



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS

EFFECTO DE *Beauveria bassiana* Y *Metarhizium anisopliae* COMO
BIOCONTROLADORES DEL BARRENADOR DE LAS RAMAS DEL
AGUACATERO (*Copturus aguacatae* Kissinger)

T E S I S
Q U E C O M O R E Q U I S I T O P A R C I A L
P A R A O B T E N E R E L T Í T U L O D E
I N G E N I E R O A G R Ó N O M O F I T O T E C N I S T A
P R E S E N T A

JENY MICHUA CEDILLO

MODALIDAD: TESIS

ASESORES:

Dr. OMAR FRANCO MORA
Dr. ÁLVARO CASTAÑEDA VILDÓZOLA

MARZO 2011



CAMPUS UNIVERSITARIO "EL CERRILLO", EL CERRILLO PIEDRAS
BLANCAS, TOLUCA, MÉX.

CONTENIDO	ÍNDICE	PAG.
AGRADECIMIENTOS		i
DEDICATORIAS		ii
ÍNDICE		iii
LISTA DE FIGURAS		iv
RESUMEN		viii
ABSTRACT		x
I. INTRODUCCIÓN		1
II. OBJETIVOS		3
III. HIPÓTESIS		4
IV. REVISIÓN DE LITERATURA		5
4.1. Aguacate		5
4.1.1. Antecedentes		5
4.2. Plagas cuarentenarias		6
4.2.1. <i>Copturus aguacatae</i>		6
4.2.1.1. Antecedentes		6
4.2.1.2. Distribución		7
4.2.1.3. Taxonomía		7
4.2.1.4. Descripción general		7
4.2.1.5. Ciclo biológico		9
4.2.1.6. Hábitos		10
4.2.1.7. Daños		11
4.2.1.8. Control químico		12

4.2.1.9. Control cultural	12
4.2.1.10. Control biológico	13
4.3. Muestreo de <i>Copturus aguacatae</i>	13
4.3.1. Distribución del barrenador en el dosel del árbol	13
4.3.2. Consideraciones en el muestreo	14
4.4. Entomopatógenos	14
4.4.1. <i>Beauveria bassiana</i>	16
4.4.1.1. Morfología	17
4.4.1.2. Taxonomía	17
4.4.1.3. Espectro de acción	17
4.4.2. <i>Metarhizium anisopliae</i>	18
4.4.2.1. Morfología	18
4.4.2.2. Taxonomía	18
4.4.2.3. Espectro de acción	19
4.5. Control de calidad y patogenicidad de <i>Metarhizium anisopliae</i>	19
4.5.1. Tamaño de partícula	19
4.5.2. Viabilidad de conidias	20
4.5.3. Contenido de humedad de <i>Metarhizium anisopliae</i> .	20
4.6. Enemigos naturales de <i>Copturus aguacatae</i> Kissiger	20
4.6.1. Parasitoides	20
V. MATERIALES Y MÉTODOS	21
5.1. Área de estudio	21
5.2. Muestreo de larvas y adultos de <i>Copturus aguacatae</i>	21

5.3. Aplicación de entomopatógenos	22
5.4. Diseño experimental	23
5.5. Análisis de datos	23
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	24
6.1. Porcentaje de infestación	24
6.2. Cinética de la población	24
6.3. Larvas y pupas	26
6.4. Adultos	27
6.5. Aplicación de Entomopatógenos	27
6.5.1. Efecto de los biocontroladores en los estados de desarrollo de <i>C. aguacatae</i>	28
6.6. Otros enemigos naturales	32
VII. CONCLUSIONES	33
VIII. SUGERENCIAS	34
IX. BIBLIOGRAFÍA	35
X. APÉNDICE	37

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Adulto de <i>Copturus aguacatae</i> sobre rama de aguacatero.	10
Figura 2. Ciclo biológico de <i>Copturus aguacatae</i> Kissinger.	11
Figura 3. Población de <i>Copturus aguacatae</i> en un huerto de aguacate 'Hass' en Malinalco, México, 2010. Los datos son la media de cuatro ramas \pm error estándar.	24
Figura 4. Temperatura y humedad relativa en San Sebastián, Malinalco. 2010.	25
Figura 5. Determinación de las etapas fenológicas y fluctuación poblacional de <i>Copturus aguacatae</i> en San Sebastián, Malinalco. 2010.	25
Figura 6. Numero de larvas de <i>C. aguacatae</i> por rama en un huerto comercial de aguacate 'Hass' en Malinalco, México, 2010. Los datos son la media de cuatro ramas.	26
Figura 7. Numero de pupas de <i>C. aguacatae</i> por rama en un huerto comercial de aguacate 'Hass' en Malinalco, México, 2010. Los datos son la media de cuatro ramas.	26
Figura 8. Número de adultos de <i>C. aguacatae</i> por rama en un huerto comercial de aguacate 'Hass' en Malinalco, México, 2010. Los datos son la media de cuatro ramas.	27
Figura 9. Individuos por rama de <i>C. aguacatae</i> después de la aplicación de entomopatógenos en un huerto de aguacate 'Hass' en Malinalco, México, 2010. Los datos son la media de cuatro ramas \pm error estándar.	28
Figura 10. Individuos de <i>C. aguacatae</i> después de una aplicación de entomopatógenos.	29
Figura 11. Individuos de <i>C. aguacatae</i> después de dos aplicaciones de entomopatógenos.	29
Figura 12. Número de individuos en la segunda aplicación de <i>M. anisopliae</i> y <i>B. bassiana</i>	30
Figura 13. Número de adultos encontrados en el muestreo al follaje previo a la tercera aplicación.	30
Figura 14. Número de oviposiciones detectadas en brotes, posterior a la tercera aplicación	31
Figura 15. Numero de larvas encontradas por tratamiento en el muestreo 17.	31
Figura 16. Infestación por <i>C. aguacatae</i> en árboles de aguacate tratados con entomopatógenos. Los datos son la media de 20 árboles \pm error estándar.	32

FIGURAS DEL APÉNDICE

Daños de <i>Copturus Aguacatae</i> Kissinger	37
1a. Daños de <i>Copturus aguacatae</i>	37
1b. Rama disectada con galerías de <i>C. aguacatae</i> K.	37
1c. Daños en rama por larva de <i>Copturus aguacatae</i> K	37
1d. Savia cristalizada en rama y tronco ocasionada por barrenador de ramas <i>Copturus aguacatae</i> Kissinger	37
1e. Pupa en rama	37
1f. Adulto de <i>Copturus aguacatae</i> emergiendo de rama	37
Estadios Biológicos de <i>Copturus aguacatae</i> Kinssinger	38
2a. Larva de <i>Copturus aguacatae</i>	38
2b. Oviposiciones	38
2c. Larva de primer instar	38
2d. Larva de segundo instar	38
2e. Larva de tercer instar	38
2f. Larva de cuarto instar	38
2g. Larva de quinto instar	38
2h. Pupa	38
2i. Imagio	39
2j. Adulto	39
2k. Hembra	39
2l. Macho.	39
Enemigos naturales de <i>Copturus aguacate</i>	39
3a. Adulto parasitado por <i>Beauveria bassiana</i>	39
3b. Parasitoide de <i>Copturus</i> del género <i>Urosigalphus</i>	39
3c. Larva infectada por microorganismos	39

EFFECTO DE *Beauveria bassiana* Y *Metarhizium anisopliae* COMO BIOCONTROLADORES DEL BARRENADOR DE LAS RAMAS DEL AGUACATERO (*Copturus aguacatae* Kissinger)

RESUMEN

Jeny Michua Cedillo. Ingeniero Agrónomo Fitotecnista. Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Ciencias Agrícolas

Asesores: ¹ Dr. Omar Franco Mora ² Dr. Álvaro Castañeda Vildózola

1. Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Ciencias Agrícolas. Laboratorio de Horticultura. Campus Universitario El Cerrillo Piedras Blancas Mpio. De Toluca, Méx. Código Postal 50200. Tel. (fax) 2-96-55-29 y 2-96-55-31. ofrancom@uaemex.mx

2. Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Ciencias Agrícolas. Insectario. Campus Universitario El Cerrillo Piedras Blancas Mpio. De Toluca, Méx. Código Postal 50200. Tel.(fax) 2-96-55-29 y 2-96-55-31. acastanedav@uaemex.mx

El umbral económico de *C. aguacatae* Kissinger no está adecuadamente determinado para el estado de México. Para determinar el grado de infestación de dicha plaga, a partir del mes de febrero de 2010 se realizaron 16 muestreos en una huerta de aguacate 'Hass' en la localidad de San Sebastián, municipio de Malinalco. Se buscó observar la eficiencia de los hongos entomopatógenos *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana* como biocontroladores del insecto en estudio. Se determinó el número de instares de los que consta el ciclo biológico del insecto y la duración de cada uno de estos. El intervalo en el que se realizaron los muestreos fue de 15 días, para diferenciar los instares de la larva y determinar cuál es el periodo de emergencia del adulto. De las ramas colectadas se realizaron disecciones y extracción de larva para realizar una gráfica de incidencia del insecto. Posteriormente, al encontrar adultos se procedió a realizar la primera aplicación de los entomopatógenos *B.bassiana* y *M.anisopliae*, en junio, realizando aplicaciones de refuerzo, durante julio y agosto, con un intervalo de 30 días. Con los datos de temperatura y humedad relativa se correlacionó a las poblaciones del insecto obteniendo una mayor incidencia en el mes de mayo, junio y mediados de julio respecto a los adultos. En el caso de larva, se detectó mayor infestación en el mes de febrero, la cual disminuyó para volver a incrementarse en abril. Los resultados en cuanto a las aplicaciones de entomopatógenos no mostraron diferencias estadísticas significativas, sin embargo, se puede notar el control de instares fenológicos de *Copturus aguacatae* en relación con el testigo. En Michoacán el mayor número de individuos se presenta en el mes de abril, mientras que en el estado de México el máximo de infestación se estableció en el mes de febrero y marzo. En cuanto al número de generaciones, en Michoacán se reporta una generación, con presencia de larvas en todo el año mientras que en el estado de México existe una generación, sin embargo no hay presencia de larvas durante todo el año, este estadio se manifestó con una duración de 9 meses a partir de octubre hasta la segunda quincena de junio. El efecto de los entomopatógenos no se notó

considerablemente al inicio del ciclo, sin embargo aunque esto no sucedió, si hubo control por parte de los hongos, esto pudo corroborarse por el número de individuos encontrados por rama, y por los adultos momificados dentro de la rama. Se sugiere dar seguimiento al ciclo biológico, hasta el mes de febrero de 2011 y determinar en ese mes el efecto y la eficiencia de los biocontroladores.

PALABRAS CLAVE: coleóptera, control biológico, entomopatógeno

EFFECT OF *Beauveria bassiana* AND *Metarhizium anisopliae* ON *Copturus aguacatae* (Kissinger) A INSECT ATTACKING AVOCADO BRANCHES

ABSTRACT

Jeny Michua Cedillo. Ingeniero Agrónomo Fitotecnista. Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Ciencias Agrícolas

Asesores: ¹ Dr. Omar Franco Mora ² Dr. Álvaro Castañeda Vildózola

1. Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Ciencias Agrícolas. Laboratorio de Horticultura. Campus Universitario El Cerrillo Piedras Blancas Mpio. De Toluca, Méx. Código Postal 50200. Tel. (fax) 2-96-55-29 y 2-96-55-31. ofrancom@uaemex.mx

2. Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Ciencias Agrícolas. Insectario. Campus Universitario El Cerrillo Piedras Blancas Mpio. De Toluca, Méx. Código Postal 50200. Tel. (fax) 2-96-55-29 y 2-96-55-31. acastanedav@uaemex.mx

The economic threshold of *C. aguacatae* Kissinger is not properly determined for the state of Mexico. In this work, an avocado 'Hass' orchard of avocado located in San Sebastian, Malinalco was studied from February to October 2010 in order to determine the percentage of infestation of this insect. Then, it was tested the efficiency of *M. anisopliae* and *B. bassiana* as biocontrol agents of *C. aguacatae*. On the other hand, it was determined the insect's life cycle and the duration of each of these stages. Sampling was performed every each 15 days. Branches were cut to determine the incidence of the insect. Then, at first observations of adults, an application of *B. bassiana* and/or *M. anisopliae* was performed, that is June; after that two more applications, in July and August, were done. With the data of temperature, relative humidity, the insect populations was correlated. Higher adult presence was observed in May, June and mid July but larvae were found specially in February, falling in March and increasing again in April. Applications of biocontrol did not show statistical differences, however, it was noted some control of *C. aguacatae* in relation to the control. In Michoacán, most individuals were present in April, while in the state of Mexico, the peak of infection was established in February and March. In Michoacán it is reported a generation, with the presence of larvae throughout all the year, whereas in the state of Mexico, there is a generation, but no larvae are present throughout the complete year; this stadium is expressed with a duration 9 months from October until the second half of June. Complete effect of the application of *B. bassiana* and *M. anisopliae* might be determined from February 2011 as the cycle of *C. aguacatae* will present the maximum population.

KEY WORDS: beetle, biological control, entomopathogenic.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el aguacate (*Persea americana* Mill) es considerado uno de los principales alimentos del hombre. Es un producto rentable que genera ingresos a los productores, es por eso que desde hace algunos años se han hecho plantaciones extensas, debido a las posibilidades que brindan los mercados extranjeros, lo que repercute en la economía del productor. Sin embargo, existen situaciones que el productor difícilmente puede manejar, entre ellas el manejo de plagas y enfermedades, que no sólo limitan el rendimiento, también la calidad de la cosecha.

En el Estado de México los principales productores de aguacate son: Coatepec Harinas (1192.8 has), Tenancingo (450 has), Almoloya de Alquisiras (352 has), Villa Guerrero(267 has), Temascaltepec (413 has), Donato Guerra (315.81 has), Villa de Allende (205.33 has), Malinalco (69 has), Ixtapan del Oro (305.1 has), etc. De los cuales la mayoría recibe atención de campañas fitosanitarias a excepción de Malinalco, Tenancingo y Almoloya de Alquisiras. La fruta se comercializa en los mercados de Tenancingo, Texcaltitlán, Toluca, Distrito Federal, Puebla, Morelos y Michoacán, siendo las principales variedades la criolla, Hass y Fuerte (Díaz, 2008).

Recientemente el municipio de Malinalco ha sobresalido en la producción de aguacate, este cultivo está considerado, como uno de los principales productos que aportan ingresos para los pequeños productores, quienes consiguen una buena comercialización en los principales mercados de los alrededores, siempre y cuando se cuente con una buena calidad del fruto. Sin embargo la calidad de este producto se ve afectado por daños causados por plagas y enfermedades (Severo, 2008).

Entre las plagas de mayor incidencia en el cultivo de aguacatero, se encuentra el barrenador de las ramas (*Copturus aguacatae* Kissinger). El impacto de este coleóptero se refleja en la calidad del fruto y la disminución en la cantidad de frutos repercutiendo así en los ingresos de los productores. Su efecto se hace patente desde que el barrenador inicia la infestación de las ramas. Para su control se realizan aplicaciones químicas, que en varias ocasiones no dan resultado, lo que provoca que el productor aumente sus costos de producción.

El barrenador de las ramas es una de las plagas más importantes del cultivo del aguacatero en México, ello debido a su carácter cuarentenario, lo cual limita la producción y exportación de la

fruta. No obstante la importancia que se le atribuye, se han realizado pocas investigaciones relacionadas con esta plaga; entre las que destacan una morfología externa y algunos estudios de su biología en el laboratorio y en campo. Dichos estudios muestran divergencias en su ciclo biológico incluso en la misma zona de estudio. Sin embargo, hasta la fecha no se ha realizado un estudio detallado de campo de este insecto y por lo tanto, no se conoce con precisión su biología y comportamiento, lo cual se traduce en la falta de elementos básicos para formular estrategias más eficientes para su manejo (Gasca, 2000).

El control biológico de insectos plaga ha avanzado muy lentamente como parte importante de programas de control integrado; este control pretende mantener a las poblaciones de insectos plaga en un nivel en el que el daño económico sea mínimo. La exitosa inducción de entomopatógenos para el control de insectos depende de la biología y características tanto de los insectos hospederos, los microorganismos parásitos y del ambiente. Los hongos afectan preferentemente a los insectos plaga de los cuales fueron aislados y son de baja o nula patogenicidad al hombre y a los animales domésticos, por lo que pueden usarse sin peligro para proteger los cultivos contra el ataque de plagas (Gallegos *et al.*, 2003). Por lo tanto, se plantea la necesidad de buscar una estrategia de manejo integrado que pueda incorporarse a los sistemas productivos para disminuir el impacto de esta plaga y que al mismo tiempo no tenga repercusiones en el ambiente. En el presente trabajo se evaluó a dos microorganismos con uso potencial en el control de *C. aguacatae*.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Comparar el control de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* sobre las poblaciones del barrenador de las ramas del aguacatero

2.2. Objetivos específicos

Determinar las condiciones ambientales y el tiempo de emergencia del adulto del barrenador de las ramas del aguacate en el Estado de México

Determinar la eficiencia de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* sobre *Copturus aguacatae* en estado adulto

III. HIPÓTESIS

Tanto *Beauveria bassiana* como *Metarhizium anisopliae* son eficientes biocontroladores del barrenador de las ramas del aguacatero.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. Aguacate

4.1.1. Antecedentes

El aguacate que se produce en México, es una fruta que ha sido restringida por varias décadas para su comercialización en fresco en E.U. Sin embargo se ha logrado sortear el principal argumento que se oponía a su introducción en ese país y esto se ha dado a través de cuatro municipios del estado de Michoacán (Uruapan, Tancítaro, Salvador Escalante y Peribán). El aguacate mexicano tiene una gran posibilidad en el mercado estadounidense dados su calidad y sanidad, dos aspectos fundamentales para mantener la posición de exportador a ese país (ASERCA, 2010).

El cultivo del aguacatero fue establecido hace poco más de 30 años en diversos municipios del Estado de México, principalmente en Coatepec Harinas. Inicialmente el cultivar Fuerte fue el predominante; sin embargo, está siendo desplazado por el cultivar Hass, debido a su precio, cualidades de sabor, vida de anaquel y tolerancia a ciertas plagas y enfermedades (ASERCA, 2010).

En la década de los 50, la superficie se incrementó en un 61% y la producción en un 98%; en esa época iniciaron los trabajos de introducción de cultivares y selección de materiales locales en esta especie por el Ing. Salvador Sánchez Colín, en Ixtapan de la Sal, Estado de México. En 1958 el estado de Michoacán tenía registradas 923 ha de aguacate principalmente de tipos criollos. Más tarde, surgió la necesidad de tener cultivares de mejor calidad, rendidores y con características comerciales; los primeros cultivares introducidos fueron: Fuerte, Bacon y Zutano, caracterizados por sus cultivares de mediana calidad al carecerse de conocimientos sobre propagación de plantas de aguacate (Mijares y López, 1998)

A nivel mundial, México es el principal país productor de aguacate y es seguido por Indonesia, Estados Unidos de América y Chile. En México, Michoacán es el principal estado productor, con una superficie promedio de 94,714 ha que representan el 84% del total nacional, le siguen en orden de importancia los estados de Morelos con 2,514 ha (2.2%), Nayarit 2,769 ha (2.4%), Puebla 2,193 ha (1.9%) y México 1,917 ha (1.6%) y otros con el 7.9% restante (INIFAP, 2008).

4.2. Plagas cuarentenarias

Dentro de las plagas cuarentenarias del aguacatero el CESAVEM (2007) menciona las siguientes:

- Barrenadores pequeños de la semilla del aguacatero: *Conotrachelus aguacatae* Barber y *C. perseae* Barber (Coleóptera: Cuculionidae).
- Barrenador grande de la semilla del aguacatero: *Heilipus lauri* Boheman (Coleóptera: Cuculionidae).
- Barrenador de ramas del aguacatero: *Copturus aguacatae* Kissinger (Coleóptera: Cuculionidae).
- Palomilla barrenadora de la semilla: *Stenoma catenifer* Walsingham (Lepidoptera: Elachistidae).

4.2.1. *Copturus aguacatae*

4.2.1.1. Antecedentes

El barrenador de las ramas del aguacatero, ha tomado gran importancia en los últimos años, debido al impacto económico que tiene en los ingresos del productor. Los focos de infestación lo constituyen plantaciones de árboles criollos que generalmente reciben poca atención; su presencia es constante, y dado que las aplicaciones de productos insecticidas son frecuentes, sus daños no han aumentado. Actualmente tiene una amplia distribución en el Estado de México (Díaz, 2008).

El primer estudio documentado del barrenador de ramas del aguacatero fue realizado por Gandara y Riquelme en 1913 en el estado de Morelos, quienes, equivocadamente, atribuyeron sus daños a *Heilipus lauri*. Hasta el año de 1945 se le reconoció como un problema real para los huertos de aguacatero (Gasca, 2000). Este insecto es nativo de México, pero solo se ha encontrado atacando al aguacatero y requiere de éste para su total desarrollo; su distribución se confina a regiones donde existen estos árboles. Se localiza en todas las plantaciones de México, afectando las diferentes variedades de aguacate que existen. A pesar de la importancia que reviste esta plaga, aún es escasa la literatura científica que se refiere a la biología, comportamiento, factores bióticos y abióticos del ambiente que lo afectan.

4.2.1.2. Distribución

El área aguacatera afectada por el barrenador de las ramas esta comprendida por Morelos, Michoacán, Puebla, Estado de México, Querétaro, Guerrero, Nayarit y Oaxaca. (Gasca, 2000). En el Estado de México se han detectado zonas con baja infestación en los municipios de Malinalco, Tenancingo, Coatepec Harinas, Ixtapan del Oro, Temascaltepec, Ocuilan, Villa de Allende y Donato Guerra (CESAVEM, 2007).

4.2.1.3. Taxonomía

Familia: Curculionidae

Subfamilia: Zigopinae

Género: *Copturus*

Especie: *Copturus aguacatae* Kissinger

4.2.1.4. Descripción general

Los huevos son de forma oval, miden 0.5 mm de longitud y 0.3 mm de ancho, recién puestos son translúcidos, pero algunas horas después toman una coloración blanco perla. El corión es delgado, transparente y casi liso. Las larvas son de tipo curculioniforme, de color blanco lechoso, su longitud varía de 1 a 12 mm dependiendo del instar en el que se encuentren. La cápsula cefálica está retraída en el prototórax, con la pigmentación más oscura en los márgenes. Línea eclicial bien definida: la sutura coronal se extiende desde el punto medio dorsal hasta el área facial de la cabeza en donde se bifurca para formar dos brazos frontales que son ligeramente sinuados. Presenta un par de ocelos ovales, transparentes cerca del final de los brazos frontales y del margen anterior de la cápsula cefálica. Antena de dos artejos. Mandíbulas gruesas, cónicas, sin mala y con dos dientes. Tergo protorácico esclerosado con la parte posterior más elevada y cubierta con pequeñas escamas, lateralmente presenta un espiráculo grande y ovalado. Mesotórax y metatórax con dos pliegues dorsales, denominados predorso el primer pliegue y protodorso el segundo. Escleritos pleurales y esternón bien delimitado y provisto de sedas cuyo número, tamaño y disposición es característica. Primer segmento abdominal con tres pliegues dorsales. Segmentos abdominales II al VII con cuatro

pliegues: el primer pliegue es lateral, el segundo dorsal, el tercero y cuarto dorsolaterales. Segmentos VIII y IX sin pliegues dorsales. Todos los segmentos abdominales presentan sedas en número, tamaño y disposición característica.

Las pupas miden de 5 a 8 mm de largo y de 2 a 2.5 mm de ancho la superficie dorsal es convexa y la ventral más o menos plana; inicialmente son de color blanco cremoso y posteriormente cambian a color beige claro. Su cabeza está cubierta casi totalmente por las manchas oculares. El rostrum llega hasta las coxas metatorácicas. Antenas acodadas, escapo dirigido hacia las manchas oculares; funículo sin segmentación visible; mandíbulas pequeñas, no esclerosadas. El protórax es trapezoidal, el mesotórax y el metatórax son rectangulares. Patas con fémures y tibias plegados, con la parte distal de las tibias dirigidas hacia la línea media del área esternal. El primer segmento abdominal es ancho y convexo en su área esternal; los segmentos abdominales II al VII son más angostos, menos convexos y decrecen gradualmente (Gasca, 2000).

Adultos de cuerpo romboidal, miden 3.7 a 5.0 mm de longitud y de 2.0 a 2.5 mm de anchura de color negro a negro rojizo, con pequeñas escamas de color blanco, rojo, naranja y negro, que le dan tonalidades pardo rojizas. Las hembras son más grandes que los machos. Cabeza fuertemente esclerosada y ocupada casi en su totalidad por los ojos; el rostrum es notablemente curvo y los escobos o fosas antenales ocupan un tercio de su longitud. Ojos piriniformes, con la parte más ancha hacia la superficie dorsal, colocados en su posición anterolateral. Mandíbulas carentes de mola, trífidas, aserradas con dientes cónicos del mismo tamaño, curvados hacia la parte posterior. Las antenas se insertan distalmente en el primer tercio basal del rostro; funículo de siete artejos, maso antenal de 4 artejos. Pronoto grande de forma trapezoidal ligeramente constreñido. El borde posterior del pronoto es sinuado con una pequeña prolongación media posterior en contacto con el scutellum. Pleuritas triangulares con el margen anterior sinuado, con un espiráculo oval. Trocánter triangular. Fémur grande, alargado, grueso, sinuado, con un diente en el borde inferior y con el ápice casi terminado en punta. Tibia un poco más corta que el fémur, ensanchada en su parte apical, con una proyección fuerte y curvada colocada en el borde externo. Tarso de cinco segmentos, tercer tarsómero bilobulado con un cojinete de sedas en la superficie ventral, el cuarto es pequeño y el quinto angosto con dos uñas curvadas y divergentes. Presentan un canal posternal de forma casi triangular entre las coxas. Mesonoto casi triangular, mesopleura sin espiráculos; coxas de forma y

tamaño semejantes a las protorácicas pero más separadas; mesoternon trapezoidal, su borde anterior es la tercera parte de la anchura del metasternón. Metanoto rectangular, convexo, menos esclerosado que el mesonoto. Coxas alargadas, convexas, con escasas escamas de color blanco en la superficie; el fémur es una cuarta parte más grande que los anteriores, con una quilla delgada en su cara externa y con un diente en la inferior; tibia semejante a las anteriores, pero poco más grandes. Metasternón fuertemente convexo, más o menos rectangular y muy esclerosado, con dos procesos espiciformes en la parte posterolateral. Elitros triangulares, ligeramente alargados, más o menos planos dorsalmente con el ápice agudo; cuando están en reposo se unen por medio de bordes de acoplamiento, el del elitro izquierdo es alargado y acanalado a todo lo largo y en él se aloja el elitro derecho que es redondeado y más angosto que el izquierdo. Las escamas de los élitros son de color rojo-naranja y blancas, más pequeñas que el resto de las escamas del cuerpo. Terguitos abdominales poco esclerosados, de tamaño decreciente: el terguito I es menos ancho que el II y presenta espiráculos más pequeños que en el resto de los segmentos. Solo los seis primeros segmentos presentan espiráculos. Placas pleurales y esternales fusionadas en los primeros cinco segmentos. Quinta placa pleura-esternal trapezoidal, con los bordes laterales y apical más o menos gruesos y planos. En los machos, los bordes laterales son más gruesos y planos; en las hembras estos bordes son más delgados. En las hembras el perfil lateral del abdomen es fuertemente curvo. En los machos, los primeros esternitos son fuertemente curvos y los tres últimos están colocados en un plano casi horizontal (Gasca, 2000).

4.2.1.5. Ciclo biológico

A los adultos se les observa caminando durante el día a lo largo de las ramas y hojas. Las hembras ovipositan principalmente en los brotes tiernos, aunque en algunos casos de infestaciones severas, también llegan a barrenar ramas gruesas de dos años o más, y en casos esporádicos los troncos. El periodo de incubación de los huevos dura de 10 a 12 días. Las larvas pasan por cinco estadios en un periodo de 108 a 117 días. La pupación tiene una duración de 17 a 19 días, y esta se lleva a cabo dentro de los túneles o galerías de las ramas, de donde posteriormente emergen los adultos. Adicionalmente se presenta un estado de pre-imago adulto que dura de 5 a 8 días, en el cual completa su pigmentación y consistencia. Los adultos presentan un periodo de maduración sexual de 29 a 36 días, el tiempo promedio por generación es de 169 a 192 días. El ciclo biológico

de este coleóptero varía según la región, en Morelos se presenta con una duración de 200 días, donde el periodo de incubación dura de 10 a 12 días, la fase de larva dura 120 días con cinco estadios, cada uno con una duración de 20 a 24 días aproximadamente, la pupa dura 15 días, preimago 8 días y el adulto 45 días. En Michoacán, el ciclo biológico de este insecto tiene una duración de 169 a 192 días, con la siguiente descripción: periodo de incubación de 10 a 12 días, periodo larval de 108 a 117 días, pupa de 17 a 19, preimago de 5 a 8, preoviposición de 29 a 36, longevidad máxima en hembras 48 días y en machos 42 días. En el estado de Puebla existe la presencia de una generación al año, la cual inicia a principios de junio. En Oaxtepec, Morelos se presentan dos, la primera generación se presenta a principios de mayo y mediados de julio, la segunda en noviembre, esta última en condiciones de laboratorio. Mientras que en otro reporte, se indica que en Amacuzac y Yautepec, la presencia de adultos se observa desde mayo hasta noviembre, huevos de julio a enero, presencia de larvas todo el año y las pupas se encontraron de mayo a julio, con traslazo de generaciones en noviembre y diciembre. En Tétela del Volcán los adultos se presentan de junio a febrero y el traslazo de generaciones se observa en septiembre, octubre y noviembre. En Michoacán, la primera generación ocurre de principios de junio hasta mediados de septiembre y la segunda de finales de diciembre a principios de marzo (Figura 1) (Gasca, 2000).



Figura 1. Adulto de *Copturus aguacatae* sobre rama de aguacatero. Fuente: INIFAP. 2008.

4.2.1.6. Hábitos

Los adultos son de hábitos diurnos, caminan con frecuencia sobre las ramas con movimientos rápidos y nerviosos, se alimentan de hojas tiernas de aguacatero ocasionándoles

raspaduras en el haz y en el envés. Las hembras maduras copulan entre los 10 a 15 días siguientes sobre las ramas tiernas principalmente. Para hacer la puesta, la hembra horada con el rostro por debajo de la cutícula y entre esta y la epidermis deposita el huevecillo con el oviscapto a la entrada del orificio; después, ayudándose con el rostrum lo introduce hasta el fondo de la horadación. La capacidad máxima de postura por hembra es de ocho huevecillos que pueden ser puestos en grupos o aisladamente. No es fácil detectar el huevecillo, sin embargo es fácil localizar las ovipositoras por las horadaciones características que realiza la hembra principalmente en brotes tiernos (Gudiño y García, 1990).

Para pupar, la larva construye una cámara al final de su galería, en la cual entra en un estado prepupal que dura aproximadamente 10 días; la pupa puede encontrarse en posición paralela, inclinada o vertical a la longitud de la rama (Gasca, 2000).

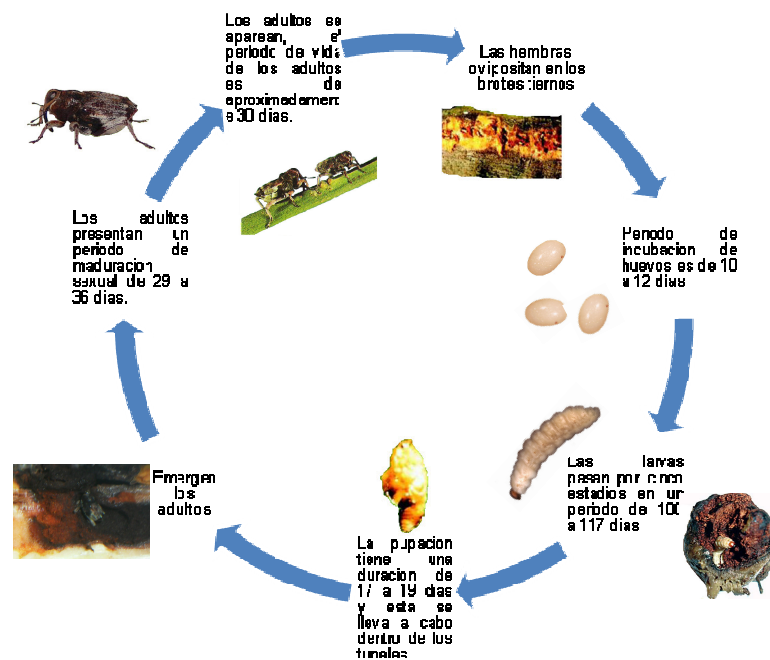


Figura 2. Ciclo biológico de *Copturus aguacatae* Kissinger. Fuente: Realizada con datos propios 2010.

4.2.1.7. Daños

Este coleóptero oviposita en la corteza de las ramas, preferentemente en las expuestas a los rayos solares, por lo que además de los daños de sol, las ramas son perforadas y se forma una gran

cantidad de galerías que construyen las larvas en la madera al alimentarse de está. Dichos daños, provocan que la fruta cuajada en la punta del brote se pierda al romperse la rama por su propio peso (Gallegos, 1990; Rodríguez, 1982).

En ramas gruesas y troncos las larvas no penetran más de 2 cm de profundidad en un volumen de daño que no es mayor de 4 cm³. Las ramas afectadas presentan savia por la perforación inicial de entrada, dicha savia se cristaliza en el exterior y aumenta conforme la larva continúa alimentándose; posteriormente las ramas se defolian y tiran la flor y en caso de tener frutos, se rompen por el peso o por vientos fuertes o debido a las maniobras de manejo del cultivo (CESAVEM, 2006).

4.2.1.8. Control químico

Este método de control se puede utilizar para el control de larvas o adultos, de barrenadores del hueso (*Conotrachelus aguacate*, *C. persea*, *Heilipus lauri* y *Stenoma catenifer*). Para el caso de que la aplicación se realice para el control de adultos, ésta consiste de aspersiones foliares de los insecticidas: malathión a razón de 1 l ha⁻¹ o parathión metílico 1.5 l ha⁻¹ y adherente 1 l ha⁻¹, acorde a lo establecido en la guía de plaguicidas autorizados de uso agrícola. Considerando que los adultos viven hasta 90 días, se deben realizar aplicaciones durante éste periodo, teniendo como base los resultados de muestreo que indiquen la presencia de éste estado de biológico de la plaga. A los 15 días después de realizar la aplicación, se debe realizar el muestreo de adultos, para definir cuantas aplicaciones son necesarias, en función del insecticida a aplicar (CESAVEM, 2006).

También pueden hacerse aplicaciones al suelo para eliminar o combatir a los adultos durante la época de emergencia de estos y así evitar que vuelvan a ovipositar. Para lo anterior, se puede utilizar parathión metílico en polvo 3% a dosis de 70 kg ha⁻¹, cubriendo el área de goteo de los árboles con presencia de este insecto (CESAVEM, 2006).

4.2.1.9. Control cultural

Consiste en podar y quemar las ramas con indicios de daños. Se ha encontrado que los niveles poblacionales son más altos en huertos descuidados y estos se convierten en focos de infestación para huertos aledaños (CESAVEM, 2006).

4.2.1.10. Control biológico

El control de barrenadores de ramas del aguacatero, se puede realizar a través de la aplicación de hongos entomopatógenos, cuando existan condiciones de humedad relativa superior a 80%, temperaturas entre los 18°C y 25°C y la existencia de insectos adultos, para lo cual se podrán utilizar los hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana* o *Metarhizium anisopliae*. Previo a la aplicación de los hongos entomopatógenos, se recomienda realizar un riego (CESAVEM, 2006).

Para lograr efectividad en el control de adultos de barrenador de ramas (*Copturus aguacatae*), se recomienda realizar la aplicación de los hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana* o *Metarhizium anisopliae*, en la época de emergencia de adultos o si se aplica a larvas, las aplicaciones deben ser directamente a las ramas (CESAVEM. 2006).

4.3. Muestreo de *Copturus aguacatae*

El muestreo tiene una gran diversidad de aplicaciones en el manejo integrado de plagas. Generalmente el muestreo se aplica cuando se requiere aplicar atributos específicos sobre una aplicación en una población objetivo, ya que resulta impráctico medirla en su totalidad. También es recomendable cuando se desea asociar a dichas estimaciones valores de precisión, exactitud y reproductibilidad lo que les confiere un carácter absoluto o comparativo. En el manejo de plagas es común también el monitoreo, el cual se caracteriza por permitir realizar estimaciones de atributos en una dimensión espacio-temporal. Esencialmente, las mediciones tienen un carácter relativo y no se asocian con valores de confiabilidad estadística. El muestreo del barrenador de las ramas (*C. aguacatae*) adquiere una gran importancia ya que estas son plagas de importancia cuarentenaria por el Departamento de Agricultura de E.U.A. (Téliz y Mora, 2007).

4.3.1. Distribución del barrenador en el dosel del árbol

Otro aspecto importante del hábito de esta plaga, con implicación en el muestreo, lo constituye la distribución de los insectos en el dosel del árbol. En frutales es común el muestreo de ciertos sectores del árbol, principalmente en cuatro puntos cardinales de la altura media de la copa, para estimar atributos de infestación o daño. Sin embargo, el conocimiento de que ciertos sectores

del árbol, tanto vertical como radialmente puede permitir mejorar los sistemas de muestreo. En el caso del barrenador de las ramas se ha demostrado que prefiere los sectores suroeste y noroeste de la copa del árbol independiente del grado de infestación. La distribución en el dosel, podría depender de la altura de los árboles y otras consideraciones de manejo así como la latitud y longitud por la inclinación de los rayos solares. Se reporta que para el estado de Puebla, la distribución del daño del barrenador de las ramas del aguacate tuvo mayor intensidad en la mitad superior del árbol con mayor preferencia en el orden siguiente: este > oeste > sur > norte (Téliz y Mora, 2007).

4.3.2. Consideraciones en el muestreo

Los atributos espacio-temporal de las poblaciones de barrenador y las características de la distribución en el dosel del árbol tienen implicaciones importantes en el sistema de muestreo. El muestreo aleatorio presupone homogeneidad espacial, no garantiza la estimación de la densidad poblacional y el daño de *C. aguacatae* con una precisión y exactitud aceptable cuando el objetivo del muestreo esta dentro del ámbito regulatorio. En general, un tamaño de muestra de 10 árboles por hectárea, usualmente recomendado bajo este método de muestreo, no es adecuado en un escenario de agregación (Téliz y Mora, 2007).

La metodología de muestreo del barrenador de las ramas del aguacatero empleada hasta el momento ha sido establecida bajo un criterio de muestreo simple aleatorio, lo que supone la uniformidad de las especies. Sin embargo, los métodos de muestreo dependen del comportamiento espacio-temporal de la población en estudio, para lo cual se necesita conocer los atributos espaciales de esta plaga y su efecto en el muestreo (Téliz y Mora, 2007).

4.4. Entomopatógenos

El uso de enemigos naturales como los entomopatógenos ha recibido la mayor atención en la última década debido a la concientización adquirida por los gobiernos, industria y pueblo en general sobre los peligros inminentes del deterioro ambiental, provocando una presión en el uso de métodos de control más benévolos hacia nuestro entorno, como lo es el control biológico (Gallegos *et al.*, 2003).

Los hongos entomopatógenos inician una infección cuando la espora se pone en contacto con el cuerpo del insecto. Al germinar la espora, esta emite un tubo germinativo que atraviesa el integumento del insecto e invade su interior, colonizando diversos órganos; como consecuencia el insecto muere, su cuerpo se endurece y, al cabo de varios días, se observa un crecimiento algodonoso que sale de sus articulaciones. Los insectos mueren por el ataque del hongo infectan, por contacto, a otros insectos sanos y, si el ambiente es favorable para el desarrollo del hongo, la enfermedad se disemina rápidamente a toda la población causando una epizotia (Gallegos *et al.*, 2003).

Cuando se habla de control biológico de la plaga es necesario conocer el ciclo biológico para determinar cuál es la etapa de aplicación del hongo, además de saber cuales son las condiciones climáticas a las que se adapta el entomopatógeno. Los hongos entomopatógenos pueden vivir en el suelo por periodos variables. Los principales Deuteromycetes, como *M. anisopliae* y *B. bassiana*, luego de parasitar a los insectos pueden permanecer colonizando al cadáver durante un periodo relativamente largo a la espera de un nuevo hospedero (Gallegos *et al.*, 2003).

Por lo general, los hongos entomopatógenos causan la muerte del hospedero debido a deficiencia nutricional o invasión o digestión de tejidos o liberación de toxinas. Solo unas pocas especies son capaces de invadir a través de heridas en el intertegumento (*Fusarium*, *Mucor*, *Penicillium*). Las especies entomopatógenas usualmente penetran la cutícula del hospedero y algunas veces invaden un espacio, ya sea la cavidad bucal o los espiráculos. Es frecuente que las infecciones sean iniciadas por esporas o conidios (*Zygomycotyna*, *Deuteromycotyna*), aunque en *Mastigomycotina* y *Ascomycotina* las zoosporas y ascosporas son las responsables (Gallegos *et al.*, 2003).

El desarrollo de la micosis puede ser separado en tres fases:

1. Adhesión y germinación de la espora sobre la cutícula del insecto.
2. Penetración en el hemocele.
3. Desarrollo del hongo, lo cual generalmente provoca la muerte del insecto.

La mayor parte de los conidios difícilmente conseguirán sobrevivir por más de tres meses en los diferentes tipos de suelo. Sin embargo, existen algunas estructuras de resistencia que pueden ser responsables de una mayor permanencia en el medio (Gallegos *et al.*, 2003).

El desarrollo de los hongos entomopatógenos, en particular de los Deuteromycetes, puede ser dividido en 10 etapas. De manera general el desarrollo de la micosis es de la siguiente forma:

1. Comienza por la adhesión al tegumento.
2. Germinación de los conidios o esporas sobre éste.
3. Penetración a través de la cutícula del insecto.
4. Multiplicación del hongo en el hemocele.
5. En ciertos hongos o cepas se producen toxinas.
6. Muerte del insecto.
7. El hongo coloniza todo el interior del hospedero.
8. El micelio sale hacia el exterior pasando a través del tegumento.
9. Esporulación sobre la superficie del insecto.
10. Diseminación del hongo en el ambiente.

Cada uno de estos pasos son importantes no solo para provocar la muerte del hospedero, sino también para la posterior diseminación en el hábitat.

4.4.1. *Beauveria bassiana*

Este hongo es conocido por su amplio rango de hospederos y distribución geográfica, su patogenicidad se ha probado contra varias especies de insectos que cualquier otro hongo. En el pasado, este hongo se distribuyó como Boverín para el control del escarabajo de la papa (*Leptinotarsa decemlineata*). *B. bassiana* se ha encontrado atacando a la broca del café (*Hypothenemus hamperi*).

El hongo *B. bassiana* se observa como una capa de micelio blanco algodonoso que envuelve al insecto, con granulaciones pequeñas del mismo color. Se describe a este hongo en medio de cultivo como una colonia blanca de apariencia algodonosa y esponjosa, en la que denotan pequeñas esferas (como aspecto de nieve) de color crema pálido en la parte inferior. Otra característica de estos hongos entomopatógenos es que pueden ser capaces de iniciar epizootias a densidades altas y bajas de hospedero (Gallegos *et al.*, 2003).

4.4.1.1. Morfología

B. bassiana es un entomopatógeno imperfecto con hifas separadas y estructuras reproductivas denominadas conidióforos, sobre las cuales se desarrollan conidios. El micelio ramifica para formar conidióforos simples e irregulares que terminan en vértices con forma de racimos; la base de la célula es globosa o abultada con un adelgazamiento en el área de inserción de los conidios, de 2 a 3 μm o 2 a 2.5 μm y esterigmas curvados en forma irregular o dispuestos en forma de zigzag. Es un hongo que presenta hifas bien septadas y conidióforos en densos racimos, esterigmas alternados en zigzag alargados en su extremo distal, y conidios globosos o subglobosos (ovales) de 2-3 μm por 2-2.5 μm de diámetro de color blanco globoso (Gallegos *et al.*, 2003).

4.4.1.2. Taxonomía

Reino: Mycetae

División: Amastigomicotina

Subdivisión: Deuteromycotina

Clase: Deutermycetes

Subclase: Hypomycetes

Familia: Moniliaceae

Género: *Beauveria*

Especie: *Beauveria bassiana*

4.4.1.3. Espectro de acción

Es un hongo con amplio espectro de acción, que puede atacar a los insectos en estado de huevecillo, larva, pupa e imago, donde generalmente son susceptibles a la micosis del mismo, puede utilizarse en hortalizas, frutales y diversos cultivos. Dentro de los insectos que controla se encuentran dípteros, coleópteros, lepidópteros, hemípteros, homópteros y algunas plagas del suelo (*Phyllophaga* sp.) (Gallegos *et al.*, 2003).

4.4.2. *Metarhizium anisopliae*

Perteneciente a la familia de la Moniliaceae, el género *Metarhizium*, es muy conocido por provocar en los insectos la “muscardina verde”, llamada así por el color olivo de sus esporas. Durante la germinación de las esporas se forma el tubo germinativo, pudiendo ser dos. El micelio crece formando los conidióforos en el transcurso de la semana para la formación de las esporas. El color de las esporas es blanco en un principio, cambiando a un color verde olivo a medida que crece. La formación de las esporas es en cadena; al final de los conidióforos se forman las esporas, continuando hasta que la cadena de esporas es formada. Las esporas varían en tamaño de 5 a 7 µm de longitud y 2.3 a 3.7 µm de ancho. Crece bajo temperaturas óptimas de 24 a 26°C y su rango para el desarrollo normal es de 10 a 30°C. Con un pH para su crecimiento normal de 4.7 a 10, crece bien en materia orgánica. Aunque el crecimiento y la fructificación son afectados por los rayos solares, sus esporas pueden mantenerse en condiciones secas hasta tres años.

4.4.2.1. Morfología

Produce conidióforos ramificados, las esporas son alargadas y se forman en cadenas. La conidia más joven es la de la base del conidióforo. En cada conidióforo se forma una cadena de conidias biseptada, las cuales crecen densas y adheridas, son esporas alargadas. Las conidias son blancas cuando son jóvenes y de color verde oscuro conforme van madurando. El tamaño permite diferenciar las especies de género: *M. anisopliae* con dos variedades. *Metarhizium anisopliae* var *anisopliae* forma conidias cilíndricas de color verde por lo general truncadas en ambos extremos, ovals, de tamaño comprendido entre 3.5 y 9.0 µm de largo. *Metarhizium anisopliae* var *major* (Johnston) produce conidias entre 9.0 y 18.0 µm de largo. Este hongo habita en todo el mundo debido a su alta capacidad de adaptación a las diferentes condiciones ambientales y causa enfermedad en forma natural a más de 200 especies de insectos en diferentes órdenes (Gallegos *et al.*, 2003).

4.4.2.2. Taxonomía

Reino: Mycetozoa

División: Amastigomicotina

Subdivisión: Deuteromycotina

Clase: Deutermycetes

Subclase: Hypomycetes

Familia: Moniliaceae

Género: *Metarhizium*

Especie: *Metarhizium anisopliae*

4.4.2.3. Espectro de acción

M. anisopliae es un organismo cosmopolita, de gran adaptabilidad, que puede ser utilizado en gran variedad de cultivos, como hortalizas, frutales, cítricos, pastizales, caña de azúcar, cultivos básicos, cultivos industriales, entre otros, y en ellos combate una gran variedad de insectos de los órdenes coleóptera, homóptera, hemíptera, lepidóptera, ortóptera, etc (Gallegos *et al.*, 2003).

4.6. Control de calidad y patogenicidad de *M. anisopliae*

El control de calidad constituye un factor clave, ya que además de garantizar un buen rendimiento, verifica que el producto obtenido sea de alta calidad y se evita la pérdida de materiales y reactivos. El control de calidad de los hongos entomopatógenos se realizan sobre el formulado final establecido por Fábila y Nolasco en 2007. Este proceso se lleva a cabo mediante la evaluación del rendimiento en número de conidias por gramo de polvo cosechado y la viabilidad de las conidias que representa el porcentaje de germinación viable, otros factores que se consideran son el tamaño de partícula y el contenido humedad (Fábila y Nolasco, 2007).

4.6.1. Tamaño de partícula

Para el insecticida formulado a base de conidios del hongo entomopatógeno *M. anisopliae*, se deben obtener partículas compatibles con el equipo de aplicación de ultra bajo volumen, el cual requiere una partícula menor a 118 μm . El tamaño de partícula se obtiene al realizar la extracción de conidios en forma manual, utilizando dos tamices, el primer tamiz de 300 μm y el segundo de 100 μm para así separar las partículas más grandes del primer tamiz y de esta manera se obtuvo el tamaño de partícula es menor a 118 μm (Fábila y Nolasco, 2007).

4.6.2. Viabilidad de conidias

Las esporas de este hongo son organismos vivos por lo que su viabilidad o proporción de conidias vivas disminuye con el tiempo. De las muestras analizadas por Fábila y Nolasco, se observó un porcentaje de germinación mayor al 80%, parámetro internacionalmente aceptable en el control biológico. Esto indica en términos generales, que la muestra está dentro del rango de germinación aceptable para propiciar enfermedades a las plagas que se pueden convertir en epizootias a gran escala. La viabilidad de conidias puede disminuir en un periodo corto, si no se les da un buen manejo en el almacén antes de la aplicación en campo (Fábila y Nolasco, 2007).

4.6.3. Contenido de humedad de *M. anisopliae*.

Para este producto el contenido de humedad es esencial en el crecimiento, reproducción y liberación de esporas; sin embargo las conidias almacenadas a altos porcentajes de humedad relativa, generalmente reducen su viabilidad en corto tiempo, el producto tiene un contenido de humedad del 11.41% (Fábila y Nolasco, 2007).

4.7. Enemigos naturales de *C. aguacatae* Kissinger

4.7.1. Parasitoides

Se tiene registro de la presencia de una gran diversidad de himenópteros: *Eupelmus* sp. (Eupelmidae), *Euderus* sp. (Eulophidae), *Eurydinoteloides* sp. (Pteromalidae), *Erythmellus* sp. (Mymaridae), *Oncophanes* sp. (Braconidae) y *Prosierola bicarinata* (Brues) (Bethylidae) (Huerta *et al.* 1990); aunque poco se ha realizado para evaluarlos como agentes de control. El género *Urosigalphus* Ashmead comprende especies de avispas que se especializan en parasitar curculiónidos, con una amplia distribución en México (20 especies). En algunos estudios, se realizó la descripción de *Urosigalphus avocadoe*, “como parasitoide de larvas de barrenadores del aguacate”, pero sin detallar la identidad específica del huésped. Sólo se reporta en dos localidades, San Pedro, Montes de Oca (Costa Rica) y Ciudad Victoria, Tamaulipas (Hernández *et al.*, 2009). En Coatepec Harinas, Estado de México este mismo autor lo menciona.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Área de estudio

El Municipio de Malinalco se localiza al sur del estado de México, a los 19° 57'07'' de latitud norte y a los 99° 33'06'' de longitud oeste, y un altitud de 1750 m. Limita al norte con los municipios de Joquicingo y Ocuilan, al sur con Zumpahuacán y el Estado de Morelos; al este con el municipio de Ocuilan y el Estado de Morelos; al oeste con los municipios de Tenancingo y Zumpahuacán.

El estudio se realizó en una huerta de aguacate 'Hass', con una superficie de 2.5 ha, ubicada en la comunidad de San Sebastián, Malinalco a los 18° 59'31'' de latitud norte y a los 99° 29'10'' longitud oeste, con una altitud de 2144 m. La huerta produce bajo condiciones de temporal y está formada por 288 árboles de los cuales 75 cuentan con 3 años de edad, 60 se ubican entre 4 y 6 años y los restantes cuentan con 10 años de edad con una altura de entre 2 y 4 m y presenta alta incidencia de daños causados por barrenador de las ramas (aproximadamente entre 85 y 90%). El clima predominante es semicálido, subhúmedo con lluvias en verano, con una temperatura media anual de 20°C, la máxima promedio es de 34.8°C y la mínima promedio de 17.1°C; la precipitación pluvial es de 1177 mm, la máxima incidencia de lluvias se tiene en los meses de junio, julio y agosto con un promedio de 250 a 260 mm. La incidencia de heladas es baja. El suelo más frecuente es el feozem háplico, en la serranía predomina el suelo litosol, aprovechable para la silvicultura y la vida silvestre (Severo, 2008).

Se instaló un data logger (HOBO) para determinar factores ambientales como temperatura y humedad relativa, a partir de mayo hasta agosto, y se determinó la influencia de estos factores con las poblaciones de barrenador. Este tomaba la temperatura por día en intervalos de una hora en un periodo de 82 días, en total se tomaron datos de 84 días.

5.2. Muestreo de larvas y adultos de *Copturus aguacatae*

El muestreo que se realizó, está basado en el manual operativo del CESAVEM 2006 bajo las siguientes condiciones:

De cada árbol se seleccionaron 4 ramas, una en cada punto cardinal (Norte, Sur, Este y Oeste), preferentemente ramas de 1.5 y 2.0 cm de diámetro. Las ramas seleccionadas fueron las que estuvieron expuestas a los rayos solares. Se muestrearon 4 ramas de la parte superior, medio e inferior del dosel del árbol.

Las ramas seleccionadas, se inspeccionaron visualmente y solo en caso de haber observado sobre éstas savia cristalizada, o cualquier otro síntoma parecido al ocasionado por los barrenadores de ramas del aguacate, se realizaron disecciones en la madera para determinar la presencia o ausencia de algún estado biológico de la misma. En su caso se contabilizó el número de inmaduros y adultos encontrados. Con el hecho de encontrar una rama infestada, se consideró el árbol infestado (CESAVEM, 2006).

El porcentaje de infestación se calculó con base en la siguiente fórmula:

$$\text{Infestación} = (\text{No. de árboles infestados} / \text{No. de árboles muestreados}) * 100$$

El muestreo para barrenadores de ramas se realizó durante 8 meses a partir de febrero de 2010. Los muestreos se realizaron quincenalmente. Se inspeccionó el ciclo biológico del barrenador para hacer las aplicaciones de entomopatógenos en la fase programada.

5.3. Aplicación de entomopatógenos

Previo a la aplicación y con el objetivo de tener una referencia del producto aplicado, se consultaron los datos del análisis de las cepas de *M. anisopliae* realizadas en el CESAVEM, de los cuales se citan los más importantes; concentración de 1.3×10^{12} esporas por dosis formulada. Considerando que la concentración de conidias, es el parámetro de referencia para determinar la virulencia de este hongo entomopatógeno, la viabilidad dentro de este sistema de producción fue de 88.6% con un contenido de humedad promedio de 11.41%, lo cual, de acuerdo a la literatura (Fábila y Nolasco, 2007), el producto posee las características adecuadas para la aplicación.

Se realizaron tres aplicaciones de los bicontroladores, la primera se realizó en el mes de junio, posteriormente en julio y agosto. Dicha aplicación se realizó con mochila manual utilizando un

adherente a una dosis de 1 ml L⁻¹ para dispersar mejor las partículas del hongo, se utilizaron boquillas de abanico y la dosis de los hongos manejada fue de 30 g para una capacidad de 15 L y 42 para 21 L.

5.4. Diseño experimental

Se empleó un sistema de bloques completamente al azar con cuatro tratamientos y cinco árboles por repetición; los cuales consistieron en la aplicación de *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Metarhizium anisopliae* con *Beuveria bassiana* y el testigo.

5.5. Análisis de datos

Con el fin de conocer las diferencias entre tratamientos, se realizó el análisis de varianza para medir la eficiencia de los hongos sobre larva y adultos de *C. aguacatae*. Posteriormente se compararon las medias, el error típico y la desviación típica mediante la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05\%$), estas pruebas se realizaron con el programa SPSS.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Porcentaje de infestación

En total se muestrearon 288 árboles al inicio del ciclo para determinar la infestación total de huerto, de estos se identificaron 47 libres de barrenador por lo que se obtiene el siguiente resultado:

$$\text{Infestación} = \frac{(241)}{288} * 100 = 83.68\% = 87\%$$

Este dato sugiere la alta presencia de *C. aguacatae* en la región. En otros estudios, se han reportado incidencias del coleóptero durante todo el año, incluso se han llegado a encontrar adultos en el mes de noviembre, alternándose con las siguientes generaciones.

6.2. Cinética de la población

Sin discriminar el estadio del insecto, de febrero a julio de 2010, se observó una mayor presencia de *C. aguacatae*, en estado larvario en los primeros meses, es decir, febrero, marzo y abril (Figura 3).

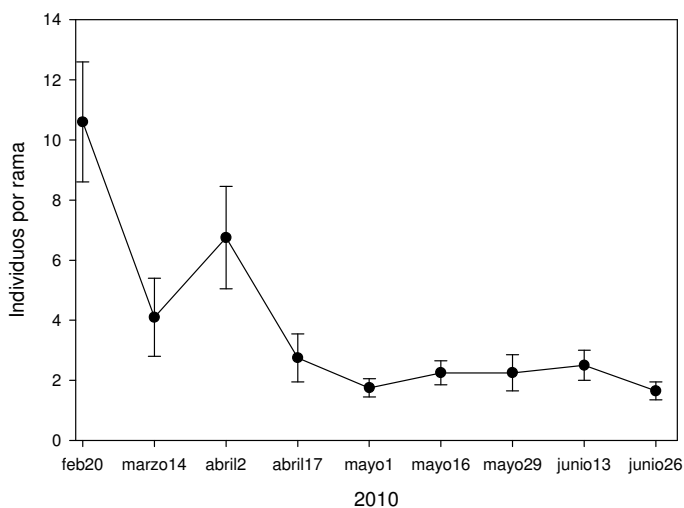


Figura 3. Población de *Copturus aguacatae* en un huerto de aguacate 'Hass' en Malinalco, México, 2010. Los datos son la media de cuatro ramas \pm error estándar.

En los meses de mayor presencia de adultos de *C. aguacatae*, se observa una temperatura de 23° y una humedad relativa de 65 y 70% (Figura 4). Los datos anteriores indican que la mayor población de insecto ocurre a humedades relativas altas, mayores a 65% y temperatura mayor a 20°C.

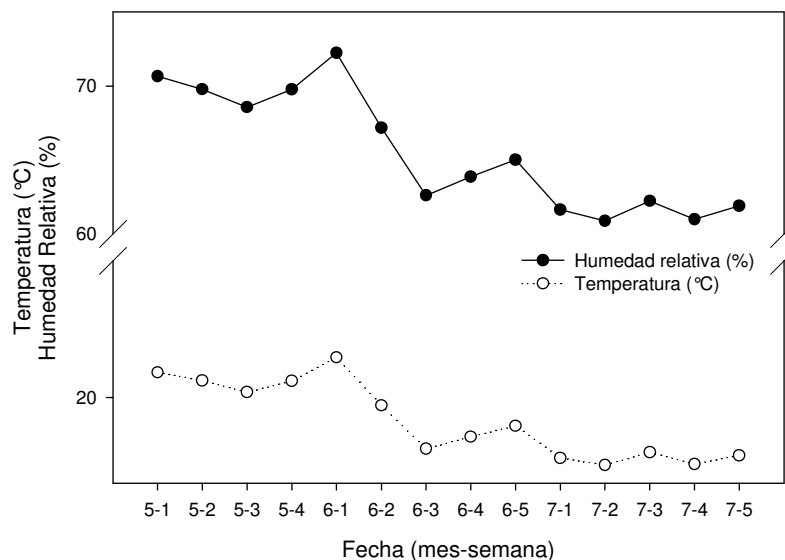


Figura 4. Temperatura y humedad relativa en la comunidad de San Sebastián, Malinalco, 2010.

La fluctuación poblacional por los estadios biológicos de *C. aguacatae* se muestra en la Figura 5.

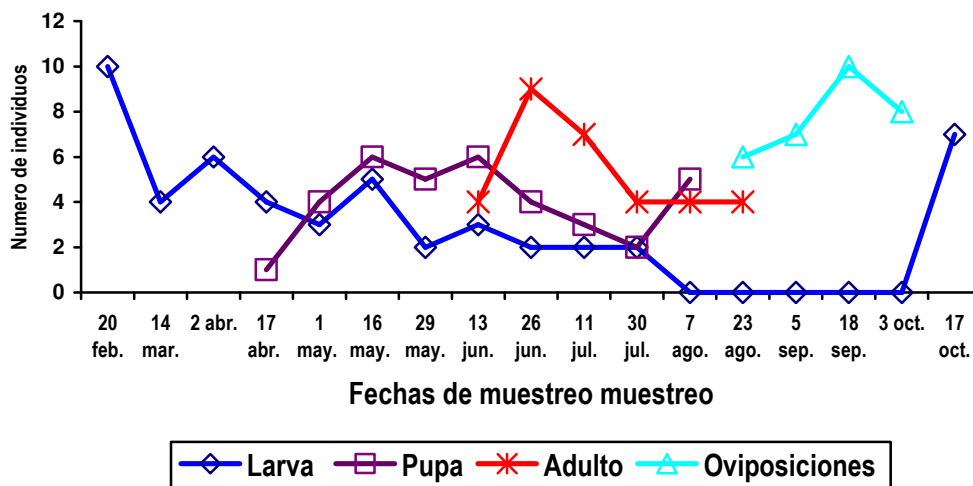


Figura 5. Determinación de las etapas fenológicas y fluctuación poblacional de *C. aguacatae* en San Sebastián, Malinalco. 2010. Los datos son la media de 20 árboles.

6.3. Larvas y pupas

Respecto al estadio larvario de *C. aguacatae* se registraron datos durante todo el periodo de monitoreo, sin embargo la presencia de larvas varió entre las fechas de muestreo, mientras en febrero se presentó una infestación alta, a partir del mes de marzo hasta abril la incidencia de larvas fue menor, posteriormente en los meses siguientes empezó a disminuir el porcentaje hasta el mes de mayo en donde se presentaron las primeras pupas del barrenador (Figura 6).

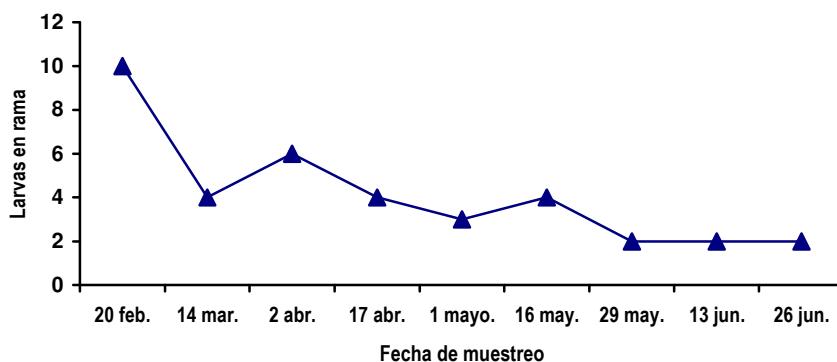


Figura 6. Número de larvas de *C. aguacatae* por rama en un huerto comercial de aguacate 'Hass' en Malinalco, México, 2010. Los datos son la media de cuatro ramas.

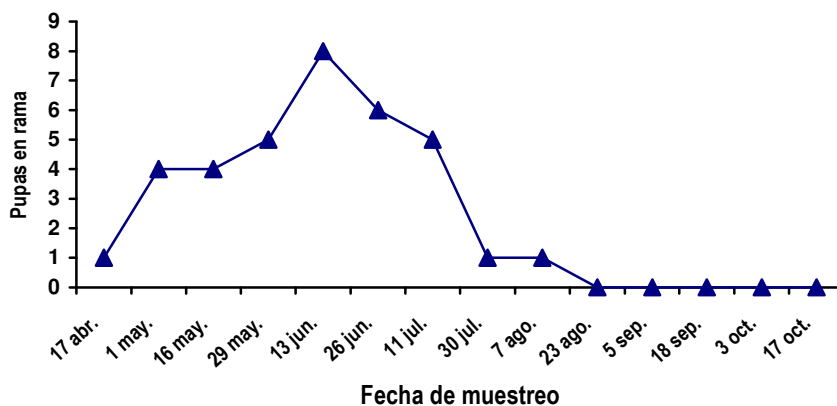


Figura 7. Número de pupas de *C. aguacatae* por rama en un huerto comercial de aguacate 'Hass' en Malinalco, México, 2010. Los datos son la media de cuatro ramas.

6.4. Adultos

Se observó la emergencia de adultos en el mes de junio donde se registró el punto más alto de la infestación.

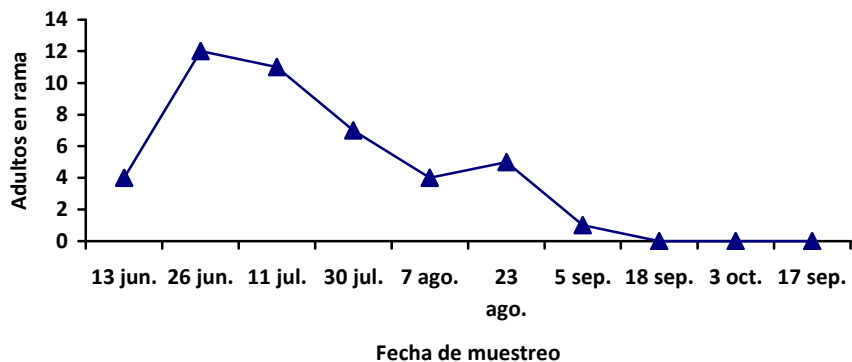


Figura 8. Número de adultos de *C. aguacatae* por rama en un huerto comercial de aguacate 'Hass' en Malinalco, México, 2010. Los datos son la media de cuatro ramas.

Como se observa en las Figuras 6, 7 y 8, la larva se presenta principalmente en febrero, marzo y abril, cambiando a pupa en los meses de mayo y junio, en este último es cuando se observa a los adultos. De acuerdo al comportamiento del adulto, el control químico ó biológico debe programarse a inicios de junio, julio y principios de agosto.

6.5. Aplicación de entomopatógenos

Estadísticamente no se obtuvieron diferencias para el control de *Copturus aguacatae* por la aplicación de biocontroladores. En los cuatro tratamientos se observó un descenso en la población de julio a septiembre y un posterior incremento en octubre, considerando que en octubre se registraron las primeras oviposiciones. (Figura 9).

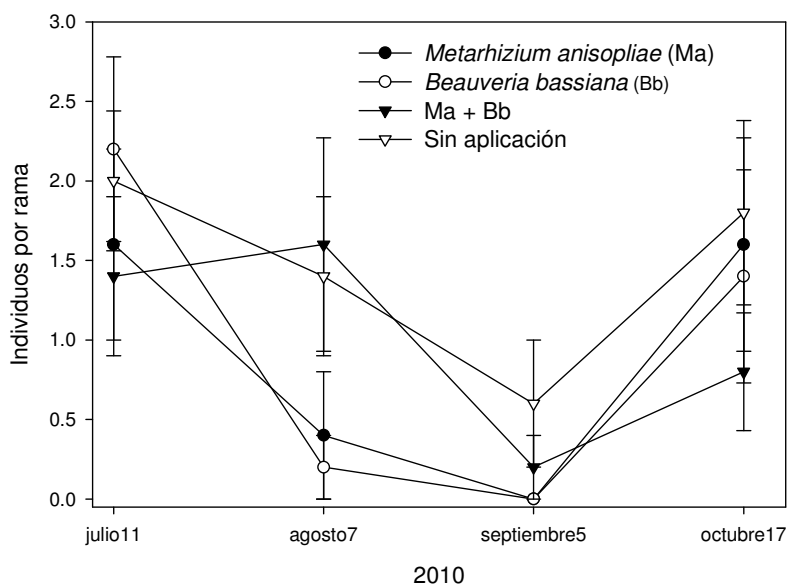


Figura 9. Individuos por rama de *C. aguacatae* después de la aplicación de entomopatógenos en un huerto de aguacate 'Hass' en Malinalco, México, 2010. Los datos son la media de cuatro ramas \pm error estándar.

Como se aprecia en la Figura 9, la población de *C. aguacatae* disminuyó de manera natural de julio a septiembre, lo cual parece implicar que el periodo de mayor presencia de este insecto es en julio. En Michoacán, *C. aguacatae* también se presenta con mayor intensidad en dichos meses de acuerdo a lo reportado por Gasca (2000). Para la aplicación de *B. bassiana* y *M. anisopliae*, disminuyó la incidencia en agosto, mientras que la combinación de ambos presentó sus mejores efectos hasta septiembre y octubre.

Al realizar un porcentaje del control a partir de la primera aplicación se encontró que aunque estadísticamente no hubo diferencias, un mayor porcentaje de árboles tratados con *M. anisopliae* y *B. bassiana* no tuvieron presencia de *C. aguacatae*.

6.5.1. Efecto de los biocontroladores en los estados de desarrollo de *C. aguacatae*

De acuerdo al desarrollo del insecto, en los muestreos posteriores a la aplicación de entomopatógenos, se presentaron, larvas, pupas y adultos. Quince días después de la primera aplicación se obtuvieron los siguientes resultados (Figura 10).

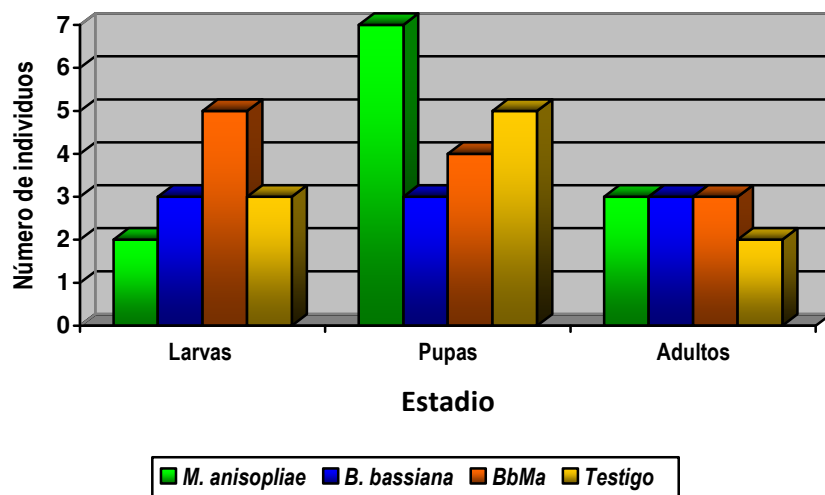


Figura 10. Individuos de *C. aguacatae* después de una aplicación de entomopatógenos.

Posterior a la segunda aplicación de los biocontroladores se tuvieron los resultados expresados en la Figura 11, los cuales indican que la aplicación de *Beauveria* fue efectiva para controlar adultos y pupas, sin embargo en relación al testigo no hubo control de larvas.

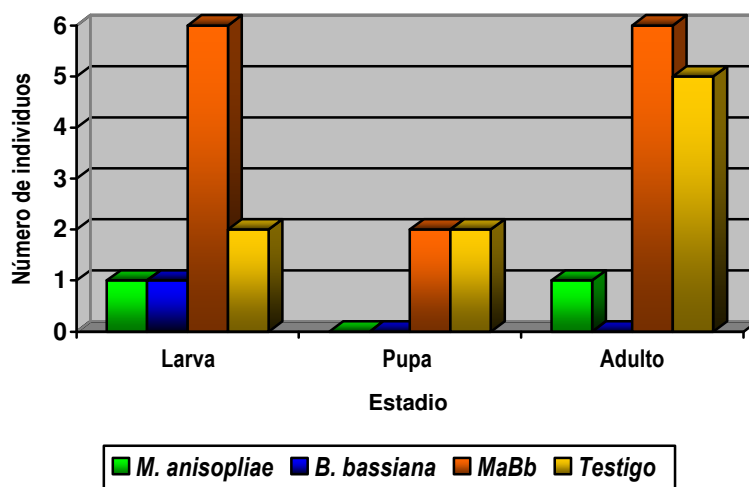


Figura 11. Individuos de *C. aguacatae* después de dos aplicaciones de entomopatógenos.

Cabe mencionar que dentro de los muestreos se encontró un adulto infestado por *B. bassiana*, lo cual justifica la susceptibilidad del insecto. Posterior a la segunda aplicación se realizó el muestreo para determinar larvas, pupas o adultos infestados, encontrándose solo un adulto,

además se realizaron las primeras inspecciones para determinar si ya existía oviposición en brotes o ramas intermedias y se obtuvo lo siguiente:

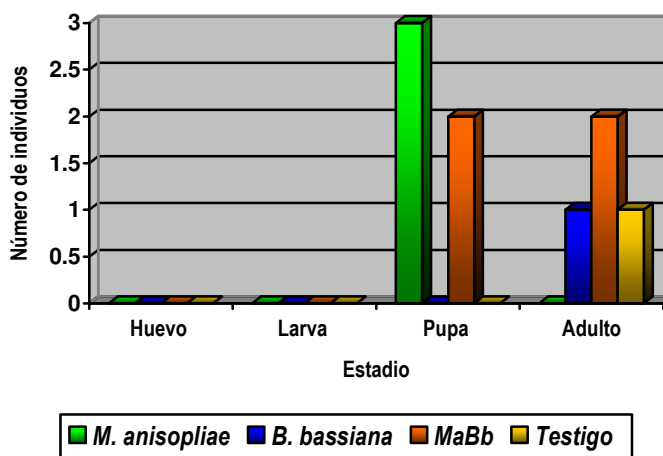


Figura 12. Número de individuos en la segunda aplicación de *M. anisopliae* y *B. bassiana*

De la misma manera que en el muestreo posterior a la primera aplicación se encontró otro adulto parasitado por *B. bassiana*. La tercera aplicación se realizó el 23 de agosto, durante esta se realizó un muestreo al follaje para determinar el número de adultos, encontrándose un adulto en el tratamiento de *MaBb* y tres en el testigo. Dichos insectos no presentaron síntomas de infección por entomopatógenos.

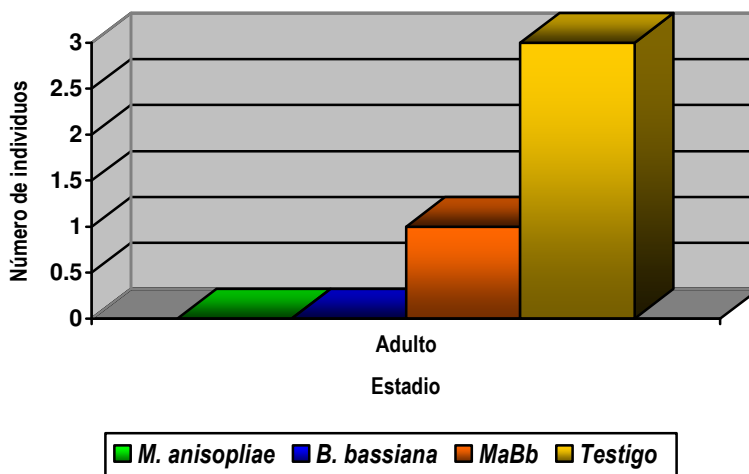


Figura 13. Número de adultos encontrados en el muestreo al follaje previo a la tercera aplicación.

Posterior a la última aplicación se realizó el muestreo numero 15 y se obtuvieron los siguientes resultados:

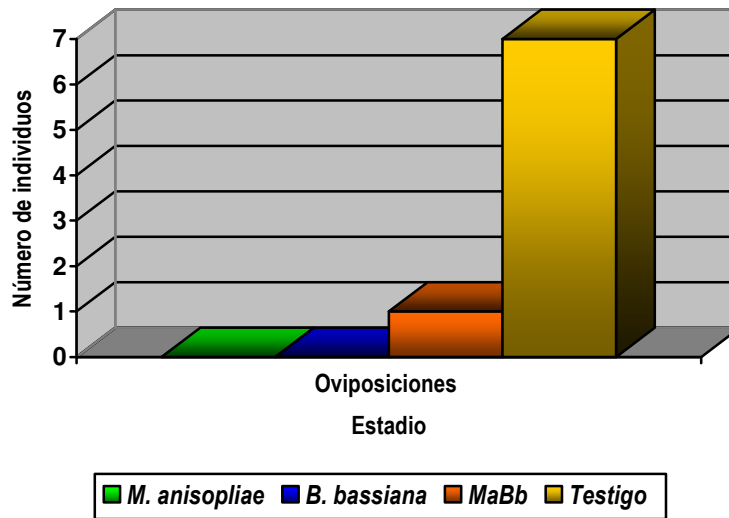


Figura 14. Número de oviposiciones detectadas en brotes, posterior a la tercera aplicación

Cabe mencionar que durante el muestreo número 16, realizado el 2 de octubre, no se detectaron síntomas de barrenador, debido a la incidencia de las lluvias. Sin embargo en el muestreo 17 efectuado el 16 de octubre, los daños fueron más visibles encontrándose el siguiente número de individuos por tratamiento:

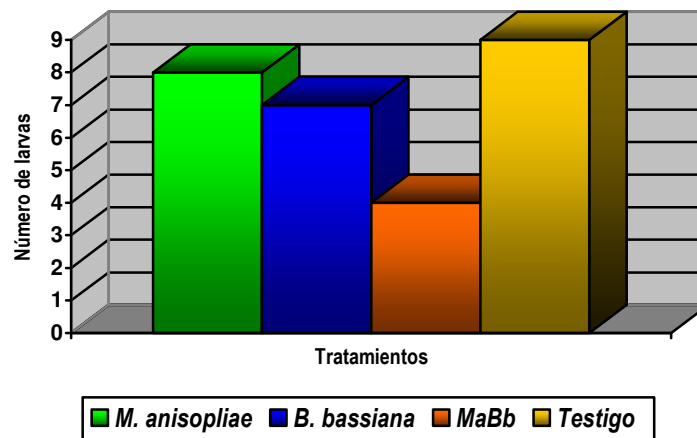


Figura 15. Número de larvas encontradas por tratamiento en el muestreo 17 realizado el 16 de octubre de 2010.

Finalmente, al realizar un porcentaje del control por árbol, a partir de la primera aplicación se encontró que aunque estadísticamente no hubo diferencias, un mayor porcentaje de árboles tratados con *M. anisopliae* y *B. bassiana* no tuvieron presencia de *C. aguacatae* (Figura 16).

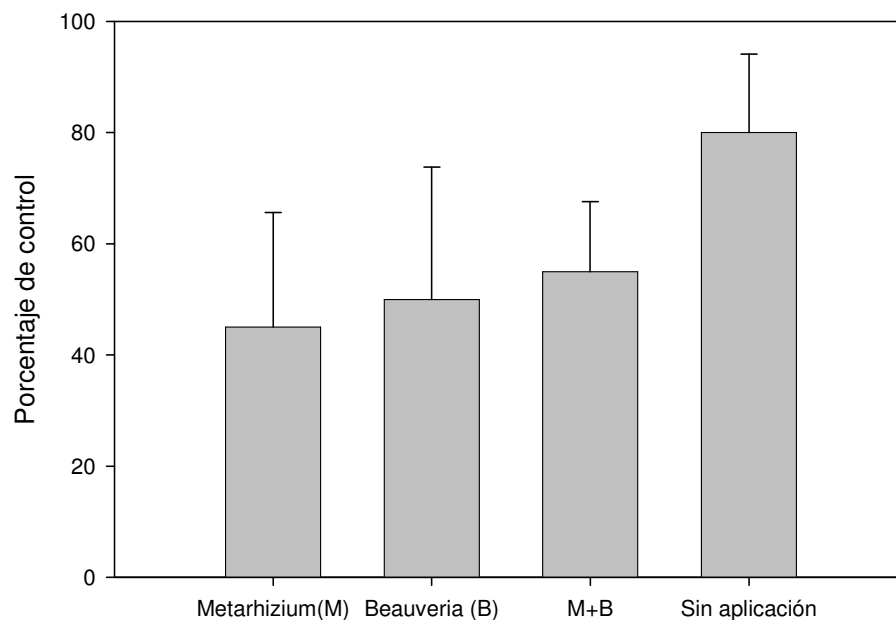


Figura 16. Infestación por *C. aguacatae* en árboles de aguacate tratados con entomopatógenos. Los datos son la media de 20 árboles \pm error estándar.

Es importante continuar con la evaluación de *M. anisopliae* y *B. bassiana* ya que los datos sugieren cierto control de *C. aguacatae*, y retomando párrafos anteriores, es recomendable realizar el monitoreo del barrenador de las ramas en los meses de enero a abril de 2011.

6.6. Otros enemigos naturales

Durante los muestreos, se encontró un total de siete larvas de una avispa parasitoide de las larvas de *C. aguacatae*. La especie se encuentra en proceso de indentificación, pero de acuerdo a antecedentes previos, en el Estado de México, posiblemente el parasitoide sea *Urosigalphus avocadoe* (Hymenoptera: Braconidae) reportado en Coatepec Harinas, Estado de México (Hernández *et al.* 2009).

VII. CONCLUSIONES

Se determinó un alto porcentaje de infestación de la plaga en San Sebastián, Malinalco, obteniendo un 87% del total de los árboles.

Existe presencia de larvas a partir de octubre hasta julio, encontrando en cada rama más de 4 individuos, con una duración aproximada de 288 días.

El periodo de pupación se lleva a cabo a partir de la segunda quincena de abril hasta la segunda quincena de julio, considerando un lapso de 20 a 25 días para pasar al estado de adulto.

En el municipio de Malinalco se presenta una generación al año, con la siguiente descripción:

Huevo u oviposición: agosto-septiembre

Larva: octubre-julio

Pupa: mayo-agosto

Adulto: mayo-agosto

Los síntomas característicos del daño hecho por larva se ven afectados durante la época de lluvias, haciendo más difícil la detección de la larva.

Los daños varían de acuerdo a las siguientes características de la rama: diámetro y longitud de la rama y el número de larvas por rama.

De acuerdo a la aplicación de entomopatógenos, no existe diferencia estadística significativa, sin embargo se pueden hacer comparaciones entre los tratamientos, teniendo mayor eficiencia en las aplicaciones de los hongos por separado.

Existen parasitoides de *C. aguacatae*, que afectan principalmente el estado larvario del insecto, el estado fenológico del parasitoide también se identificó como larva.

VIII. SUGERENCIAS

Se sugiere tomar los datos de la población de dicho barrenador en los meses de mayor incidencia en 2011, con el fin de tener el ciclo completo y determinar correctamente el efecto de estos hongos entomopatógenos.

Se recomienda a los productores utilizar estos productos biológicos con la finalidad de obtener niveles de control de *C. aguacatae* permanente y evitar el uso excesivo de pesticidas agrícolas.

Se sugiere realizar aplicaciones semanales y quincenales para tener un mayor número de esporas en el cultivo para que el impacto sobre la plaga sea aun mayor

Para futuras evaluaciones se recomienda usar cepas más virulentas diferentes a las usadas en el presente estudio.

Para aplicaciones posteriores realizar y evaluar formulaciones diferentes a las ya establecidas comercialmente.

IX. BIBLIOGRAFÍA.

Apoyo y Servicios a la Comercialización Agropecuaria (ASERCA). Abriendo surcos. (En Línea). 2010 (citado 2010-03-19) p. 2. Disponible en Internet:
<http://www.aserca.gob.mx/sicsa/claridades/revistas/065/ca065.pdf#page=1>.

Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Estado de México (CESAVEM). 2008. Campaña Manejo Fitosanitario del Aguacate. Boletín Técnico. Estado de México.

Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Estado de México (CESAVEM). 2006. Manual Operativo. Estado de México. 55 p.p.

Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Estado de México (CESAVEM). 2007. Manual Operativo. Estado de México. 37 p.p.

Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Estado de Sinaloa (CESAVESIN). Barrenador de las ramas del aguacatero. (En Línea).2008. (Citado 2009-03-11) pp. 3-5. Disponible en Internet:
http://www.cesavesin.gob.mx/memoria/organicos/AGUACATE_ORGANICO_EN_MEXICO.pdf

Díaz, P. M. A. 2008. Campaña Manejo Fitosanitario del Aguacate. Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Estado de México (CESAVEM).

Fábila, M. L., y Nolasco, V.P. 2007. Producción masiva del hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* (Sorok) bajo condiciones de laboratorio, en el Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Estado de México. Tesis de Licenciatura. U.A.E.M. Facultad de Ciencias Agrícolas, El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca. p. 55-68.

Gasca, C. L. 2000. Ensayos con trampas adhesivas de color y monitoreo de *Copturus aguacatae* Kissinger, en Ziracuaretiro, Michoacán. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Instituto de Fitosanidad, Montecillo, Texcoco, p. 5 -11

Gallegos, M.G., Cepeda, S.M., y Olayo, P.R. 2003. Entomopatógenos, Editorial Trillas, México, D.F. p. 59-75.

Gallegos, E.R. 1990. Algunos Aspectos del Aguacate y su Producción en Michoacán. UACH, Uruapan, Michoacán. p. 62

Gudiño, J.L.M. Y M.A. García G. 1990. Biología y hábitos del barrenador de ramas y del tronco de aguacate (*Copturus aguacatae* Kissinger) en la región de Uruapan, Michoacán. Tesis de Licenciatura. UMSNH: Facultad de Agrobiología "Presidente Juárez". Uruapan, Michoacán. p. 28-72.

Hernández F. L. M., Saavedra A.M., Urías L. M. A., López A. J. G. 2009. Registro de *Urosigalphus avocadae* Gibson (Hymenoptera: Braconidae) como parasitoide de *Copturus aguacatae* Kissinger (Coleoptera: Curculionidae) en México. Acta Zoológica Mexicana 25 (3): 159-161.

INIFAP. 2008. Tecnología para la Producción de Aguacate en México. 2da Edición. Núm 8. Uruapan, Michoacán, 102 p.

Mijares, O. P. y López, L. L. Introducción de variedades de aguacate y su producción en México (Consulta: 11 de marzo de 2009)
http://www.avocadosource.com/Journals/CICTAMEX/CICTAMEX_1998/cictamex_1998_22-32.pdf

Rodríguez, S.F. 1982. *El Aguacate*, Editorial AGT, México, D.F., p. 136.

Severo, S. J. J. 2008. Plan de desarrollo municipal 2006-2009 de Malinalco. H. Ayuntamiento de Malinalco. 13 -15 p.

Téliz, D. y Mora, A. 2007. El aguacate y su manejo integrado. 2da Edición, Ed. Mundi Prensa, México, D.F., 143-144 p.

Urías, L. M. A. y Salazar, G. S. 2008. Poblaciones de gusano telarañero y barrenador de ramas en huertos de aguacate "Hass" de Nayarit, México. Agricultura Técnica en México, 34 (4): 431-441.

X.APÉNDICE



1a.Daños de *Copturus aguacatae*



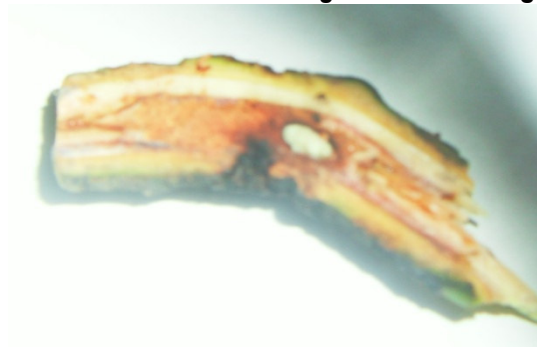
1b.Rama disectada con galerías y larvas de *C. aguacatae* K.



1c.Daños en rama por larva de *Copturus aguacatae* K.



1d.Savia cristalizada en rama y tronco ocasionada por barrenador de ramas *Copturus aguacatae* Kissinger (Urias y Salazar. 2008.)



1e. Pupa en rama

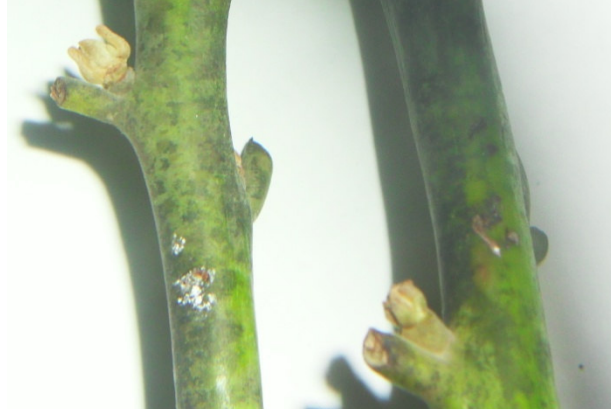


1f.Adulto de *Copturus aguacatae* dentro de la rama

Estadios Biológicos de *Copturus aguacatae*



2a. Larva de *Copturus aguacatae*



2b. Oviposiciones en brotes tiernos de *Copturus aguacatae*



2c. Larva de primer instar



2d. Larva de segundo instar



2e. Larva de tercer instar



2f. Larva de cuarto instar



2g. Larva de quinto instar



2h. Pupa



2i. Imagio



2j. Adulto



2k. Hembra



2l. Macho.

Enemigos naturales de *Copturus aguacate*



3a. Adulto parasitado por *Beauveria bassiana*



3b. Parasitoide de *Copturus* del genero *Urosigalphus*



3c. Larva infectada por microorganismos