo que las trampas fueron colocadas cada 18 metros.

3.4 Variable respuesta

Esta compuesta por el área bajo la curva del progreso de captura de la broca. Para evaluar la capacidad de trampeo se revisaron cada semana. Para ello se vaciaba el líquido de captura en una tela color rojo, donde se podía observar mejor las brocas por el color contrastante y se contabilizaba el número de brocas capturadas por trampa.

Para la evaluación se tomaron datos de abril a junio semanalmente, esto para su posterior análisis.

3.5 Análisis de datos

Se obtuvieron las área bajo la curva para cada tratamiento y repetición y se les práctico el análisis de varianza y la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) con el paquete de análisis estadístico SAS® (Statistical Analysis System) para determinar las medias y agrupaciones del área bajo la curva de cada tratamiento por cada mes.

3.6 Manejo agronómico

Las parcelas están sembradas bajo el sistema bajo sombra. En las tres localidades se realizó control de malezas; en la localidad de Juntas Chicas se

realizo con el herbicida paraquat, en San Esteban y La Esperanza I se llevo a cabo de forma manual con machete. La poda solo fue necesaria en Juntas Chicas y La Esperanza, estas actividades se desarrollaron en el mes de abril.

3.7 Elaboración del extracto

Para la obtención de los extractos se utilizo el método planteado por Gutiérrez *et al.*, (1993), con algunas modificaciones, para facilitar el proceso de extracción de los oligopeptidos, para lo cual se utilizó la siguiente metodología.

- Debido a la época en que se elaboraron los extractos ya no existía café cereza, por lo que se utilizo café oro.
- En un molino manual se molió el café oro y se obtuvo la pasta.
- Se tomaron 250 gramos de café molido y se le agrego 80 ml de etanol y 120 ml de metanol; se homogenizó la mezcla cada 5 minutos, durante 30 min.
- Después se separo el extracto del café y se guardo
- Se utilizaron pedazos de corcho impregnados durante una semana como dispersores.

3.8 Características de las trampas

La BROCAP®

En la Fig. 7 se muestra la trampa comercial Brocap®, que mide cerca de 50 centímetros de alto. Fue diseñada y experimentada en El Salvador por la Fundación PROCAFE con el apoyo de CIRAD/PROMECAFE. En la parte superior tienen unas aspas dentro de las cuales se coloca difusor que contiene el atrayente. Una vez atraído hacia ellas, el insecto golpea las aspas, resbala por el cono y cae en un depósito colocado en la parte inferior de la trampa, y queda atrapada en el líquido de captura.

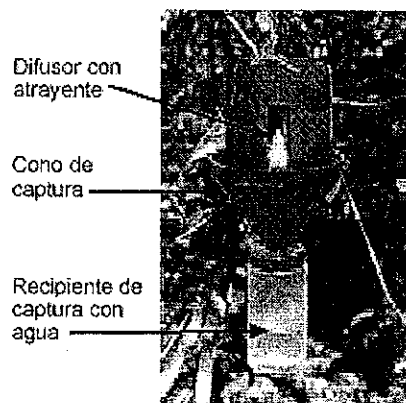


Figura 7. Trampa Brocap®.

Trampa "Ecobroca"

Esta elaborada en base a la trampa "hampei", con modificaciones en materiales y medidas. En la Fig. 8 se puede apreciar que el diseño actual es pequeño y menos pesado que el anterior, los materiales son plástico y alambre. La constituye un plato que sirve la evitar la entrada de hojas y basura, así se evita

que se tapa la entrada de la brocas. El soporte o aspás, sirve para que el insecto al acercarse golpe, resbale por el cono y entre en la trampa, una vez dentro es difícil que salga, ya que, el orificio de salida es muy pequeño. En este caso el dispositivo es un corcho.

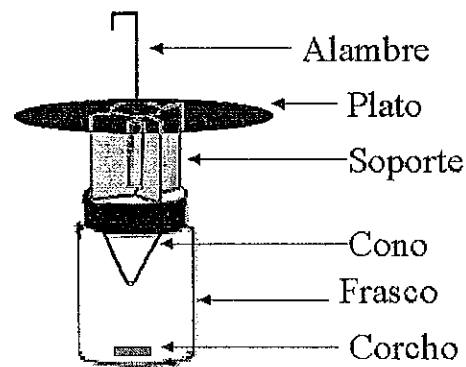


Figura 8. Trampa Ecobroca.

Trampa "Rústica"

Debido a los costos que representan las trampas anteriores, se ha diseñado la trampa rústica, esta elaborada de materiales desechables como botellas de plástico y otras. En la Fig. 9 se muestra la simplicidad de la trampa, que consta de una botella a la cual, se le hace uno o dos orificios y dentro de coloca el gotero con el atrayente (difusor), en el fondo se coloca el liquido de captura. La broca al entrar choca con las paredes de la botella o bien con el difusor y cae en el liquido de captura.

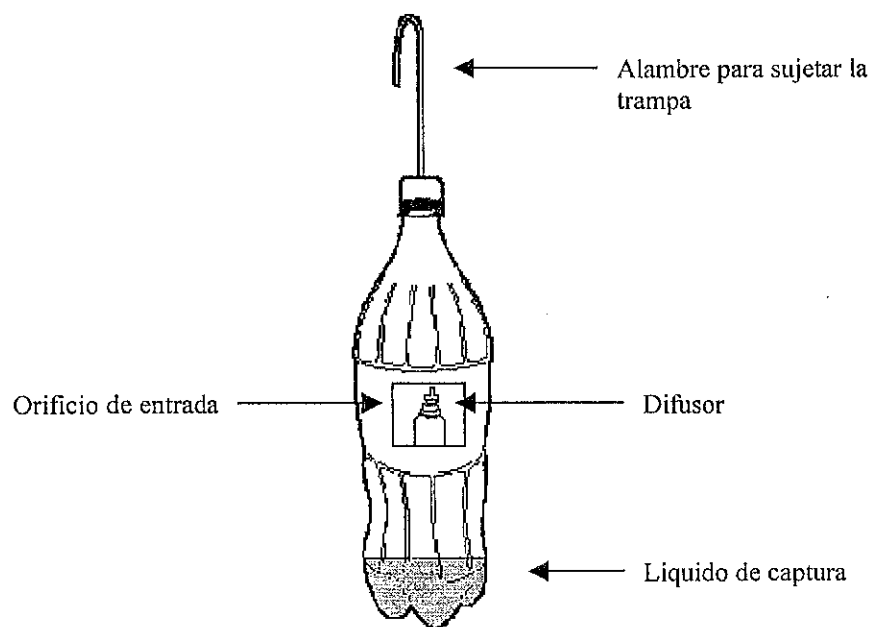


Figura 9. Trampa Rustica

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1 Resultados

Para el análisis de este estudio, se realizaron pruebas de Tukey del área bajo la curva para cada localidad y en cada mes.

Cuadro 8. Área bajo la curva del progreso de la captura de la broca del café en el mes de abril en Juntas Chicas, Huehuetla, Hgo. Méx.

Tratamientos	Media del área bajo la curva	Agrupación
1	188.00	A*
2	7.75	B
3	7.50	B
4	0.00	B

Tratamientos 1: Trampa Brocap® + Atrayente Brocap®, 2: Trampa Ecobroca + Semioquímico, 3: Trampa rústica + Etanol y 4: Trampa rústica. Prueba Tukey ($\alpha=0.05$). * Cifras con las mismas letras son estadísticamente iguales.

En el cuadro número ocho, se aprecia que el área bajo la curva del tratamiento uno para la localidad de Juntas Chicas es una de las más grandes. Los demás tratamientos son estadísticamente iguales entre sí, aunque tienen una media por arriba del testigo. Esta diferencia no se aprecia debido a los rangos que maneja la prueba de Tukey son grandes, y la medias son muy chicas, tomando en consideración la media del tratamiento uno. Resultando éste último el mejor tratamiento. De la operación de las trampas en campo, podemos aportar algunas observaciones, en el caso del tratamiento dos; el corcho mojado con el

semioquímico se secaba pronto, ésto sucedía a los dos o tres días después de colocado. De esta manera la trampa quedaba sin atrayente el resto de la semana. El atrayente del tratamiento uno parece funcionar bien, sin embargo, la trampa al no tener algún aditamento que cubriera la parte superior, la entrada se obstruía por las hojas que se desprenden tanto del cafetal como de los árboles de sombra.

La obstrucción podía suceder en el primer día o bien en el resto de la semana, si sucedía en los primeros días, el difusor estaría atrayendo a la broca del café, sin embargo, ésta no era atrapada por la trampa al estar obstruida la entrada del cono. Por otro lado, cuando la obstrucción se daba al final de la semana, se obtenía una mayor captura de la broca. De esta manera resultaron semanas con mayor captura que otras.

Cuadro 9. Área bajo la curva del progreso de la captura de la broca del café en el mes de abril en San Esteba, Huehuetla, Hgo. Méx.

Tratamientos	Media del área bajo la curva	Agrupación
1	24.75	A*
2	3.75	B
3	3.25	B
4	0.00	B

Tratamientos 1: Trampa Brocap® + Atrayente Brocap®, 2: Trampa Ecobroca + Semioquímico, 3: Trampa rústica + Etanol y 4: Trampa rústica. Prueba Tukey ($\alpha=0.05$). * Cifras con las mismas letras son estadísticamente iguales.

En la localidad de San Esteban, que se encuentra a mayor altura sobre el nivel del mar, en comparación con Juntas Chicas, como se puede apreciar en el cuadro nueve, se obtuvo una menor captura de la broca del café. También en

esta localidad el tratamiento uno resulto ser el mejor en la captura, el resto de los tratamiento es colocado según la prueba de Tukey en otro grupo. Tanto en la localidad de Juntas Chicas como en San Esteban los tratamientos 2 y 3 muestran una media del área bajo la curva con pocas unidades. En el caso de San Esteban ligeramente por arriba de las tres unidades y el testigo como era de esperarse es de cero. Los problemas de operación de los atrayentes como de la trampa son los mismo que en Juntas Chicas.

Cuadro 10. Área bajo la curva del progreso de la captura de la broca del café en el mes de abril en La Esperanza, Huehuetla, Hgo. Méx.

Tratamientos	Media del área bajo la curva	Agrupación
1	25.50	A*
2	0.50	B
3	5.25	B
4	0.00	B

Tratamientos 1: Trampa Brocap® + Atrayente Brocap®, 2: Trampa Ecobroca + Semioquímico, 3: Trampa rústica + Etanol y 4: Trampa rústica. Prueba Tukey ($\alpha=0.05$). * Cifras con las mismas letras son estadísticamente iguales.

La localidad de La Esperanza se encuentra aproximadamente a 1000 msnm, esta altura afecta drásticamente la reproducción y adaptabilidad de la broca del café, reflejándose en el área bajo la curva de captura de la broca para esta localidad como se muestra en el Cuadro 10. En este sitio el tratamiento sigue siendo el mejor en la captura de la broca, el resto de los tratamientos son estadísticamente iguales, el tratamiento dos para esta localidad proporciona un área bajo la curva de 0.5 unidades; incluso por abajo del tratamiento tres que en las dos localidades anteriores estaba ligeramente por abajo del segundo tratamiento. Para esta localidad, se siguen presentando los problemas

operacionales en la trampa del tratamiento uno y del dispositivo del tratamiento dos. En los cuales se obstruye la entrada de la trampa Brocap® por las hojas que caen tanto de los árboles de sombra como del propio café y el corcho impregnado por el semioquímico se seca en la trampa "Ecobroca".

Cuadro 11. Área bajo la curva del progreso de la captura de la broca del café en los meses de mayo y Junio en Juntas Chicas, Huehuetla, Hgo. Méx.

Tratamientos	Mayo		Junio	
	Media del área bajo la curva	Agrupación	Media del área bajo la curva	Agrupación
1	241.50	A*	239.00	A*
2	113.00	B	177.00	A
3	9.00	C	11.00	B
4	0.00	C	0.00	B

Tratamientos 1: Trampa Brocap® + Atrayente Brocap®, 2: Trampa Ecobroca + Semioquímico, 3: Trampa rústica + Etanol y 4: Trampa rústica. Prueba Tukey ($\alpha=0.05$). *Cifras con las mismas letras dentro de la misma columna, son estadísticamente iguales.

Como se aprecia en el cuadro 11 el tratamiento uno fue el mejor en esta localidad. También se observa que la media subió aproximadamente 60 unidades en los dos siguientes meses. El tratamiento dos presento un incremento en área bajo la curva de mas de 100 unidades. Lo anterior se debe a las modificaciones que se realizaron en la semana cinco. Los cambios fueron los siguientes, al tener el problema operacional del secado de los corchos de las trampas Ecobroca en el tratamiento dos, se decidió utilizar otro difusor, en este caso, un frasco gotero con el semioquímico dentro, así se mantendría constante la evaporación del mismo. Además, se colocó liquido de captura en la trampa, ésta en su forma original no utiliza liquido de captura, al llevar un cono

en la entrada de la trampa, la broca entra con facilidad pero la salida resulta difícil por ser un orificio pequeño.

A partir de la semana seis la captura se incrementó como se puede observar en el anexo dos. Con esta modificación, el área bajo la curva de progreso de captura de la broca se incrementó y se mantuvo constante en las siguientes semanas.

El tratamiento tres mantiene un área bajo la curva muy pequeña, está no se modifica en el transcurso del tiempo, esto a pesar de que el atrayente se ha mantenido en un gotero y la evaporación del etanol ha sido constante. El tratamiento testigo como se esperaba reporta un área bajo la curva de cero.

En el cuadro 11 se observan diferencias estadísticas en el mes de mayo para los tratamientos uno y dos, sin embargo, para el mes de junio las medias son estadísticamente iguales, aunque desde el punto de vista práctico son diferentes. Lo anterior se debe, a los cambios realizados en la trampa y el difusor del tratamiento dos. Como el cambio se da en la semana cinco, es de esperar que el incremento en la captura se de en la semana seis, por lo que la primera semana de mayo la captura es baja como se observa en el anexo dos. No sucede así en el mes de junio donde las capturas son altas en las cuatro semanas, lo cual lleva a colocarse al tratamiento dos junto con el tratamiento uno como los mejores en la captura de broca.

En el anexo dos se aprecian dos picos en el área bajo la curva del progreso de captura de la broca del café, esto se debe a las lluvias que se presentaron en la semana anterior al pico que se observa. Existe un pico más en la semana 4, aunque los más grandes aparecen en la semana 7 y 11. La broca que se encuentra en los granos caídos al suelo, estos al humedecerse o pudrirse son abandonados y la broca emigra en busca de alimento y refugio, siendo atraída hacia la trampa que contiene un atrayente alimenticio.

Cuadro 12. Área bajo la curva del progreso de la captura de la broca del café en los meses de mayo y Junio en San Esteban, Huehuetla, Hgo. Méx.

Tratamientos	Mayo		Junio	
	Media del área bajo la curva	Agrupación	Media del área bajo la curva	Agrupación
1	78.25	A*	55.50	A*
2	71.25	AB	69.25	A
3	5.50	BC	2.50	B
4	0.00	C	0.00	B

Tratamientos 1: Trampa Brocap® + Atrayente Brocap®, 2: Trampa Ecobroca + Semioquímico, 3: Trampa rústica + Etanol y 4: Trampa rústica. Prueba Tukey ($\alpha=0.05$). *Cifras con las mismas letras dentro de la misma columna, son estadísticamente iguales.

Como se menciono anteriormente, la altura influye en la reproducción y hábitos de colonización de la broca del café, lo cual repercute en la captura de la misma. Se aprecia en el cuadro 12 que en esta localidad el tratamiento uno fue también el mejor, sin embargo, el tratamiento dos ha incrementado su capacidad de captura. Los cambios que se hicieron en la trampa y difusor en Juntas Chicas se realizaron de igual manera para esta localidad, lo cual contribuyo a su mejor operación. El cambio se realizo en la semana cinco, así la

captura incremento en la semana seis como se observa en el anexo tres. El haber hecho los cambios hasta la semana cinco repercutió en la agrupación que se observa en el cuadro 12 en los tratamientos uno y dos en el mes de mayo, aunque estadísticamente y de forma práctica podemos decir que son iguales.

En el mes de junio el tratamiento uno y dos son estadísticamente iguales y cabe mencionar aquí que el tratamiento dos supero ligeramente al uno con unas 14 unidades. Los cambios realizados en la trampa y atrayente, repercutieron fuertemente en la operación y capacidad de captura de la broca del café. El tratamiento tres no mostró diferencia en el área bajo la curva de progreso de captura, incluso en el último mes, disminuyo su capacidad de captura.

En el anexo tres podemos apreciar una variabilidad en el comportamiento del área bajo la curva de progreso de captura de la broca en esta localidad. Existen dos picos; uno en la semana siete y otro en la novena semana. Los picos son resultado de las lluvias que cayeron días antes, dando como resultado la emigración de la broca. Las capturas que muestran las trampas en el anexo tres se incrementan a partir de la semana cuatro y disminuyen en la semana 10, esto puede deberse al bajo porcentaje de infestación que se registro en el muestreo de la parcela, que fue de 2%.

Cuadro 13. Área bajo la curva del progreso de la captura de la broca del café en los meses de mayo y Junio en La Esperanza, Huehuetla, Hgo. Méx.

Tratamientos	Mayo		Junio	
	Media del área bajo la curva	Agrupación	Media del área bajo la curva	Agrupación
1	141.25	A*	122.75	A*
2	33.00	B	46.50	B
3	2.75	B	5.50	B
4	0.00	B	0.00	B

Tratamientos 1: Trampa Brocap® + Atrayente Brocap®, 2: Trampa Ecobroca + Semioquímico, 3: Trampa rústica + Etanol y 4: Trampa rústica. Prueba Tukey ($\alpha=0.05$). *Cifras con las mismas letras dentro de la misma columna, son estadísticamente iguales.

Para esta localidad la captura de broca se incrementó en el mes de mayo en los dos primeros tratamientos. De igual manera en esta localidad el tratamiento uno se comportó como el mejor. Se reflejan en el cuadro 13 los cambios realizados en la trampa y difusor para el tratamiento dos. Estos cambios se dieron en los mismos tiempos y formas que las dos localidades anteriores. La captura se incremento a partir de la semana seis, como se observa en el anexo 4. Sin embargo, esta no fue tan alta como para ser colocada fuera del grupo del testigo. Desde el punto de vista practico, se aprecia que hay diferencias en el área bajo la curva del tratamiento dos con respecto al tres y cuatro. Los cambios realizados para el tratamiento dos fueron apremiantes para las tres localidades donde se desarrollo el estudio. En esta localidad el incremento del área bajo la curva fue de prácticamente cero en el mes de abril a 33 y 46 unidades para los meses de mayo y junio respectivamente.

La colocación de las trampas, para esta localidad, se realizó inmediatamente después de terminada la cosecha, esto debido a la altura en que se encuentra

la parcela, siendo esta de aproximadamente 1000 msnm por lo que la cosecha se retrasa con respecto a las localidades anteriores, consecuencia de ello, los granos caídos tardan en descomponerse, o bien, la broca tarda en consumirlos, por lo cual la captura fue muy baja para el primer mes. Como se refleja en el anexo cuatro, existe un pico alto en el área bajo la curva de progreso de la captura en la semana ocho, aunque inició desde la semana seis y disminuye en la semana 10, durante estas cuatro semana las unidades de captura son altamente significativas en el control de la broca del café. En la semana 12 se aprecia el inicio de otro pico, lo cual nos indica que aun se puede seguir con el trampeo de la broca en esta localidad.

Cuadro 14. Área bajo la curva del progreso de la captura de la broca del café en los meses de abril, mayo y junio en Juntas Chicas, Huehuetla, Hgo. Méx. (Se muestran los resultados de los seis tratamientos).

Tratamiento	Abril		Mayo		Junio	
	Media del área bajo la curva	Agrupación	Media del área bajo la curva	Agrupación	Media del área bajo la curva	Agrupación
5	266.25	A*	321.50	A*	350.50	A*
6	247.50	A	282.50	A	289.00	AB
1	188.00	B	241.50	A	239.00	BC
2	7.75	C	113.00	B	177.00	C
3	7.50	C	9.00	C	11.00	C
4	0.00	C	0.00	C	0.00	C

Tratamientos 1: Trampa Brocap® + Atrayente Brocap®, 2: Trampa Ecobroca + Semioquímico, 3: Trampa rústica + Etanol, 4: Trampa rústica, 5: Trampa rústica + metanol y 6: Trampa rústica + Atrayente Brocap®. Prueba Tukey ($\alpha=0.05$). *Cifras con las mismas letras dentro de la misma columna, son estadísticamente iguales.

Como se puede observar en el cuadro 14, los tratamientos cinco y seis resultaron ser los mejores en la captura de la broca del café. De esta forma podemos afirmar que el ingrediente activo del atrayente de la trampa Brocap®

es el metanol. El resto de los componentes como son el colorante y estructura de la trampa resultan ser estéticos. El tratamiento uno en el mes de abril es colocado en un grupo aparte, esto se debe a los problemas operacionales expuestos anteriormente. La trampa rústica del tratamiento cinco y seis construida por una botella, está no tiene el problema de obstrucción, ya que las hojas resbalan por las paredes de la misma. Así, el difusor se mantiene funcionando al igual que los orificios de entrada de la trampa.

El tratamiento cinco elaborado a partir de la trampa rústica y el atrayente metanol nos muestran resultados muy satisfactorios, ya que en los tres meses resulto ser uno de los mejores. En el mes de mayo los tratamientos uno, cinco y seis, son estadísticamente iguales, esto indica que la obstrucción se dio al final de la semana y la captura fue similar entre los tratamientos. Sin embargo, aun sigue repercutiendo de manera práctica esta obstrucción, porque a pesar de ser estadísticamente iguales, existe una diferencia de por lo menos 40 y 80 unidades con los tratamientos seis y cinco respectivamente. Estas diferencias de unidades pueden repercutir en el porcentaje de infestación inicial en las nuevos frutos y en las reinfestaciones posteriores, esto considerando la capacidad reproductiva de la broca. Para el mes de junio estas diferencias son más marcadas y la agrupación resultante evidencia los problemas operacionales de la trampa comercial Brocap®, ya que era de esperarse fueran los mismos resultados o incluso mejores a los reportados en el tratamiento seis.

El tratamiento uno en las tres localidades resulto ser altamente eficiente, sin embargo, los cambios realizados nos muestran que la capacidad de captura puede incrementarse si se evita la obstrucción de la entrada de la trampa.

Cuadro 15. Costos de los tratamientos.

Tratamiento	Costo por unidad \$	Trampas/ Ha	Duración (años)	Costo /Ha. (\$)
1	36.00	14	4	516.00
2	16.00	16	4	256.00
3	1.00	16	2	16.00
4	-	-	-	-
5	1.00	16	2	16.00
6	10.00	16	2	160.00

A simple vista podemos observar que el tratamiento más barato es el cinco, quien además resulto ser de los mejores. Por lo cual éste tratamiento, sería el ideal para recomendarse a los productores que tengan el problema de la broca del café.

La trampa Brocap® viene con dos difusores, los cuales pueden ser utilizados en los dos primeros años; en el caso de la trampa Ecobroca se cambiaría el difusor al siguiente año, lo cual incrementaría en un peso el costo. Las trampas rústicas también tendrían que cambiarse el difusor y también se incrementaría en un peso el costo. El caso del tratamiento seis es especial ya que la trampa no es el problema sino el atrayente de la trampa Brocap se tendría que importar de La Republica del Salvador que es donde la fabrican, incrementándose así

los costos. Se calcula que el atrayente o difusor tendría un precio de aproximadamente \$ 10.00 por lo que resultaría cara la aplicación de este tratamiento. La durabilidad de los difusores puede llegar hasta los 5 meses, esto también dependiendo de la temperatura y humedad en el ambiente, con lo cual nos cubriría prácticamente todo el periodo "intercosecha".

Si partimos que la durabilidad de la trampa Brocap® y Ecobroca es de cuatro años, y la rustica de dos años. Sacando el costo por año resultaría de la siguiente manera.

Cuadro 16. Análisis del costo de los tratamientos en el tiempo de utilidad de las trampas.

Tratamiento	Costo por unidad \$	Costo /Ha. (\$)	Costo adicional a los siguientes 3 años	Costo/año/Ha.
1	36.00	516.00	320*	209.00
2	16.00	256.00	48	76.00
3	1.00	16.00	48	16.00
4	-	-		-
5	1.00	16.00	48	16.00
6	10.00	160.00	480	160.00

* No se consideran los cambios de los precios en el tiempo.

Lo anterior es porque no se tendría que comprar trampas cada año, sin embargo aun con la amortización del costo en el tiempo, el tratamiento cinco es el más barato y eficiente en la captura de la broca del café.

4.2 Discusión

En el presente estudio, se demostró la capacidad de atracción que tienen los difusores en campo. En el caso del atrayente Brocap® encontramos que fue uno de los mejores, reportando alta susceptibilidad a la atracción de la broca del café. Sin embargo, las capturas pueden variar de un sitio a otro porque dependen principalmente de la abundancia de las poblaciones locales aptas para emigrar y de la presencia oportuna de los principales factores que provocan las migraciones, tales como el calor y la humedad (Dufour, 2002). Estos mismos resultados los encontramos en las localidades de Juntas Chicas donde el porcentaje de infestación fue más alto, además de las condiciones climáticas que son favorables para la broca, no sucediendo así, en San Esteban y La Esperanza, donde los factores abióticos y de infestación inicial no fueron altas, dando como resultado capturas bajas.

Los semioquímicos elaborados a partir de café y las mezclas de etanol y metanol, fueron eficientes en la captura de la broca del café. Sin embargo, esta depende de las condiciones de disposición de alimento, incidencia de la broca, humedad, temperatura y altura sobre el nivel mar, así como sus interrelaciones. Llaven y Velásquez (1997), reportan capturas de broca para el Municipio de Tepatlaxco, Veracruz en los rangos de 35 hasta 100 brocas por trampa por semana, incrementándose la captura conforme la altura disminuye. Sánchez y Hernández (1999) encontraron a 680 msnm una captura con el semioquímico

de 35 brocas por trampa por semana y a 800 msnm 340 brocas por trampa por semana. Lo anterior se debía a que en esta última localidad estaba sembrada con *Coffea canephora*, presentándose floraciones todo el año y con ello frutos disponibles para la reproducción de la broca. Esto llevo a que se presentara una infestación y mayor captura de broca que en un sitio más bajo. En este estudio la localidad de San Esteban se encuentra a una menor altura que La Esperanza, en base a esto, se esperaría una mayor infestación. Sin embargo, la infestación es mas alta en La Esperanza, dando como resultado mayor captura de broca. Además en esta localidad, existía una densidad poblacional muy alta que ocasionaba el cierre de la huerta y con ello la abundancia de humedad, por lo que las condiciones de reproducción para la broca fueron mejores que en San Esteban.

Las mayores capturas las encontramos después de lluvias como lo reporta Dufour *et al.*, (1999), donde los picos de capturas los asocia con las primeras precipitaciones significativas que marcan el final de la estación seca. Además señala que las lluvias precoces aumentan el periodo de trampeo.

González y Dufour (2001), señalan que la hembras de *Hypothenemus hampei*, aptas a la oviposición y saliendo de las cerezas donde nacieron, tienen un comportamiento de búsqueda de nuevos hospederos. Este comportamiento está generado por la atracción que provoca las moléculas volátiles elaboradas por las cerezas de café. Según Mathieu *et al.*, (1998), la broca cuando se encuentra en libre elección, las hembras se orientan hacia las cerezas maduras

(rojas), dejando las cerezas inmaduras (verdes). Los análisis físico-químicos de las sustancias volátiles que producen las cerezas durante su evolución fenológica, permitieron identificar varios alcoholes y numerosos terpenos. Estas sustancias, las producen más las cerezas rojas que las verdes (Anexo1).

De acuerdo al estudio realizado por Mathieu *et al.*, (1998), conforme avanza la maduración de las cerezas del café, también aumenta la producción de compuestos oxigenados, grupo donde se encuentran los alcoholes, fenoles, éteres, aldehídos, cetonas, entre otros (Vega, 2000). Lenz (1977) señala que al aumentar el número de átomos de carbono en la molécula de un alcohol, la influencia del grupo (-OH) es menos pronunciada. Los alcoholes que se utilizaron en este estudio son los llamados primarios, ya que están constituidos de cadenas lineales. De acuerdo a lo anterior, el metanol sería el más activo por tener un solo átomo de carbono a diferencia del Etanol que tiene dos y más átomos de hidrógeno, resultando el metanol más atractivo para la broca del café,

Se han evaluado diferentes mezclas y concentraciones de alcoholes, adicionando extractos de broca, extractos de café y terpenos. De estos estudios la mejor captura ha sido donde se ha utilizado los terpenos y donde la concentración de metanol fue alta (González y Dufour, 2000). En el presente estudio se reafirmaron estos conocimientos, ya que en los resultados que observamos una mayor atracción hacia el metanol.

Además la difusión del metanol es más amplia que la del etanol, tomando en cuenta el punto de ebullición es más bajo, siendo este a 65 °C y para el etanol de 78°C. Bailey and Bailey (1998) señala que el peso molecular del metanol es de 32 y el del etanol de 46, por lo cual la presión de vapor sobre el metanol será mayor y como consecuencia la evaporación del mismo. Lo que conlleva a tener mayor disponibilidad de las moléculas del metanol en el ambiente.

La atracción puede ser muy específica entre el atrayente-especie plaga, como sucede en la palomilla *Manduca sexta*, donde la mayoría de sus glumerulos responden a sustancias específicas, aunque posee otros que otros no tan específicos (Lei, *et al.*, 2003). En el caso de insectos ambrosiales que atacan a diferentes especies de pinos, estos pueden responder a ciertas sustancias dependiendo de la especie plaga que se trató. Flechmann (2000) reporta a dos especies del género *Hypothenemus* al cual la broca del café pertenece: la especie *H. obscurus* responde al etanol, pero no a los terpenos, la especie *H. eruditus* responde tanto al etanol como a los terpenos. En este estudio la especie *H. hampei* manifiesta atracción hacia el metanol, pero no al etanol. Lo anterior indica que *H. hampei* posee receptores neuronales altamente especializados para el metanol. La falsa broca del café *H. seriatus* resulta ser polífaga a diferencia de *H. hampei* que es monofága, esto nos indica que la falsa broca posee también varios receptores neuronales con los cuales localiza el alimento, no sucediendo así con la verdadera broca del café. De la misma forma sucede con la mosca de la fruta *Drosophila melanogaster* que por ser

altamente polífaga cuenta con gran cantidad de receptores, siendo capaz de detectar olores en el rango de miles (Stensmyr, *et al.*, 2002).

Dentro de los componentes oxigenados reportados en el anexo 1, no se encuentra al metanol, sin embargo, la atracción puede darse a través de análogos. En este caso el metanol es análogo de varios de los volátiles reportados por Mathieu (1998), dentro de los cuales podemos señalar a los siguientes: 2-pentanol, 3-methyl-3-butanol, isopentanol, 2-methylbutanol, 2,3.butanediol, hexanol, 2-heptanol y linalool. Este caso no esta aislado y que se ha encontrado en el genero *Heliothis* neuronas receptoras altamente especializadas en las cuales se han identificado componentes activos análogos a los volátiles de las plantas hospedantes de este genero (Rostelien, *et al.*, 2003).

V. CONCLUSIONES

Dentro de los atrayentes utilizados en este estudio, el metanol resulto ser el mejor atrayente, seguidos el atrayente Brocap® y el semioquímico.

La trampa rustica es tan eficiente como la trampa "Ecobroca", aunque la capacidad de atracción esta dada por el difusor y el sustrato atrayente. Está resulto aun mejor que la trampa Brocap® en la operación. Los costos de esta trampa son mínimos, por lo que se tiene ahora una trampa económica y eficiente en la capacidad de captura de la broca del café.

La trampa comercial Brocap®, es buena en la captura del café, sin embargo el problema de taponamiento la hace menos recomendable. Si se le adapta un plástico el cual evite el taponamiento del embudo, la trampa será altamente eficiente en la captura de la broca del café.

La atracción de la broca utilizando el mismo atrayente con una trampa colorida y una rustica de plástico trasparente no mostró preferencia en los colores y forma de la trampa. Por lo que los colores no tiene influencia en la atracción de la broca, sin embargo, el olfato es muy importante en la detección del atrayente. El difusor juega un papel importante en la eficiencia de la trampa.

VI. RECOMENDACIONES

En la localidad de Juntas Chicas, se recomienda empezar el trampeo al finalizar la cosecha, siendo esta a principios del mes de enero. En la localidad de San Esteban se puede iniciar en el mes de febrero, aunque en las parcelas que están al nivel de Juntas Chicas deberá ser en Enero. Debido a la altura en que se encuentra la localidad de La Esperanza, aquí se puede iniciara hasta el mes de abril, como se realizo en el estudio.

EL termino del trampeo para Juntas Chicas deberá ser en Junio, ya que en estas fechas ya hay café y el trampeo ya no es tan efectivo, para San Esteban se puede extender hasta el mes de Julio y en la Esperanza hasta principios de agosto.

El liquido de captura con la acumulación de insectos, tiende a descomponerse, despidiendo olores desagradables que inhiben la atracción de los atrayentes de la trampa. Se debe cambiar cuando menos cada 15 ò máximo a los 20 días. Para aumentar el tiempo de cambio del liquido de captura se puede adicionar cloro y así evitar la descomposición, pero la cantidad debe ser mínima para evitar olores que contrarresten la atracción de la trampa.

En la trampa Ecobroca deberan hacer los cambios en difusor y se le adicionara el liquido de captura, esto para su mejor operación y eficiencia en la captura.

VII LITERATURA CITADA

Anthony, F.; Astorga, C.; Quiros, O.; Bertrand, B.; Etienne, H.; Topart, P. y Lashermes, P. 2000. Diversidad genética de los cafés (*Coffea arabica*) silvestres y cultivadas, revelada por marcadores moleculares. En: XIX Simposio de cafecultura Latinoamericana ICAFE-PROMECAFE. San José, Costa Rica. P. 251-261.

Anthony, F.; Berthaud, J.; Guillaumet, J.L. & Lourd, 1987. Collecting Wild *Coffea* species in Kenya and Tanzania. *Plan Genet. Resources Newsl.* 69: 23-69.

Barrera, J. F.; Infante, F.; Gómez, J.; Castillo, A. y De la Rosa, W. 1993. Umbrales económicos para el control de la broca del café. Guía Práctica. CIES. Tapachula, Chis., México.

Barrera, J. F., J. M. Gómez and C. Alauzek. 1995. Can the coffee berry borre (*Hypothenemus hampei*) reproduce By parthenogenesis? *Ent. Et. Appl.* 77: 341-354

Barrera, G. J.F. 1999. Cafecultura y Sostenibilidad. En: Diplomado continuo "Cafecultura en México" 9no. evento 20 de septiembre al 9 de octubre de 1999. Huatusco, Ver. Méx.

Bailey, P.S. y Bailey, C. A. 1998. Química Orgánica. Ed. Prentice Hall Hispano-American. S.A. Edo. México.

Björklund, P. 2004. Movement Behaviour and Resource Trackin in the Pine weevil *Hylobius abietis*. Doctoral Thesis Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden.

Camilo, J.Z. 2003. Posicionamiento y número de estados de la broca del café (*Hypothenemus hampei*) durante el desarrollo del fruto, en la cumbre, República, Dominicana. XX Simposiuo Latinoamericano de cafecultura. San Pedro Sula, Honduras. 27-29 Mayo.

Carvalho, A. 1946. Distribuicao geografica e classificacao botánica do genero *Coffea* com referencia especial a especie *arabica*. Boletim da Superintendencia dos Servicos do Café, Brasil. 21: 174-180.

Castillo P., G.; A. Contreras J.; A. Zamarripa C. 1997. Tecnología para la producción de café en México: manual para la producción de café en México. INIFAP. Folleto técnico 8. Xalapa, Ver. 90 p.

Chapman, R.F. 2003. Contact chemoreception in feeding by phytophagous insects. Annu. Rev. Entomol. 48, 455-484.

Chavalier, A. & Dragon, M. 1928. Recherches historiques sur les debuts de la culture du cafeier en Amerique. Communications et Actes de 1' Academie des Sciences Colonies, París.

Cisneros, V. F. 1995. Control de Plagas agrícolas.
http://www.avocadosource.com/books/CisnerosFausto1995/CPA_TOC.htm

Decazy, B. 1988. Control de la broca del fruto del cafeto *Hypothenemus hampei*. PROMECAFE. Diez años de labores 1978-1988. San José, Costa Rica. Pp. 53-72

Dofour, B., González, M.O. y Frérot, B. 1999. Piegeage de masse du scolytite du café *Hypothenemus hampei* Ferr. (Col. Scolytidae) en conditions réelles : Premiers results. XVIII Colloque ASIC 1999, Helsinki, Finlande.

Dufour, P. B. 2002. Validación de la trampa Brocap para el control de la broca del café. PROMECAFE. Boletín 93. Enero-Marzo. IICA/PROMECAFE, Guatemala, Guatemala.

Escamilla P., E, et. al. 1993. El café cereza en México, tecnología de la producción. Folleto Técnico. CUESTAAM. CRUO-UACH. Huatusco, Ver., México.

Flechtmann, C.A.H. 2000. Scolytidae in pine plantations: Overviews and situation in Brazil Escolítídeos nas florestas de Pinus no Brasil. Serie Técnica IPEF, V. 13 N. 33, marzo.

Flint, M. H. and Doane, C. C. 2001. Comprensión de los Semioquímicos con Énfasis en Feromonas Sexuales de los Insectos en Programas de Manejo Integrado de Plagas. <http://ipmworld.umn.edu/cancelado/Spchapters/flintSp.htm>

González, M. O. y Dufour, P. B. 2001. Diseño, desarrollo y evaluación del trampeo en el manejo integrado de la broca del café *Hypothenemus hampei* Ferr. En el Salvador. Boletín PROMECAFE. _Vol. 91-92 sep-dic. Tegucigalpa, Honduras, p. 11-19.

Greiner, B.; Gadenne, C. And Antón, S. 2003. A 3-D antennal lobe atlas of a male moth (*Agrotis ipsilon*) and glomerular representation of projection neurons responding to plant volatiles. In: 8th European Symposium on Insect Taste and Olfaction.. July 2-7. Harstad, Norway.

Gutiérrez, M.A., Hernández, R.S. y Virgen, S.A. 1992. Atracción de la broca del café *Hypothenemus hampei* Ferr. (Coleóptera: Scolytidae) a trampas con extractos de café maduro, cloruro de metileno, etanol. Programas y resúmenes del congreso internacional de manejo integrado de plagas. 20-24 de abril, El Zamorano, Honduras. Pp. 65

Gutiérrez, M.A., Hernández, R.S. y Virgen, S.A. 1993. Preparación de extractos crudos para obtener los semioquímicos volátiles para manejar la broca del fruto de café. Guía práctica. CIES. Tapachula, Chiapas, México. s/p.

Jordan, M.; Newcomb, R.; Greenwood, D.; Plummer, K. and Sutherland, P. 2003. Sniffing Out Olfactory Proteins from Light Brown Apple Moth Antennae. In: 8th European Symposium on Insect Taste and Olfaction.. July 2-7. Harstad, Norway.

Jenkins, J. W., C. C. Doane, D. J. Schuster, J. R. McLaughlin y M. J. Jimenez. 1991. Development and commercial applications of sex pheromone for control of the tomato pinworm. pp. 269-280. En *Behavior Modifying Chemicals for Insect Management*. Ridgeway, R. L., R. M. Silverstein, y M. N. Inscoe [eds.]. Marcel Dekker, Nueva York, NY.

Larsson, M. C.; Leal, W. Y Hansson, B. S. 2001. Olfactory receptor neurons detecting plant odours and male volatiles in *Anomala cuprea* beetles (Coleoptera: Scarabaeidae). *Journal of Insect Physiology*. Vol. 47 No. 9 agosto. P. 1065-1076.

Lei, H.; Christensen, T.A. and Hildebrand, J.G. 2003. Temporal reinforcement of spatially distributed ensemble codes for odors in the antennal lobe of *Manduca sexta* In: 8th European Symposium on Insect Taste and Olfaction.. July 2-7. Harstad, Norway.

Lenz, D. A. 1977. Química Orgánica Elemental. Ed. Patria S. A. México. D.F.

Llenderal, C.C. 200. Introducción a la Fisiología de los Insectos. Colegio de Posgraduados. Montecillos, Edo. de Méx. Méx.

Llaven, G. J.M. y Velázquez, V. A.F. 1997. Respuesta de la broca del fruto *Hypothenemus hampei* Ferr. A extractos de cereza de café utilizados como atrayentes en Tepatlaxco, Veracruz, México. Tesis Profesional. Departamento de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Méx. México.

Mathieu, F.; Malosse, C. And Frérot, B. 1998. Identification of the volatile components released by fresh coffee berries at different stages of ripeness. J. Agrc. Food Chem. 46, 3 1106-1110.

Muñoz, H. R. 2001. La broca del fruto del cafeto (*Hypothenemus hampei*) en Honduras. En: Seminario sobre la broca del fruto del cafeto. ICAFE-PROMECAFE, Heredia, Costa Rica, Julio.

Prates, H. S. 1969. Preliminares da atracao da broca do café, *Hypothenemus hampei* (Ferrerri, 1867), a extractos de frutos do cafeeiro (cereja o verde). Solo (Brasil) 61: 13-14.

Quinterio, N. Y S. Morales. 1996. Manejo de la broca del café *Hypothenemus hampei* y su control. Turrialba, Costa Rica. Serie Técnica. Informe técnico No. 110. CATIE

Regalado, O. A. 1996. Manual para la cafeticultura mexicana. SAGAR. INCA RURAL y INMECAFE. México, D.F. 157 p.

Regalado, O. A. Y Villanueva, M. A. 1990. Enfermedades del cafeto. En: El cultivo del café. INMECAFE, Xalapa, Ver. Mex. Ed. La Fuente. Méx. D.F.

Rivera, F.A. 1990. Variedades de café cultivadas en México. En: El cultivo de café. INMECAFE. Xalapa, Ver. México. Ed. La Fuente. Méx. D.F.

Røstelien, T.; Strandén, M.; Borg-Karlson, A.K. and Mustaparta, H. 2003. Receptor neurone responses to naturally produced plant volatiles identified in two closely related heliothine moth species. In: 8th European Symposium on Insect Taste and Olfaction.. July 2-7. Harstad, Norway.

Sánchez, A. G. y Hernández, R. J. C. 1999. Evaluación del manejo integrado para el control de la broca del fruto del cafeto *Hypothenemus hampei* Ferr. En la zona Cordoba-Huatusco, Ver. Méx. Tesis Profesional de Licenciatura. Depto. Parasitología Agrícola. UACH. Chapingo, Méx. México.

Shanbhag, S.R. Müller, D. And Steinbrecht, R.A. 1999. Atlas of olfactory organs of *Drosophila melanogaster*. 1. Types, external organization, innervation and distribution of olfactory sensilla. International Journal of Insect Morphology and Embriology. 28. p. 377-397.

Städler, E. 2003. Evolutionary history of herbivorous insects mirrored in their chemoreceptors? In: 8th European Symposium on Insect Taste and Olfaction.. July 2-7. Harstad, Norway.

Steinbrecht, R. A. 1997. Pore structures in insect olfactory sensilla: A review of data and concepts. Int. J. Insect Morphol. & Embryol., Vol. 26. No. 3/4 , pp. 229-245. Great, Britain.

Stensmyr, M. C.; Giordano, E.; Balloi, A.; Angioy, A and Hansson, B.S. 2003. Novel natural ligands for *Drosophila* olfactory receptor neurons. The Journal of Experimental Biology. 206, 715-724.

Sylvain, P.G., 1955. Some observations of *Coffea arabica* L. in Ethiopia. Turrialba %:37-53.

Torres R., C. 1997. La campaña contra la broca del café en México. Simposio plagas de cultivos tropicales. Departamento de Parasitología Agrícola. UACH. Nov. 1997. pp. 1-2.

Thomas, A. S. 1942. The wil arabica coffee on de Boma Plateau, Anglo-Egyptian Sudan. Empire J. Ecpt. Agric. 10:207-212.

Velasco, H. P. 1995. La broca del café *Hypothenemus hampei* Ferr., su control efectivo aplicando manejo integrado. Manual para técnicos y productores. CRUO-UACH. Huatusco, Ver., Méx. 28 p.

Vega, D. J.C. 2000. Química Orgánica. Para Estudiantes de Ingeniería. Ed. AlfaOmega. 2da. Ed. México, D.F.

Villanueva, M. A.E.; Aranda, D. E. Y Regalado, O. A. 1990. Plagas del cafeto. En: El cultivo del café. INMECAFE, Xalapa, Ver. Méx. Ed. La Fuente. México, D.F.

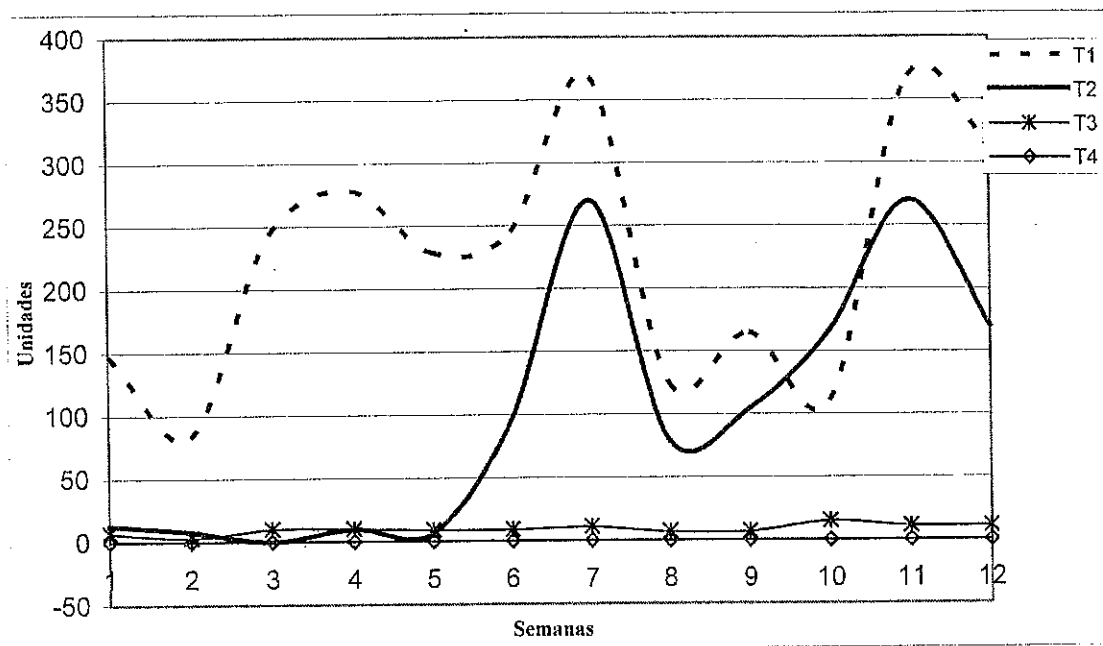
VIII ANEXOS

Table 1. Chemicals Identified from Effluvia Released by Fresh Coffee Berries

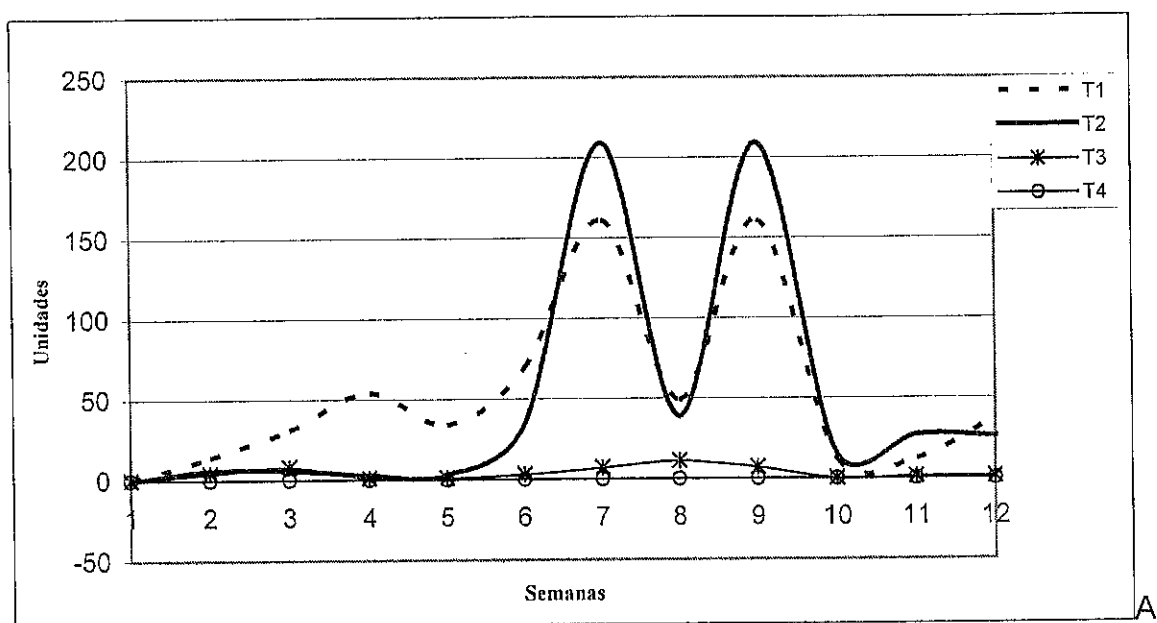
no. ^a	ID ^b	G ^c	<i>C. canephora</i> var. Robusta				G	<i>C. arabica</i>		
			R1	R2	R3	D		R	Da	Db
	no. of detected compounds		8	19	23	27	29	1	10	14
	total quantity (ng/sample)		15.57	342.9	463.5	236.3	1136	5.685	232.9	1094
	compounds ^d									14
1*	3-pentanone	1				42.9				
2	2-pentanone	1, 2, 3, 4	1.3		12.0	1.5	32.7			
3	2-pentanol	1, 2, 3, 4			14.4	16.5	15.5			
4	3-hydroxy-2-butanone	1, 2, 3, 4				37.0	18.9	25.4	24.2	24.2
5	3-methyl-3-butenol	1					13.5	13.0	105.7	354.8
6	isopentanol	1, 4					10.6	13.0	93.9	478.2
7*	2-methylbutanol	1					1.5		11.8	6.5
8*	1,1-dimethyleyclopropane	1				0.5				
9	isobutyl acetate	1, 3	0.4		3.4	25.0	10.0			
10*	2,3-butanediol	1, 3, 4				2.6	5.6		63.2	85.6
11*	1-methoxy-2-propanol	1, 3	3.9			0.9	2.2		74.7	67.3
12*	hexanal	1					41.4		10.8	2.9
13	butyl acetate	1		0.5	1.4	0.7				
14	2-pentyl acetate	1, 3		1.6	16.3	11.9	19.9			
15	isobutanoic acid ethyl ester	1, 3		0.5	12.4	0.7	6.5			
16	unidentified compound	1					5.8			
17*	hexanol	1, 4					56.2			
18	2-heptanone	1, 2, 3, 4			3.4	3.1	9.5		191.3	61.3
19*	2-heptanol	1, 2, 3, 4				1.1	16.3		390.8	41.7
20	thujene	1, 3		0.4	1.1	0.3				
21	unidentified compound	1, 2, 3					2.9	4.7		
22	α -pinene	1, 3	0.9	13.6	21.7	8.7		4.7		
23	camphene	1, 3	2.1	3.4	3.9	1.1				
24	sabinene	1, 3		1.2	1.3	0.7				
25	β -pinene	1, 2, 3		11.3	7.3	3.1	0.9		3.8	
26	myrcene	1, 2, 3		14.6	12.9	5.1			5.2	
27	cymene	1		1.6	2.1	0.4	7.7			
28	limonene	1, 2, 3, 4	0.8	275.6	220.7	100.7	38.4	5.7	93.8	19.4
29	unidentified compound	1, 3					13.0			
30	2-heptyl acetate	1			4.4	3.4	2.7			
31	4,7-dimethyl-4-octanol + ?	1						7.0		
32*	cis-linalool oxide	1							14.7	48.1
33*	trans-linalool oxide	1							12.3	48.7
34*	linalool	1, 2, 3, 4						62.2	54.6	32.3
35*	methyl salicylate	1, 2					661.0			
36*	ethyl salicylate	1					3.7			
37	oxygenated terpene	1					29.8			
38	copiène	1, 3		1.0	2.3	0.1				
39	bourbonene	1, 3		2.6	4.9	0.9				
40	caryophyllene	1, 2, 3, 4	4.3	25.0	51.3	4.9	8.4			
41	β -gurjunene	1, 3		0.4	0.8					
42	humulene	1, 2, 3, 4	1.5	21.5	29.4	3.8	7.3			
43*	γ -muurolene	1, 3		2.5		0.5				
44	δ -germacrene	1, 3		0.3	5.3	0.7				
45	sesquiterpene	1, 3		0.4	1.0	0.4				

^a Compound numbers according to the text. ^b Newly identified in fresh coffee berries. ^c Method of identification: 1, EI analysis (mass spectra compared with mass spectra in EPA/NIH library; spectra and elution order of terpenes and sesquiterpenes also compared to those quoted in Adams, (1989)); 2, mass spectra compared with mass spectra of pure synthetic compounds; 3, CI-NH₃; 4, co-injection with pure synthetic compounds. ^d G, green berry; R, red berry; D, dry berry. See text for further explanations. ^e Quantities of each compound in ng per berry calibrated with 2-pentanone (1-11), 2-hexanone (12-17), 2-heptanone (18-19), limonene (20-29), linalool (30-37), and caryophyllene (38-45).

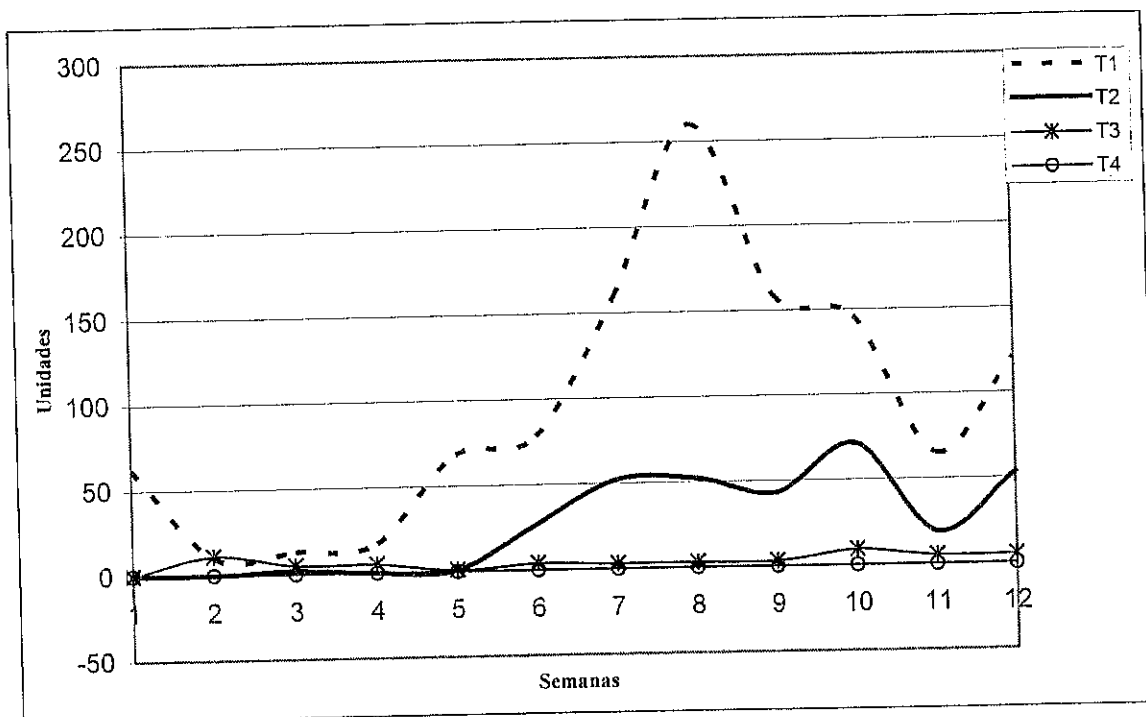
Anexo 1. Volátiles producidos en el café en las distintas etapas fisiológicas.



Anexo 2. Área bajo la curva del progreso de captura de la broca del café en Juntas Chicas, Hgo. Méx. (Se toman en cuenta solo cuatro tratamientos).



Anexo 3. Área bajo la curva del progreso de captura de la broca del café en San Esteban, Huehuetla, Hgo. Méx.



Anexo 4. Área bajo la curva del progreso de captura de la broca del café en La Esperanza, Huehuetla, Hgo. Méx.