



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
Instituto Tecnológico El Llano Aguascalientes



**División de Estudios de Posgrado e Investigación
Maestría en Ciencias en Biotecnología Agropecuaria**

**Manejo de moscas de la fruta, *Anastrepha* spp. (Diptera:
Tephritidae) en guayaba, con trampas y enemigos naturales en
México**

Tesis que presenta:

Mariana Rodríguez Montoya

Como requisito parcial para obtener el grado de:

Maestro en Ciencias en Biotecnología Agropecuaria



El Llano, Aguascalientes, México, septiembre de 2023

DICTAMEN DE TESIS APROBADA



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico El Llano Aguascalientes
División de Estudios de Posgrado e Investigación

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN DICTAMEN DE TESIS APROBADA

El Llano, Aguascalientes. 11/septiembre/2023

El Comité de Tesis de la Candidata a grado **C. MARIANA RODRÍGUEZ MONTOYA**, aprobada por el Consejo de Posgrado de la División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico El Llano Aguascalientes; integrado por los **CC. DR. CATARINO PERALES SEGOVIA, DR. HÉCTOR SILOS ESPINO, DR. ERNESTO GONZÁLEZ GAONA** habiéndose reunido a fin de evaluar el trabajo final de la tesis titulada: **"Manejo de moscas de la fruta, Anastrepha spp. (Diptera: Tephritidae) en guayaba, con trampas y enemigos naturales en México"**, que presenta como requisito parcial para obtener el Grado de Maestro en Ciencias en Biotecnología Agropecuaria, según lo establecen los Lineamientos para la Operación de los Estudios de Posgrado del TecNM, y de acuerdo a las Bases para la Elaboración de Tesis de Posgrado, dictaminaron su **APROBACIÓN** para que pueda ser presentada en el Examen de Grado correspondiente.

ATENTAMENTE

*Excelencia en Educación Tecnológica®
Terra Rica, Sapientia Nostra, Homo Superior Est*

DR. CATARINO PERALES SEGOVIA
DIRECTOR DE TESIS

DR. HÉCTOR SILOS ESPINO
ASESOR

DR. ERNESTO GONZÁLEZ GAONA
ASESOR

C.c.p.- Consejo de posgrado.
C.c.p.- Archivo.



Km. 18 Carretera Ags. - S.L.P., El Llano Aguascalientes, C.P. 20330 Tel. (449) 962 - 11 - 00 ext.
212 e-mail: e-mail: depi_llano@tecnm.mx tecnm.mx | llano.tecnm.mx



2023
Francisco
VILLA

CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS

CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de El Llano, Aguascalientes el día 1 de septiembre del año 2023, la que suscribe, C. Mariana Rodríguez Montoya, alumna del Programa de Maestría en Ciencias en Biotecnología Agropecuaria con número de control 21900239, adscrita al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico El Llano Aguascalientes, manifiesta ser autora del presente trabajo de Tesis bajo la dirección del Dr. Catarino Perales Segovia, y cede los derechos del trabajo intitulado "Manejo de moscas de la fruta, *Anastrepha* spp. (Diptera: Tephritidae) en guayaba con trampas y enemigos naturales en México" y de patentes y beneficios que puedan originarse del presente, al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico El Llano Aguascalientes,

ATENTAMENTE



Mariana Rodríguez Montoya

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) por el apoyo económico que se brindó a lo largo de este proyecto, sin el cual no hubiera sido posible la implementación de los experimentos y llegar a los resultados obtenidos.

Al Instituto Tecnológico El Llano, por su apoyo a través de mi comité de tesis, a mi director el Dr. Catarino Perales Segovia por su apoyo y asesoría durante todo el proyecto, por compartir sus conocimientos para llevar a cabo el proyecto de la mejor manera, a mi asesor el Dr. Héctor Silos Espino por sus recomendaciones para mejorar el proyecto y al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) por medio de mi asesor el Dr. Ernesto González Gaona por su acompañamiento y orientación en el proyecto tanto en campo como en laboratorio y la facilitación de instalaciones para realizar los experimentos.

Al Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Aguascalientes (CESVA), representado por el Ing. Teodoro Armando Núñez Acosta en Aguascalientes y por el Ing. Jesús Arenas en Calvillo, por su apoyo material y técnico al proyecto; al Ing. Humberto Gallegos y los demás técnicos que nos brindaron valioso apoyo en el trabajo de campo, así como a los dueños de las huertas por confiar en nuestro proyecto y darnos la oportunidad de establecerlo en sus cultivos.

A mi familia por formar parte del proyecto involuntariamente, por ser mis técnicos y sobrellevar conmigo todas las etapas de la maestría.

A mi compañera Francis por ser la mejor hermana de maestría que pude tener, por hacer más llevadero y fructuoso el proyecto y acompañarme y ayudarme hasta en la más mínima duda. A mis compañeros y amigos que de alguna manera contribuyeron y acompañaron en el desarrollo de los experimentos.

DEDICATORIA

A Dios, quien permitió esta experiencia en mi vida como parte de mi crecimiento personal y me mostró su voluntad en cada aspecto de la maestría, por todas las personas y situaciones de las que se sirvió para hacer esto posible y los resultados más allá de los teóricos que surgieron de este proyecto; por permitirme explorar más a fondo esta pequeña parte de su gran creación.

ÍNDICE GENERAL

	Página
DICTAMEN DE TESIS APROBADA	ii
CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
DEDICATORIA	v
ÍNDICE GENERAL	vi
ÍNDICE DE CUADROS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	2
2.1 Objetivo general	2
2.2 Objetivos específicos	2
III. HIPÓTESIS	3
IV. REVISIÓN DE LITERATURA	4
4.1 Importancia del cultivo de la guayaba	4
4.1.1 Importancia mundial	4
4.1.2 Importancia en México	5
4.2 Factores que limitan la producción del cultivo de guayaba	5
4.2.1 Plagas del guayabo	6
4.2.2 Enfermedades del guayabo	7

4.3 Las moscas de la fruta como plaga cuarentenaria	8
4.4 Manejo agroecológico de moscas de la fruta	14
4.4.1 Muestreo de moscas de la fruta	15
4.4.2 Alternativas de manejo de moscas de la fruta	19
4.5 Manejo de mosca de la fruta en México	27
4.5.1 Campaña Nacional contra Moscas de la Fruta	27
4.5.2 Moscafrut-Moscamed	28
V. MATERIALES Y MÉTODOS	29
5.1 Ubicación del sitio de estudio	29
5.1.1 Experimentos en Calvillo, Aguascalientes	29
5.1.2 Experimento en Tlanchinol, Hidalgo	30
5.2 Estudios preliminares	31
5.2.1 Elaboración y prueba de trampas artesanales y atrayentes	31
5.2.2 Muestreo de suelo y hojarasca para detección de enemigos naturales y entomopatógenos para control biológico por conservación	34
5.2.3 Recolecta de frutos de guayaba en campo para detectar parasitoides	35
5.3 Experimentos en campo	35
5.3.1 Evaluación de trampas artesanales y atrayentes	36
5.3.2 Recolecta e identificación de enemigos naturales	40
5.3.3 Muestreo de frutos para determinar la infestación	41
5.4 Trabajos en laboratorio para control biológico por conservación	41
5.4.1 Identificación de la fauna benéfica y entomopatógenos para control biológico por conservación	41
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	48

6.1 Efecto del manejo con trampas artesanales y atrayentes en Calvillo, Aguascalientes	48
6.1.1 Captura de mosca de la fruta	48
6.2 Efecto del manejo con trampas artesanales y atrayentes en Tlanchinol, Hidalgo	53
6.2.1 Captura de mosca de la fruta	54
6.2.2 Efectividad de trampas	56
6.3 Captura e identificación de fauna nativa, parasitoides, depredadores y entomopatógenos para control biológico por conservación	59
6.3.1 Alternativas encontradas para control biológico por conservación en Calvillo, Aguascalientes	60
6.3.2 Alternativas encontradas para control biológico por conservación en Tlanchinol, Hidalgo	64
6.4 Análisis de biodiversidad de artrópodos no blanco	69
6.5 Propuesta de programa de manejo agroecológico de moscas de la fruta	71
VII. CONCLUSIONES	74
VIII. LITERATURA CITADA	76

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Tratamientos de la prueba de trampas y atrayentes en Calvillo	43
2	Tratamientos de la prueba de trampas y atrayentes en Tlanchinol	45
3	Comportamiento de la captura de moscas de la fruta en “El Suspiro”, Tlanchinol, Hidalgo	61
4	Análisis de la efectividad de captura de las trampas en “El Suspiro”, Tlanchinol, Hidalgo	62
5	Artrópodos no blanco en Calvillo	65
6	Diversidad de nematodos en Calvillo	68
7	Artrópodos en muestras de hojarasca en Calvillo	69
8	Artrópodos no blanco en la huerta “El Suspiro”, Tlanchinol, Hidalgo	64
9	Diversidad de nematodos en la huerta “El Suspiro”	73
10	Artrópodos no blanco en muestras de hojarasca de Tlanchinol	74
11	Métricas de biodiversidad de los sitios de estudio	75
12	Propuesta de programa de manejo agroecológico de moscas de la fruta	77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Ciclo biológico de moscas de la fruta	15
2	Larva de <i>Anastrepha striata</i>	16
3	Morfología de adultos de <i>Anastrepha striata</i>	17
4	Morfología de <i>Anastrepha fraterculus</i>	19
5	Método del embudo de Baermann	22
6	Método del embudo de Berlese	23
7	Larvas de <i>Tenebrio molitor</i> sanas e infectadas	24
8	Trampas comerciales para mosca de la fruta	29
9	Trampas artesanales para mosca de la fruta	31
10	Huertas de guayaba “El Colorín” y “El Barbiquejo” en Calvillo, Aguascalientes	34
11	Ladera “El Suspiro”, Tlanchinol, Hidalgo	35
12	Trampas artesanales evaluadas	37
13	Aspecto del atrayente a base de fermentado de cáscara de piña	38
14	Muestreo de suelo y hojarasca en “El Colorín”, Calvillo, Aguascalientes	39
15	Establecimiento del experimento de evaluación de trampas artesanales y atrayentes en Calvillo, Aguascalientes	41
16	Establecimiento de trampas en “El Suspiro”, Tlanchinol, Hidalgo	44
17	Metodología para detección de un hongo entomopatógeno de una muestra de suelo mediante el insecto trampa <i>Tenebrio molitor</i>	48
18	Aislamiento de hongos entomopatógenos en campana de flujo laminar	48

19	Aspecto del método del embudo de Baermann y frascos con muestras procesadas conteniendo nematodos filiformes	49
20	Captura, montaje temporal e identificación de nematodos	50
21	Captura de fauna benéfica mediante el embudo de Berlese	51
22	Manejo de frutos muestreados para evaluar infestación	52
23	Ejemplares de moscas de la fruta capturadas en trampas en “El Colorín”, Calvillo, Aguascalientes	54
24	Moscas capturadas por especie y tratamiento en “El Colorín”, Calvillo, Aguascalientes	55
25	Moscas capturadas por especie y tratamiento en “El Barbiquejo”, Calvillo, Aguascalientes	56
26	Residuos de atrayente e insectos en trampa artesanal invaginada	58
27	Hembras de <i>Anastrepha fraterculus</i> y <i>A. obliqua</i> capturadas en “El Suspiro”, Tlanchinol, Hidalgo	59
28	Especies de moscas atrapadas por tratamiento en “El Suspiro”, Tlanchinol, Hidalgo	60
29	Total de moscas atrapadas por tratamiento en Hidalgo	62
30	Cepas de <i>Beauveria bassiana</i> aisladas en “El Colorín”, Calvillo, Aguascalientes	67
31	Nematodos aislados por el método del embudo de Baermann	68
32	Emergencia de pupas de mosca de la fruta	71
33	Características para la identificación de <i>Anastrepha striata</i>	72
34	Cepas aisladas de <i>Beauveria bassiana</i> y <i>Metarhizium</i> spp. de Hidalgo	73
35	Especies dominantes de artrópodos no blanco en las huertas	76

RESUMEN

En México se destinan más de 22 mil hectáreas para la producción de guayaba, un factor limitante es la mosca de la fruta, *Anastrepha* spp., que causa daños en hasta el 90 % de la producción. Para su control, el uso de insecticidas es el método más utilizado, por lo que se busca una alternativa de manejo con menos impacto ambiental y conservando la fauna benéfica nativa. Con este objetivo se evaluaron dos trampas artesanales contra una comercial (Multilure) y tres atrayentes: proteína hidrolizada, levadura torula y fermentado de cáscara de piña en los estados de Hidalgo y Aguascalientes. A la par se tomaron muestras de suelo, hojarasca y frutos para identificar enemigos naturales.

La mayor captura de mosca de la fruta se registró en los tratamientos 4 (Trampa Multilure + levadura torula) y 5 (Trampa artesanal agujerada + levadura torula) con un 28.5 % y 57 % de captura respectivamente en Calvillo y un 38.5 % y 27 % en Hidalgo, concluyendo que la trampa artesanal agujerada representa una alternativa más económica y sustentable que la trampa comercial, disminuyendo costos para el productor, reutilizando recursos y a la vez manteniendo una alta efectividad de control de mosca de la fruta y con esto poder disminuir el uso de insecticidas y sus efectos en la salud y el ambiente. También se encontró la presencia de enemigos naturales nativos como parasitoides de la familia Braconidae, los hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana* y *Metarhizium* spp. y nematodos entomopatógenos del orden Rhabditida y Mononchida.

ABSTRACT

In Mexico, more than 22,000 hectares are allocated for the production of guava, a limiting factor is the fruit fly, *Anastrepha* spp., which causes damage to up to 90 % of the production. For its control, the use of insecticides is the most widely used method, which is why a management alternative with less environmental impact is sought and conserving the native beneficial fauna. With this objective, two artisan traps were evaluated against a commercial one (Multilure) and three attractants: hydrolyzed protein, torula yeast and fermented pineapple peel in the states of Hidalgo and Aguascalientes. At the same time, soil, leaf litter and fruit samples were taken to identify natural enemies.

The highest fruit fly capture was recorded in treatments 4 (Multilure trap + torula yeast) and 5 (Hole-made trap + torula yeast) with 28.5 % and 57 % capture respectively in Calvillo and 38.5 % and 27 % in Hidalgo, concluding that the artisanal holed trap represents a more economical and sustainable alternative than the commercial trap, reducing costs for the producer, reusing resources and at the same time maintaining a high effectiveness of fruit fly control and with this being able to reduce the use of insecticides and their effects on health and the environment. The presence of native natural enemies such as parasitoids of the Braconidae family, the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium* spp. and entomopathogenic nematodes of the order Rhabditida and Mononchida.

I.INTRODUCCIÓN

México ocupa el tercer lugar en producción mundial de guayaba, *Psidium guajava* L. (Myrtaceae) con 302 mil toneladas anuales en promedio, se cultiva en más de 22 mil hectáreas en 22 estados. Los mayores productores son Michoacán, Aguascalientes y Zacatecas, que aportan el 92 % de la producción nacional [1,2]. La importancia económica de este cultivo es debida tanto a la superficie establecida como al volumen de producción obtenido, que en el 2021 fue de 315 mil toneladas [3].

Un factor que limita la producción es la presencia de plagas como la mosca de la fruta, una de las principales plagas que afectan directamente la calidad del fruto, llegando a ocasionar daños entre el 90 y 100 % de la producción [4]. Uno de los géneros de mosca de la fruta presente en México, es el género *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae), nativo de América; las especies de importancia económica en el país son: *Anastrepha ludens*, *A. obliqua*, *A. striata* y *A. serpentina* [5], de ellas, *Anastrepha striata* tiene como hospedero a la guayaba, por lo que se conoce como mosca de la guayaba [6]. La especie *Anastrepha fraterculus* también afecta al cultivo de guayaba en el sureste del país [7]. Tiene una distribución nacional que incluye a los principales estados productores [5]. La mosca de la guayaba se puede detectar mediante inspección de frutos al identificar su forma larvaria, mediante muestreo de pupas una vez que la fruta se encuentra en contenedores para su transporte y como adultos volando mediante sistemas de trapeo [8].

La mosca de la guayaba, al ser uno de los principales factores que llegan a afectar la producción de guayaba, representa un área de investigación importante [9], por ello es necesario buscar nuevas alternativas de control que resuelvan los problemas que esta plaga causa a los productores. Al conjuntar el conocimiento del ciclo de vida, el momento óptimo de prevención y control, así como el método de trapeo más adecuado según la etapa fenológica y las condiciones del cultivo [8].

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Determinar la efectividad en campo de trampas artesanales, atrayentes y enemigos naturales nativos para el manejo de moscas de la fruta en guayabo.

2.2 Objetivos específicos

- Diseñar y evaluar dos diferentes tipos de trampas artesanales para moscas de la fruta y compararlas en campo contra trampas comerciales.
- Recolectar e identificar las especies de moscas de la fruta y la fauna benéfica nativa asociadas al guayabo en México.
- Proponer un programa de manejo de moscas de la fruta en campo con base en los mejores resultados de la evaluación de trampas artesanales, atrayentes y conservación de la fauna benéfica.

III. HIPÓTESIS

Es factible establecer un programa de manejo agroecológico de moscas de la fruta en guayabo con base en trampas artesanales y conservación de la fauna benéfica nativa.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 Importancia del cultivo de la guayaba

El guayabo pertenece a la familia Myrtaceae, género *Psidium*, que comprende 233 especies, de las cuales *P. guajava* se cultiva comercialmente como frutal comestible; se originó en la zona de América tropical, encontrándose tanto en forma silvestre como cultivo establecido en las zonas tropicales y subtropicales de América del Sur, Centroamérica y México [4].

Los frutos del guayabo son fuente de vitamina C, tienen sabor agradable, son apreciados para su consumo en fresco y tiene propiedades nutraceuticas. Se le ha utilizado como recurso medicinal, así como materia prima para la agroindustria de jugos, néctares, helados, jaleas, licores, galletas, dulces y productos relacionados [4,10].

4.1.1 Importancia mundial

Aunque el cultivo es considerado nativo de las zonas tropicales de América, es de gran importancia económica en muchos países debido a su alta producción y los productos derivados que se obtienen de él. En América se produce desde México hasta Perú. También se produce en zonas tropicales y subtropicales de Europa, África y Asia debido a su adaptabilidad. Puede cultivarse desde los 0 hasta 2,000 msnm, con lluvias anuales de 1,000 a 2,000 mm y temperaturas promedio de 20 °C a 30 °C [11].

Los principales países productores a nivel mundial son Brasil, México, Colombia, Perú, Ecuador, Estados Unidos de América, Venezuela, Costa Rica, Cuba y Puerto Rico en América, y en el resto del mundo India, Filipinas, China y Sudáfrica, pero se produce en más de 60 países, con una producción mundial estimada en el 2020 de 40 millones de toneladas [11].

4.1.2 Importancia en México

La producción del cultivo de guayabo en México abarca una superficie de 23,918 hectáreas distribuidas en 22 estados. Las zonas productoras más importantes se encuentran en los estados de Michoacán, Aguascalientes y Zacatecas, estos dos últimos en el área llamada “Calvillo-Cañones”, estos tres estados representan el 88.7 % de la superficie total y juntos aportan el 92 % de la producción nacional, que tiene un valor de 1,200 millones de pesos [4]. En el caso de Michoacán, produce 580 mil toneladas anuales de guayaba, equivalente al 60 % de la producción nacional [9].

El consumo anual per cápita de la guayaba es de aproximadamente 2.3 kg, considerándosele parte de las diez frutas más consumidas en el país [4,12]. En el caso de México hay disponibilidad de la fruta todo el año, pero principalmente de agosto a marzo, los meses de mayor producción son de septiembre a diciembre y la temporada de invierno la de mayor consumo [13].

La cosecha se realiza de forma manual cuando el fruto adquiere un color verde amarillento o amarillo, esto garantiza que la selección sea adecuada para cumplir con el punto óptimo de comercialización. Se comercializa frecuentemente en cajas de 10 kg con una vida de anaquel aproximada de una semana sin manejo postcosecha [2,4,14].

4.2 Factores que limitan la producción del cultivo de guayaba

El fruto del guayabo se ve afectado tanto por factores bióticos como abióticos, destacando la temperatura, humedad relativa, las plagas y enfermedades; todos estos de manera individual o en conjunto ocasionan una disminución en la producción y por lo tanto los rendimientos se ven afectados [15]. Es necesario detectar a tiempo y de manera específica los factores limitantes de la producción para poder desarrollar una estrategia de manejo eficiente [16].

4.2.1 Plagas del guayabo

Se ha determinado que más de 80 especies de insectos plaga dañan al fruto de la guayaba causando pérdidas en la calidad y la producción [15], a continuación, se describen las plagas de mayor importancia económica en el país:

Trips *Frankiniella* spp. (Thysanoptera: Thripidae). Insectos de 1 a 2 mm de longitud, tienen el cuerpo alargado, de forma cilíndrica y con una coloración variable que puede ser negra, castaña o amarilla en distintas tonalidades, los adultos pueden ser alados o ápteros y su aparato bucal es de tipo picador succionador. Atacan las hojas jóvenes deformándolas y a los frutos produciendo escoriaciones que afectan su calidad [4,17,18].

Picudo de la guayaba *Conotrachelus dimidiatus* Champ. (Coleoptera: Curculionidae). Gorgojo café rojizo de entre 6 y 8 mm de largo, con un pico curvado y una mancha de color amarillo y en forma de V invertida en la parte dorsal. Si no se controla, ocasiona pérdidas de hasta 60 % de la producción. Las hembras colocan sus huevecillos en los frutos, por lo que las larvas se desarrollan dentro de este, perdiendo su valor comercial [4,19].

Araña roja *Oligonychus psidium* Estebanes y Baker (Acari: Tetranychidae). Ácaros tetraníquidos, polípagos, de color que puede ir de rojo a café oscuro según el hospedante y la época del año. Atacan el cogollo y el follaje, lo que causa clorosis y posterior defoliación, se encuentran dentro de las yemas terminales y su alimentación ocasiona la muerte del tejido impidiendo el desarrollo de las yemas [4,20].

Pulgón *Aphis gossypii* Glover y *Myzus persicae* Sulzer (Hemiptera: Aphididae). Insectos piriformes de entre 4 y 8 mm, de cuerpo blando con un par de cornículos dorsales en el segmento abdominal cinco o seis. Se encuentran en los brotes nuevos y racimos florales, su daño se ocasiona al succionar la savia de la planta que causa la

deformación de los brotes jóvenes, clorosis o amarillamiento seguido de necrosis y son vectores de virus [4,21].

Temolillo *Cyclocephala lunulata* Burmeister (Coleoptera: Melolonthidae). Especie de escarabajo distribuida desde el sur de Canadá hasta Sudamérica, en su estadio de adulto se considera insecto plaga del guayabo al ser fitófago y causar pérdidas en el cultivo por su alimentación [4].

Moscas de la fruta *Anastrepha* spp. (Diptera: Tephritidae). Muchas especies son de importancia económica y en guayabo es la principal plaga del cultivo ya que llega a dañar hasta el 90 o 100 % de la producción. Las hembras depositan sus huevos dentro del fruto y posteriormente las larvas consumen la pulpa para completar su desarrollo, causando pudrición, maduración temprana y caída de los frutos [4,22].

4.2.2 Enfermedades del guayabo

Phytophthora spp. Fitopatógeno de la orden Peronosporal que produce esporangios, estos posteriormente se diseminan por el aire, suelo o agua hasta infectar las raíces, tallos y follaje del hospedero. La infección ocurre normalmente en condiciones de temperatura y humedad relativa altas, necrosa los tejidos y las hojas infectadas se distinguen por mostrar manchas negras o marrones, en los frutos, tallos y raíces causa putrefacción. [4,23].

Nematodos. Se alimentan de las raíces causando necrosis o formando agallas en el sistema radical, los géneros más importantes son *Helicotylenchus*, *Pratylenchus* y *Meloidogyne* [4].

Antracnosis. Enfermedad causada por el hongo *Colletotrichum gloeosporoides* Penz., penetra por las heridas del fruto y forma manchas color café de tono claro y decoloración en áreas circulares en la superficie que se van agrandando y cambian de

color a café oscuro o incluso negro, extendiéndose hasta el centro del fruto, aunque también ataca flores y ramas [4].

Clavo. Causada por el hongo *Pestalotia* spp., afecta hojas, flores y frutos, causa manchas con apariencia de costra abultadas de color café y circulares sobre la epidermis. También causa deformación y secamiento en hojas y brotes tiernos [4,24].

Fumagina. Es causada por el hongo *Capnodium* spp., crece sobre secreciones melosas producidas por insectos, se manifiesta por un polvo negro que cubre hojas, ramas y frutos, lo cual llega a afectar la fotosíntesis, la respiración y la transpiración de la planta y por lo tanto afecta su desarrollo y crecimiento [4].

Peca. Esta enfermedad causada por el hongo *Mycovellosiella psidii* Crous se presenta en temperaturas bajas y presencia de rocío, causa lesiones en forma de círculos negros rodeadas por un halo de color rojizo dañando la estética del fruto [4].

4.3 Las moscas de la fruta como plaga cuarentenaria

Los problemas fitosanitarios afectan la producción frutícola mundial, dentro de estos casos, las moscas de la fruta representan un gran problema ya que hacen uso de los frutos como sustrato para su oviposición y desarrollo de sus larvas, lo que causa daños directos e indirectos a la fruticultura. Las moscas de la fruta pertenecen al Orden Diptera y a la familia Tephritidae, con alrededor de 4 mil especies descritas, dentro de las cuales, más de cuatrocientas tienen presencia en América [25]. Es tal el daño que causan y la importancia económica que tienen, que en numerosos países se aplican restricciones cuarentenarias si se pretende exportar el fruto [26].

Las moscas pertenecen al orden Diptera, tienen como característica un solo par de alas adaptadas para volar y el segundo par modificado en un balancín. Las especies de moscas que son plaga pueden alimentarse de fluidos o partes de las plantas,

causando daños al cultivo [27]. Las moscas de la fruta de mayor importancia económica pertenecen a la familia Tephritidae [4]. Dentro de esta familia, el género *Anastrepha* es considerado el más diverso y en México se reportan cuatro especies de importancia económica: *Anastrepha obliqua*, *A. ludens*, *A. striata* y *A. serpentina* [5]. En el cultivo de guayaba podemos encontrar a *A. striata* y *A. fraterculus* [28].

Ciclo de vida

Posterior a la cópula, las hembras depositan sus huevos mediante el ovipositor debajo de la epidermis de los frutos maduros, después de 2 a 4 días eclosionan las larvas que pasan por tres estadios larvales, éstas se alimentan de la pulpa de la fruta, formando galerías que permiten el desarrollo de bacterias y hongos que pudren la fruta, causando daños internos y la caída del fruto. Después, la larva migra al suelo, donde pasa a su estado de pupa, se desarrolla y dura ahí de 10 a 15 días y posteriormente emergen los adultos y comienzan nuevamente el ciclo (Figura 1). Una hembra pone hasta 400 huevos durante su vida, los adultos pueden vivir de 2 a 4 meses [4,6,29].

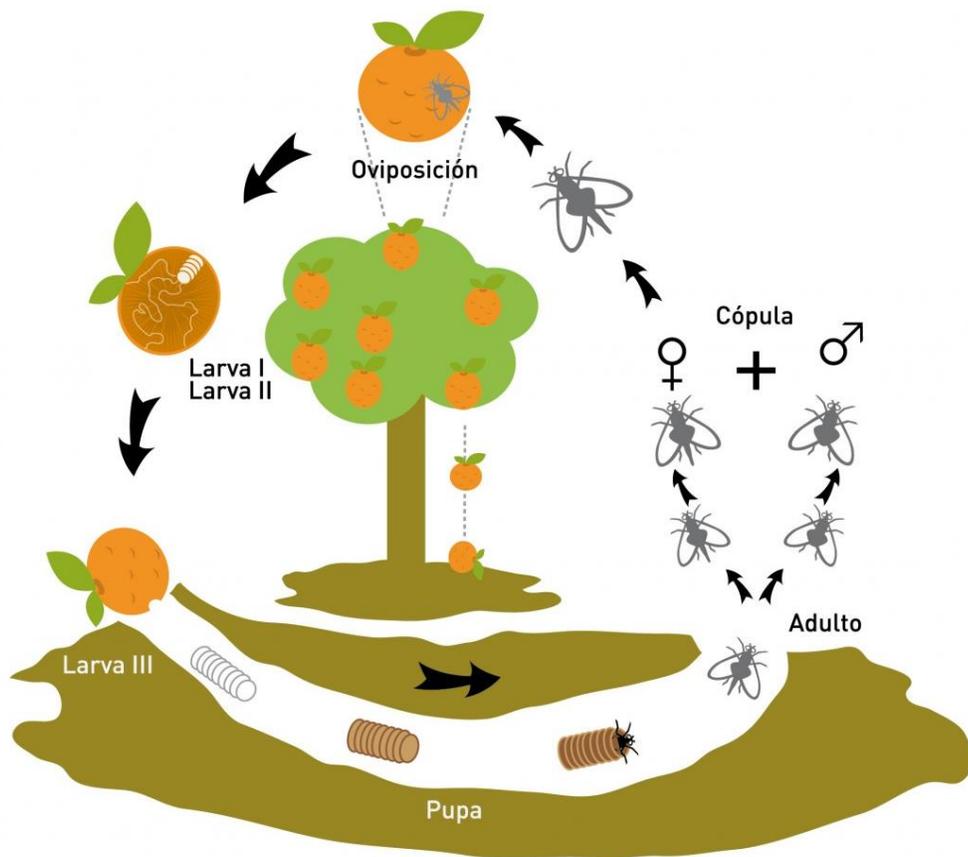


Figura 1. Ciclo biológico de moscas de la fruta [29].

Reconocimiento de *Anastrepha striata* Schiner

Los huevos de la mosca de la guayaba (*Anastrepha striata* Schiner) presentan una coloración blanca y forma alargada, de 2 mm de largo; la larva mide de 7 a 9 mm (Figura 2a), el espiráculo anterior tiene de 11 a 17 dígitos (b), las carinas bucales de 5 a 8 (c) y el lóbulo anal es semibífido (d); la pupa tiene forma cilíndrica con un diámetro de 1.25 a 3.25 cm.

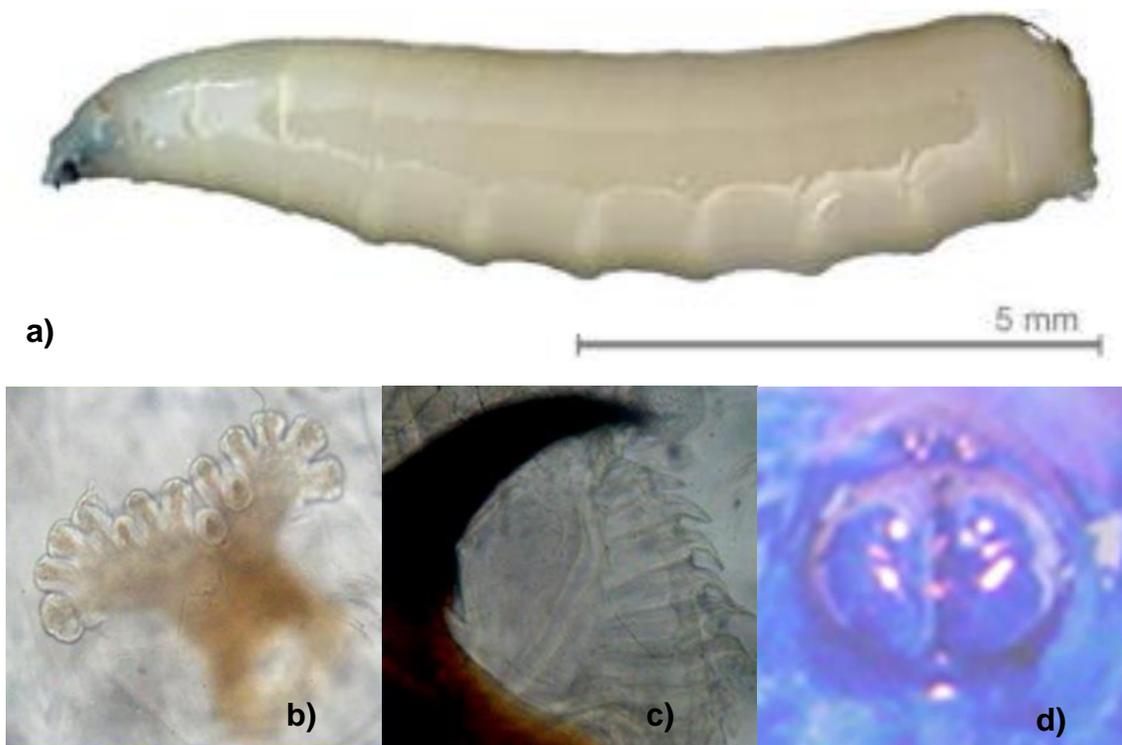


Figura 2. Larva de *Anastrepha striata*; a) larva, b) espiráculo anterior 11 a 17 dígitos, c) carinas bucales 5 a 8 dígitos, d) lóbulo anal semibífido [30].

El adulto mide de 5 a 8 mm de longitud, presenta una coloración del cuerpo amarilla-naranja y con marcas en tonos cafés y amarillos (Figura 3). La cabeza es de color amarillo, la frente tiene dos pares de sedas orbitales y de 3 a 5 pares de sedas frontales y sus antenas son trisegmentadas. En la parte del tórax se pueden observar macrosedas de color negro, un escudo de color amarillo oscuro con una banda negra que se extiende a cada lado hasta antes de la presutura y ambas se unen en el margen posterior formando una "U" (Figura 3b), el escutelo y la mesopleura tienen áreas de color amarillo claro con una delgada seda katepisternal, el subescutelo y el medioterguito presentan coloración negra y se encuentran en los laterales de la mosca (Figura 3c).

Las alas se observan con bandas de color amarillo oscuro, las bandas C (costal) y S están siempre unidas a nivel de la vena R4+5, se observa también una mancha

translúcida en el ápice de la vena R1 y se extiende hasta la vena R2+3, las bandas S y V están siempre separadas (Figura 3e), y el brazo distal de la banda V se presenta delgado uniéndose de manera difusa al brazo proximal, y la vena M tiene una curvatura moderada.

El abdomen es amarillo, el ovipositor mide de 2.1 a 2.3 mm de longitud, la punta es ancha con una constricción observable y no presenta dienteillos (Figura 3d) [5,30].

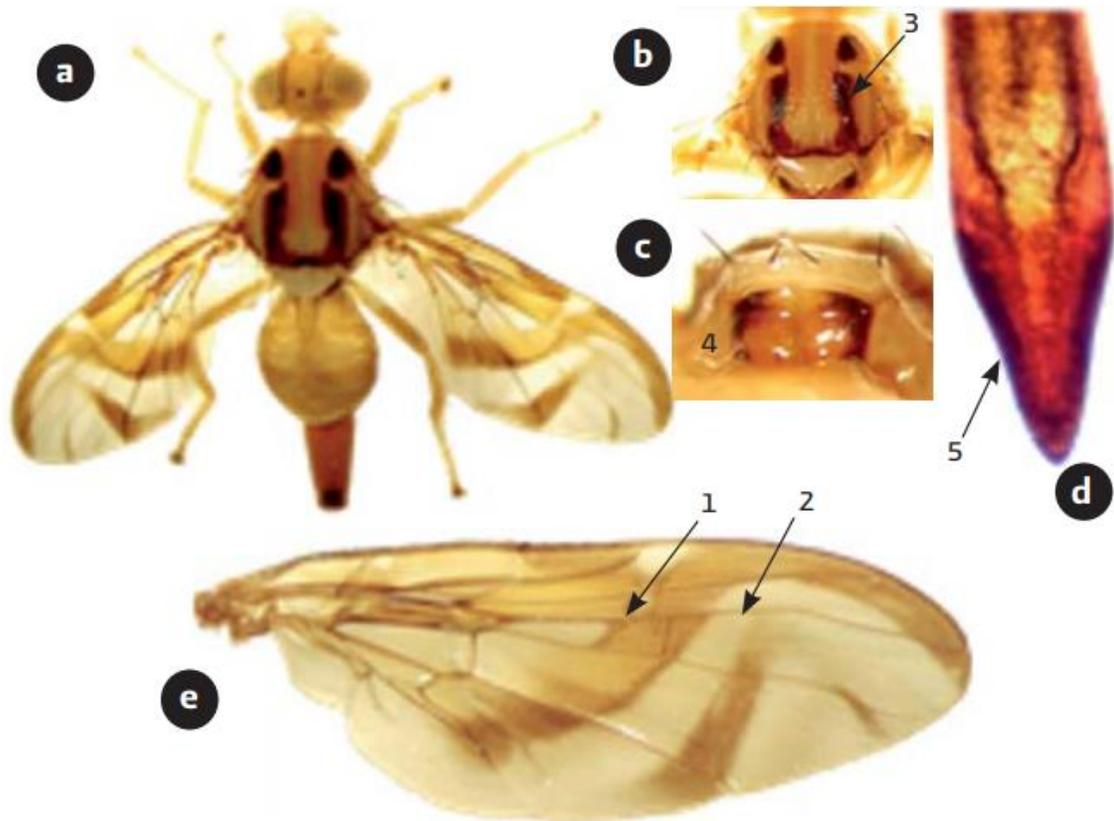


Figura 3. Morfología de adultos de *Anastrepha striata*; a) aspecto dorsal de una hembra, b) acercamiento del dorso, c) manchas del postescutelum, d) punta del ovipositor, e) ala con manchas en forma de “S” y “V” invertidas [5].

Reconocimiento de *Anastrepha fraterculus* Wiedemann

Es conocida como la mosca sudamericana de la fruta y se encuentra en el cultivo de la guayaba, principalmente en la zona sureste del México en la que el cultivo se establece en laderas, traspatio o a baja escala [31]. Las larvas miden de 10 a 15 mm, son de color blanco, más anchas de la parte posterior y estrechándose hacia la cabeza. Los adultos miden de 5 a 11 mm de largo, tienen una coloración café amarillenta, en el tórax se observa una franja de color claro y delgada en la parte del centro y dos franjas similares a los lados que se extienden al medioterguito (Figura 4a).

La sutura escuto escutelar tiene una mancha encontrada en el centro, pero hay casos en los que el color es muy claro (Figura 4b). Las alas son amarillentas con las bandas "C" y "S" conectadas en todos los casos y las bandas "S" y "V" con ligera separación en algunos (Figura 4e). El ovipositor mide entre 1.6 y 1.8 mm, tiene pocos dientes de forma ancha y la punta es redondeada, la funda del ovipositor es más corta que el largo del abdomen (Figura 4d) [32,33].

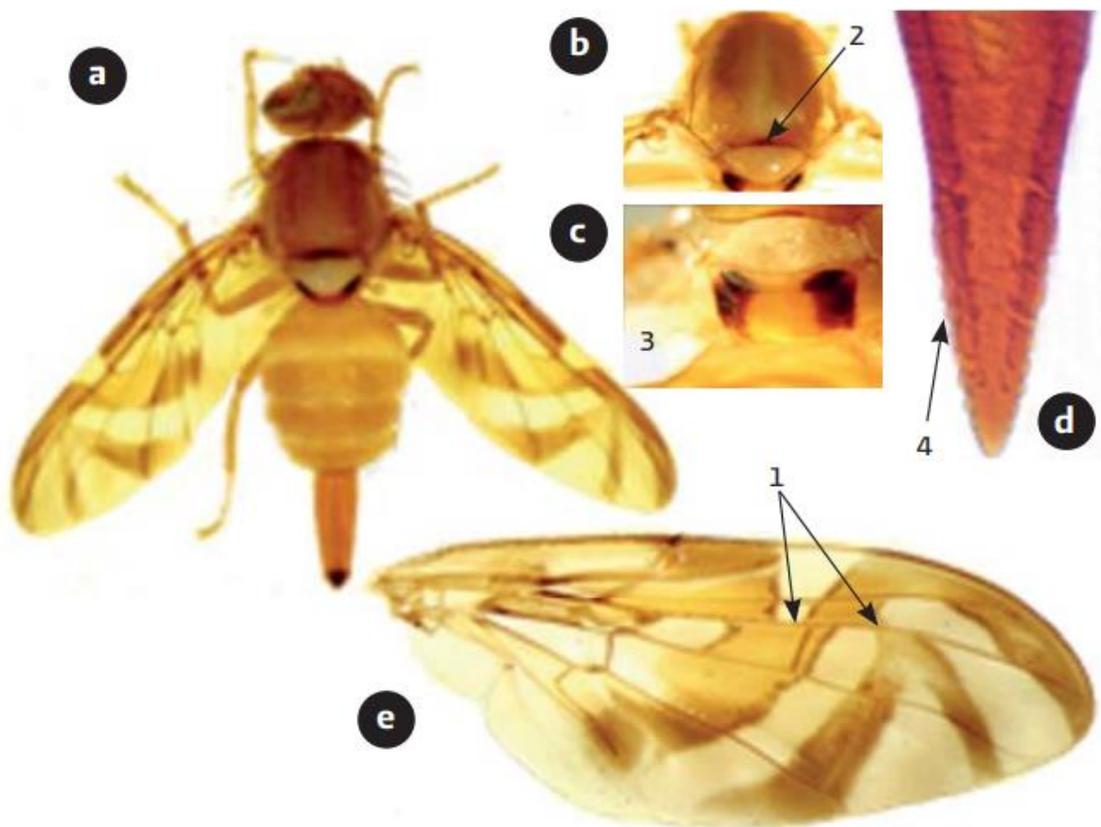


Figura 4. Morfología de *Anastrepha fraterculus*; a) aspecto dorsal de una hembra, b) acercamiento del dorso, c) manchas del postescutelum, d) punta del ovipositor, e) ala con manchas en forma de “S” y “V” invertidas [5].

4.4 Manejo agroecológico de moscas de la fruta

El Manejo Agroecológico de Plagas (MAP) es una estrategia que aplica técnicas alternativas de manejo con la finalidad de que no generen un impacto negativo para los productores, los consumidores ni el medio ambiente, buscando restablecer un equilibrio entre las poblaciones de insectos plaga y sus enemigos naturales correspondientes o insectos benéficos, teniendo un impacto positivo en la seguridad alimentaria, los ecosistemas, la salud y la sanidad vegetal, así como en la adaptación al cambio climático y mayor accesibilidad económica [34].

Las moscas de la fruta son una de las principales plagas presentes en los cultivos frutales de México, esto debido al daño que ocasionan directamente en los frutos y por las medidas cuarentenarias que ocasionan, las cuales impiden la movilización de la cosecha en el mercado nacional e internacional. El Manejo Integrado de la Mosca de la Fruta consiste en monitorear la presencia de la plaga empleando técnicas de trampeo y muestreo de frutos, cuyos resultados muestran una referencia del mejor momento para aplicar medidas de manejo y control y las zonas específicas del cultivo en las cuales aplicar dichas técnicas para un control más eficiente de la plaga [6].

4.4.1 Muestreo de moscas de la fruta

Para cualquier estudio que se relacione con el manejo de insectos es necesario conocer primero la identidad de la especie. Por ello, es importante primero llevar a cabo una recolecta del insecto en cuestión para poder preservarlo e identificarlo [9].

4.4.1.1 Muestreo de infestación

Algunas especies de *Anastrepha* son muy parecidas, esto puede presentar un problema de confusión al momento de reconocer cada una de las especies encontradas en los trampeos, dificultando una correcta identificación [5], por lo que es necesario contar con herramientas prácticas para poder reconocer de manera veraz las principales especies de moscas de la fruta encontradas.

4.4.1.2 Muestreo de daños

Se utiliza para determinar la abundancia y diversidad de una plaga en la zona de cultivo, cuantifica el daño directo ocasionado por la mosca de la fruta y con esto permite determinar el control mecánico de los frutos infestados. Se seleccionan de manera aleatoria frutos que se encuentren en el árbol y también los que estén en el

suelo, tomando en cuenta que estos presenten síntomas de daño, estos síntomas pueden incluir manchas amarillas de forma circular, puntos necróticos, perforaciones, y frutos con madurez prematura, durante los meses de fructificación de los hospederos potenciales [6,35].

4.4.1.3 Muestreo de suelo para determinar la fauna benéfica y entomopatógenos asociados

La presencia de enemigos naturales junto con otros factores bióticos y abióticos influyen en el ciclo de vida de la mosca de la fruta y determinan la relación entre las distintas especies de mosca según la variación de las condiciones ecológicas que existan en cada región [35], por lo que su conservación e incremento constituye un objetivo primordial en los cultivos para favorecer el control biológico, que es uno de los pilares básicos del manejo integrado de plagas [36].

Método del embudo de Baermann

Este método tiene como finalidad la extracción de nematodos que se encuentren presentes en el suelo y en raíces de plantas hospederas, tomando en cuenta su tamaño y hábitos de vida. Este método tiene como ventaja ser de bajo costo y requerir de poca agua para llevarlo a cabo [37] y especialmente efectivo para extraer nematodos en estadio juvenil y adultos que se encuentren activos en muestras de suelo o tejido vegetal pequeñas [38].

Para llevar a cabo este método, se requiere de un embudo de 10 a 15 cm de diámetro al cual se le coloca una manguera de látex en el tallo y se sujeta con una pinza en la parte inferior, para detener el paso del agua. El embudo se coloca sobre un soporte de metal y después se llena con agua. Posteriormente se coloca la muestra de suelo o materia vegetal en una malla y se envuelve en papel filtro o absorbente (Figura 5). El nivel del agua debe estar siempre en contacto con la muestra sin que

esta se sumerja. Después de mínimo 12 horas se puede recuperar el agua donde están los nematodos, aunque puede dejarse la muestra hasta por 5 días, siendo recuperados la mayoría de los nematodos entre las 24 y 48 horas [37,38].



Figura 5. Método del embudo de Baermann.

Otros métodos utilizados para el muestreo e identificación de nematodos son las Bandejas Whitehead, la técnica de centrifugación flotación y el método de dos botellas [37].

Método del embudo de Berlese

Es un sistema de extracción y separación de artrópodos del suelo por medio del uso de un embudo en el cual circula una fuente de calor en sus paredes (Figura 6),

haciendo que la muestra de suelo y/u hojarasca colocada dentro de él se seque y caliente progresivamente en un periodo de 5 a 10 días. El calor del embudo hará que la mesofauna presente se movilice hacia abajo para caer a través de la malla y recolectarse en un recipiente con alcohol para conservar a los artrópodos colectados [39].



Figura 6. Método del embudo de Berlese.

Uso de larvas de *Tenebrio molitor* para aislamiento de entomopatógenos

El insecto *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae), conocido como escarabajo de la harina es una plaga de los granos almacenados, sin embargo, es usado también en pruebas de detección de hongos entomopatógenos en suelo al servir como huésped de estos [40], tiene bajo costo de producción y su cría es fácil

[41]. Se coloca en muestras de suelo manteniendo condiciones de humedad durante cierto tiempo (Figura 7 a) y en caso de haber presencia de entomopatógenos infectarán a la larva (b y c).



Figura 7. Larvas de *Tenebrio molitor* sanas e infectadas; a) larvas sanas, b) larvas muertas, c) larva con micelio [40].

4.4.2 Alternativas de manejo de moscas de la fruta

Una vez que se detecta la incidencia de la plaga se deben aplicar estrategias para controlarla o disminuir su daño en el cultivo, para esto existen medidas de control químico y medidas indirectas complementarias que son menos agresivas con el medio ambiente que la intervención química, esta última se recomienda usarla solamente cuando se han superado los umbrales de infestación de la plaga; sin embargo, al no existir umbral para las moscas de la fruta, si su destino es la exportación, se debe prevenir la incidencia con mayor énfasis [42].

4.4.2.1 Control biológico por conservación

La investigación de los enemigos naturales debe ser oportuna y precisa, con la finalidad de prevenir los daños causados por las plagas y para aumentar la producción de los cultivos [9], a la vez que se disminuyen los efectos colaterales del control

químico como contaminación del medio ambiente, la pérdida de la biodiversidad y el daño a los ecosistemas en general [43].

Parasitoides

Los parasitoides se caracterizan por alimentarse y desarrollarse dentro o sobre un hospedero en cualquier etapa de su vida, causando la muerte eventual del hospedero. Sin embargo, en su estado adulto no causan ningún daño, alimentándose de néctar o agua. La mayoría de las especies de insectos clasificados como parasitoides forman parte de los órdenes Hymenoptera (abejas, avispas y hormigas), Diptera, Coleoptera y Lepidoptera entre otros, siendo los himenópteros los más importantes y abundantes [44]. La principal clasificación de los parasitoides los divide en endoparásitos si habitan dentro del hospedero, y ectoparásitos, si habitan fuera del cuerpo del hospedero o sobre él. Una segunda clasificación los separa según su mecanismo de acción, en el cual los llamados koinobiontes paralizan solo temporalmente al hospedero al momento de la oviposición y los idiobiontes paralizan totalmente y de manera definitiva al hospedero [45].

El parasitoide *Diachasmimorpha longicaudata* Ashmead (Hymenoptera: Braconidae) es un endoparasitoide koinobionte de las larvas de las moscas de la fruta de la familia Tephritidae que ha demostrado ser muy eficiente en su control, oviposita dentro de la larva de la mosca que se encuentra en el fruto, desarrollándose dentro de ella e impidiendo su crecimiento y el nacimiento de un adulto que pueda seguir causando daños [46]. En México, su producción y liberación forma parte de la Campaña Nacional contra Moscas de la Fruta, y las pupas de estas avispas son producidas en la planta Moscafrut [47].

Otros parasitoides que también han demostrado ser efectivos contra moscas del género *Anastrepha* son: *Aganaspis pelleranoi* (Hymenoptera: Figitidae) y de la familia Braconidae *Doryctobracon areolatus* Szépliget, *Parachasma cereum* Gahan,

Parachasma fluminensis Costa Lima, *Parachasma trinidadense* Gahan, *Phaenocarpa* spp. y *Doryctobracon zeteki* Musebeck [42,48] y especies nativas como *Utetes anastrephae* Viereck, *Doryctobracon crawfordi* Viereck y *Opius hirtus* Fischer, los tres pertenecientes a la familia Braconidae y subfamilia Opiinae [49].

Depredadores

Otro tipo de enemigos naturales de la mosca de la fruta son los depredadores, entre ellos destacan los estafilínidos, que pertenecen a la familia de los coleópteros, y las hormigas depredadoras con hábito alimenticio carnívoro [50].

Entomopatógenos

Conidios del hongo *Beauveria bassiana* se han utilizado para controlar a la mosca de la fruta, ya constituyen un factor de mortalidad, especialmente cuando la mosca se encuentra en el suelo. El modo de emplearlo es asperjando una solución de *Beauveria bassiana* en la parte interna de los árboles a una dosis de 150 mL/árbol, al 50 % de los árboles por hectárea [42].

Nematodos entomopatógenos también se han evaluado para el control de mosca de la fruta, con buenos resultados, empleando *Heterorhabditis bacteriophora*, su mecanismo de acción consiste en penetrar a la larva de la plaga por las aperturas naturales y liberar una bacteria simbiótica dentro de la larva, estas bacterias a su vez se alimentan de la larva nutriendo a los nematodos y permitiendo que se desarrollen y reproduzcan, causando la muerte del huésped infectado que se torna de color rojo o marrón [46].

4.4.2.2 Control etológico

El trapeo es la actividad principal dentro de un programa de Manejo Integrado de la mosca de la fruta, porque gracias a él se puede llegar a conocer la presencia o ausencia de adultos de mosca, así como la distribución de esta plaga a lo largo del campo de cultivo y con ello calcular la densidad de la población, para con estos datos diseñar y orientar las estrategias de manejo y control [6], también se puede establecer como un método de control, no solo de monitoreo, con el llamado “trapeo masivo”, el cual implica la aplicación de una alta densidad de trampas para suprimir la población de la mosca de la fruta. Las condiciones de trapeo como tipo de trampa, atrayente, densidad y distribución de trampas pueden variar en función de la mosca de la fruta objetivo, el tipo de cultivo, su etapa fenológica y las condiciones ambientales [22].

La efectividad del control etológico depende de la selección y combinación adecuada de la trampa, el atrayente, el agente letal y el agente conservador para en conjunto atraer, capturar, matar y conservar de la manera más eficiente posible a la mosca de la fruta [22].

Atrayentes

El uso de atrayentes es parte del manejo integral de la mosca de la fruta, para *Anastrepha* spp. se usan comúnmente atrayentes alimenticios, en presentación líquida y sólida [22], como la levadura torula y derivados de proteína y atrayentes sintéticos como la putrescina, el Ceratrap® y el Flyral® [51].

También se han utilizado atrayentes de origen natural como melazas, levaduras, fermentos de azúcar y pulpas o jugos de frutas, que han mostrado ser efectivos y representan una opción de menor costo para los productores para el monitoreo y captura de mosca de la fruta [52].

Agentes letales y conservadores

Su función es retener a las moscas atraídas en las trampas. Como agentes letales se usan materiales pegajosos o tóxicos en trampas secas, e insecticidas organofosforados como el Malatión en trampas líquidas, teniendo en cuenta la aprobación legal del producto. Como conservantes se incorpora bórax al 3 %, propilenglicol o etilenglicol al 10 % para disminuir la evaporación del atrayente y conservar por más tiempo las moscas capturadas para su posterior identificación [22].

Trampas

Los principales tipos de trampas utilizadas para la mosca de la fruta son McPhail y Multilure [6].

Trampa McPhail

Contenedor con el fondo invaginado, en forma de pera, que puede ser construida de plástico transparente o de vidrio (Figura 8a), con una capacidad de hasta 500 mL de solución. Dicha solución incluye un atrayente alimenticio líquido, que normalmente se compone de proteína hidrolizada o levadura torula y bórax, siendo estas últimas más eficaces al mantener un pH constante de 9.2. Es más eficaz atrayendo hembras que machos [22].

Trampa Multilure

Contenedor con el fondo invaginado cilíndrico de plástico, formado por dos partes, una superior transparente y una inferior amarilla (Figura 8b) que se separan para revisión y recebado. Es colocada en el árbol con un gancho que se sujeta de la tapa de la trampa. Su manejo es similar a la trampa McPhail y puede utilizarse atrayente líquido o seco [22].



Figura 8. Trampas comerciales para mosca de la fruta; a) trampa McPhail y b) Trampa Multilure [6,31].

Moscas por trampa por día

El término moscas por trampa por día (MTD) es un índice de población que indica el número promedio de moscas capturadas en una trampa en un día durante un periodo específico de exposición en campo. Con este dato se puede analizar el tamaño de la población de la plaga y tomar decisiones de control o evaluar la efectividad de la trampa y/o el atrayente al comparar las capturas. Se obtiene de la división del número de moscas capturadas totales entre el resultado de la multiplicación del total de trampas por el número de días entre revisión de la trampa. El umbral de acción en las moscas de la fruta es de $MTD = < 0.08$ [22]. La fórmula del índice MTD es la siguiente:

$$MTD = \frac{M}{T \times D}$$

Donde:

M= número de moscas totales

T= número de trampas

D= días de exposición de las trampas

Importancia del uso de trampas artesanales

Las trampas artesanales pueden reducir los costos de trampeo en el cultivo y aportar eficacia similar a las trampas comerciales.

Algunos ejemplos de trampas artesanales probadas en mosca de la fruta se muestran en la Figura 9. La trampa de la Figura 9a consta de una botella de plástico de 1.5 L sujeta al árbol con un alambre, en la parte media se le realiza una apertura rectangular de 4.0 x 2.0 cm y una circular en el lado opuesto de 8.0 cm por las cuales entran las moscas; el atrayente se coloca dentro de la botella sin llegar al nivel de las aperturas [42].

La segunda trampa artesanal (Figura 9b) se trata de una botella de plástico transparente, con una franja amarilla en el tercio superior que sirve para que sean atraídas por el color y cuatro orificios de 4.0 mm en la misma área, por donde entran las moscas. Dentro de la botella se coloca el atrayente hasta un tercio de su volumen [53].

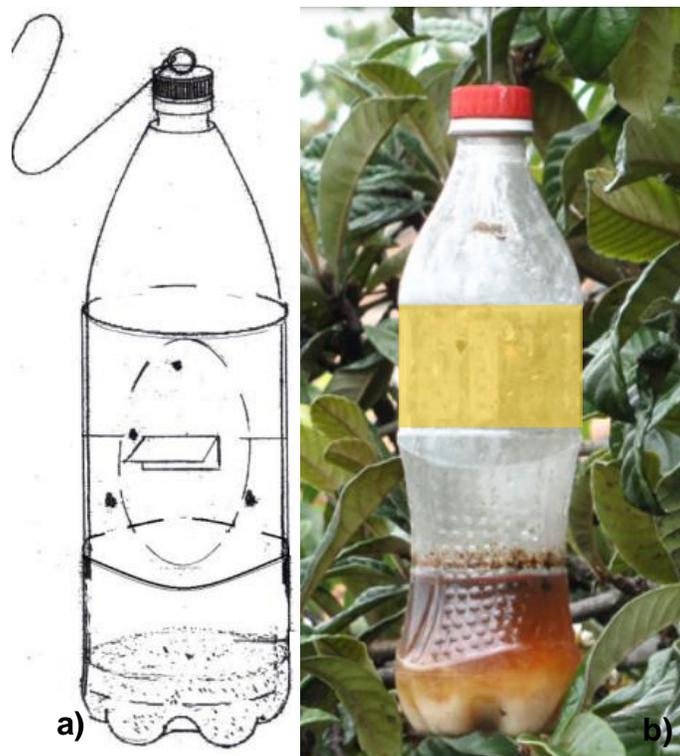


Figura 9. Trampas artesanales para mosca de la fruta a) transparente, b) con color amarillo [6,42].

4.4.2.3 Control mecánico

El muestreo de frutos se emplea para determinar la presencia de frutos con huevecillos o larvas de la plaga. El control mecánico de la plaga consiste en recolectar y eliminar frutos de las áreas que presentaron la plaga. Los frutos seleccionados se entierran en una fosa de 50 cm de hondo y se aplica una capa de cal y una de tierra hasta llenarla; este método de control puede disminuir la población de la mosca hasta un 90 % o más en algunos casos [6].

4.4.2.4 Control legal

Se basa en medidas administrativas legales que permiten controlar la introducción de la plaga y su dispersión, que ocasionaría pérdidas significativas a la

producción agrícola. Esta parte del manejo de plagas se fundamenta en las regulaciones legales fitosanitarias del país, garantizando una adecuada fitosanidad de los productos agropecuarios, especialmente de los sujetos a exportación. Algunas de las acciones para el control legal son la cuarentena, el control fitosanitario y las regulaciones de los insumos [54].

4.4.2.5 Control químico

Su finalidad es eliminar la población del estado adulto de la mosca de la fruta utilizando insecticidas-cebos que se aplican por aspersión directa a la parte media/alta del follaje de los árboles, de manera regular se usa un tamaño de gota efectivo de 3.0 a 6.0 mm. El uso de insecticidas-cebos tiene la gran ventaja de ser específico para las especies de mosca de la fruta [6].

4.5 Manejo de mosca de la fruta en México

En México la mosca de la fruta se considera una plaga cuarentenada por el daño que ocasiona a los cultivos, por lo que su manejo es una prioridad en el sistema agrícola.

4.5.1 Campaña Nacional contra Moscas de la Fruta

La Campaña Nacional contra Moscas de la Fruta (CNMF) se creó en México en 1992 y su objetivo ha sido el de controlar, suprimir y erradicar principalmente a las cuatro especies de moscas de la fruta que causan mayores pérdidas económicas en el país: la mosca de los cítricos, la mosca del mango, la mosca de la guayaba y la mosca de los zapotes [55].

Esta campaña se sustenta en el manejo integrado de plagas, incluyendo trampeo, muestreo de frutos y la aplicación de otros métodos de control que incluyen

el control mecánico, químico y biológico, así como el método autocida, que consiste en liberar moscas de la fruta estériles por irradiación y liberar especies de avispa como enemigos naturales. Este manejo ha permitido el establecimiento de zonas libres de moscas de la fruta y mantenerlas así, y por lo tanto llevar a cabo la exportación de frutos sin tener que utilizar un tratamiento cuarentenario en la etapa de postcosecha; pudiendo así disminuir tanto los costos como los daños al ambiente, ya que se disminuye el uso de insecticidas [55].

La campaña clasifica al país en zonas según el estatus fitosanitario en relación con la población de moscas de la fruta, actualmente Aguascalientes cuenta con 3,505.38 km² de Zona libre y 2,112.42 km² de Zona de baja prevalencia, mientras que Michoacán tiene 5,774.11 km² de Zona de baja prevalencia [56].

4.5.2 Moscafrut-Moscamed

Para el control de las moscas de la fruta, se usan también estrategias amigables con el medio ambiente como el control autocida o del insecto estéril y control biológico, la CNMF hace uso de la liberación de moscas estériles de *Anastrepha ludens* y *Anastrepha obliqua* y de avispa del parasitoide *Diachasmimorpha longicaudata* como enemigo natural, estas son producidas en la Planta de Cría y Esterilización de Moscas estériles y Parasitoides en Metapa de Domínguez, Chiapas [55,56]. Este programa operativo llamado Moscafrut tiene como objetivo general “producir material biológico con calidad aceptable conforme a estándares internacionales y desarrollar acciones de investigación, transferencia de tecnología y capacitación, para la mejora de sus procesos a fin de coadyuvar en los Programas de control de moscas de la fruta” [55].

En conjunto se creó el Programa Moscamed que tienen como objetivo evitar el establecimiento de la mosca del mediterráneo en México, detener su desarrollo hacia el interior y el norte del país; México, Estados Unidos y Guatemala forman parte de este programa [57].

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Ubicación del sitio de estudio

El experimento se llevó a cabo en las instalaciones del Instituto Tecnológico El Llano (ITEL), en terrenos de productores de guayaba de Calvillo, Aguascalientes y de Tlanchinol, Hidalgo y en las instalaciones del Campo Experimental Pabellón del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en Pabellón de Arteaga, Aguascalientes.

5.1.1 Experimentos en Calvillo, Aguascalientes

El primer sitio de estudio fue en la huerta de guayaba “El Colorín” en Calvillo, Aguascalientes, con coordenadas $21^{\circ} 46' 51''$ N $102^{\circ} 47' 30''$ O a 1620 msnm [58] y se contó con el apoyo del dueño, el señor Néstor Javier Flores Pérez (Figura 10a).



Figura 10. Huertas de guayaba a) “El Colorín” y b) “El Barbiquejo” en Calvillo, Aguascalientes.

La segunda huerta en el mismo municipio fue la huerta “El Barbiquejo” en la localidad de Jaltiche de Arriba (Figura 10b), con coordenadas $21^{\circ} 45' 54''$ N $102^{\circ} 47' 30''$ O a 1,656 msnm [58] con el apoyo del dueño José Carmen Monjara Monjara.

En ambos sitios de estudio se contó con el apoyo del Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Aguascalientes (CESVA), representado por el Ing. Teodoro Armando Núñez Acosta en Aguascalientes y por el Ing. Jesús Arenas en Calvillo, con apoyo técnico en campo del Ing. Humberto Gallegos.

5.1.2 Experimento en Tlanchinol, Hidalgo

El experimento en el estado de Hidalgo se llevó a cabo en la ladera “El Suspiro”, Tlanchinol (Figura 11), con ubicación en las coordenadas $21^{\circ} 03' 13''$ N $98^{\circ} 33' 29''$ O y a 690 msnm [58].



Figura 11. Ladera “El Suspiro”, Tlanchinol, Hidalgo.

5.2 Estudios preliminares

Antes de la implementación de los experimentos en campo, se realizaron actividades preliminares de diseño, planeación y elaboración, así como muestreos de suelo y hojarasca para estudios anexos a la evaluación de trampas y atrayentes.

5.2.1 Elaboración y prueba de trampas artesanales y atrayentes

A la par del diseño del experimento se eligieron y elaboraron las trampas y los atrayentes a ser evaluados en los experimentos en campo.

5.2.1.1 Trampas artesanales

Se elaboraron dos tipos de trampas artesanales utilizando como insumo principal botellas de plástico. La trampa artesanal 1 (Agujeros) consistió en una botella de plástico reutilizada de 600-1000 mL con tapa y un gancho de alambre insertado en la tapa para colocarse en los árboles, se le realizaron de 4 a 6 orificios de 7.0 a 9.0 mm en el tercio superior de la botella y una vez establecida en campo se le colocó atrayente en el fondo, 250 mL aproximadamente (Figura 12a). Para la trampa artesanal 2 (Invaginada) se recortó el tercio superior de la botella y se pegó de manera invertida dentro de la misma, creando una invaginación con una apertura correspondiente a la tapa de la botella de aproximadamente 3.0 cm (Figura 12b), de igual manera, una vez establecida en campo se le colocó el atrayente dentro hasta el nivel de la invaginación, el cual en algunos casos fue menor a los 250 mL propuestos, debido a la forma de cada botella.



Figura 12. Trampas artesanales evaluadas; a) agujeros y b) invaginada.

Las trampas artesanales se evaluaron junto con la trampa comercial Multilure, la cual sirvió como testigo para comparar su efectividad.

5.2.1.2 Atrayentes alimenticios

En adición a la prueba con las trampas artesanales, se evaluó la efectividad de un atrayente natural, fermentado de cáscara de piña, en los tres tipos de trampas establecidas, las dos artesanales y la comercial. Este atrayente se comparó con dos atrayentes usados comercialmente: proteína hidrolizada líquida (Captor 300®) y pastillas de levadura de torula.

Elaboración del fermentado de cáscara de piña

En una cubeta de 20 L se colocó la cascara de tres piñas (*Ananas comosus* L.) (Bromeliaceae) tres conos de piloncillo, madre de vinagre y agua hasta llenar la cubeta (Figura 13).

Se tapó la cubeta y se dejó fermentar por 15 días removiendo y revisando cada 5 días. Después de 15 días se coló y envasó en frascos de 1.0 L de líquido, 3.0 L de fermentado para cada prueba y se dejó el restante para que siguiera fermentando para los siguientes recebados del experimento.



Figura 13. Aspecto del atrayente a base de fermentado de cáscara de piña.

5.2.2 Muestreo de suelo y hojarasca para detección de enemigos naturales y entomopatógenos para control biológico por conservación

En los tres sitios de estudio se tomaron muestras de suelo y hojarasca de la superficie debajo de los árboles de guayaba, para identificar posibles enemigos naturales de la mosca de la fruta que no se pudieran recolectar mediante el trampeo convencional y otros insectos benéficos que se encuentran en el suelo.

El muestreo consistió en la selección al azar de cinco árboles de guayabo en un bloque de cada huerta. De cada uno de ellos se tomó una muestra de hojarasca de la superficie del suelo debajo del árbol, la muestra se colocó en bolsas de plástico que fueron etiquetadas con los datos de la huerta, número y tipo de muestra y la fecha de recolección. Posteriormente, con ayuda de una barreta, se muestreó aproximadamente 1.0 kg de suelo del mismo sitio de cada árbol seleccionado, las muestras fueron de igual manera colocadas en bolsas y etiquetadas adecuadamente (Figura 14). Se tomaron cinco muestras de suelo y cinco muestras de hojarasca por cada sitio de estudio.



Figura 14. Muestreo de suelo y hojarasca en “El Colorín”, Calvillo, Aguascalientes.

Las muestras fueron llevadas a las instalaciones del INIFAP Campo Experimental Pabellón donde se establecieron tres experimentos para la identificación de fauna benéfica y entomopatógenos: el método del embudo de Baermann para la recolecta de nematodos, el método del embudo de Berlese para recolecta de artrópodos asociados al suelo y que pueden ser depredadores de las larvas que se entierran a pupar, y el uso de larvas de *Tenebrio molitor* para el aislamiento e identificación de entomopatógenos.

5.2.3 Recolecta de frutos de guayaba en campo para detectar parasitoides

Se recolectaron frutos que mostraban daño por mosca de la fruta en el árbol, así como frutos que estuvieran en el suelo en el cajete del árbol o cerca de él que de igual manera presentaran daños visibles que sugirieran haber sido causados por la mosca.

Los frutos se colocaron en hieleras con tapa y en el interior de ellas se colocó una capa de arena en el fondo para que las larvas que emergieran de los frutos durante el traslado pudieran pupar y ser recolectadas posteriormente.

Los frutos recolectados se utilizaron para evaluar la infestación de mosca de la fruta en campo y para muestrear la presencia y evaluar la actividad de parasitoides de la mosca en campo en caso de encontrarse.

5.3 Experimentos en campo

En campo se realizó la evaluación de trampas artesanales y atrayentes para moscas de la fruta, así como el manejo de las muestras tanto de suelo como de hojarasca y frutos obtenidas en cada sitio de estudio.

5.3.1 Evaluación de trampas artesanales y atrayentes

Las trampas artesanales y el atrayente natural se evaluaron en campo contra la trampa comercial y los dos atrayentes seleccionados en tres sitios de estudio.

5.3.1.1 Experimento 1: Establecimiento en Calvillo, Aguascalientes

El primer experimento se llevó a cabo en dos huertas de guayaba en Calvillo, Aguascalientes: Huerta “El Colorín” y Huerta “El Barbiquejo” (Figura 15). En la huerta “El Colorín” el experimento se estableció el 22 de septiembre de 2022 y en la huerta “El Barbiquejo” se estableció el 7 de diciembre de 2022. En ambas huertas el experimento se llevó a cabo siguiendo la misma metodología: se evaluaron dos tipos de trampas artesanales (Figura 12) contra la trampa comercial Multilure (Figura 8). Estas se colocaron en la misma cantidad en el sitio de estudio con la finalidad de comparar en cuál de ellas se lograba la captura de un mayor número de moscas de la fruta y artrópodos no blanco.



Figura 15. Establecimiento del experimento de evaluación de trampas artesanales y atrayentes en Calvillo, Aguascalientes.

Al mismo tiempo se evaluó un atrayente natural, fermentado de cáscara de piña, a una dosis de 250 mL por trampa, contra dos atrayentes de uso comercial: pastillas de levadura torula a una dosis de tres pastillas en 250 mL de agua y proteína hidrolizada líquida (Captor 300®) a una dosis de 10 mL de proteína hidrolizada líquida en 250 mL de agua. Las trampas Multilure, la proteína hidrolizada líquida y las pastillas de levadura torula de ambos experimentos en Calvillo fueron proporcionadas por el CESVA.

Las trampas se distribuyeron por filas al azar en cada sitio de estudio, dejando de uno a dos árboles sin trampa en una misma línea y una fila de árboles sin trampas, según la disponibilidad en la huerta. El experimento se estableció a lo largo del periodo de maduración de las frutas. Las trampas se colocaron en áreas sombreadas del árbol, a $\frac{3}{4}$ de altura, evitando que quedaran expuestas directamente a la luz del sol, vientos fuertes o polvo, cuidando que la entrada a la trampa se mantuviera libre de obstrucciones para permitir la circulación del aire y facilitar el acceso de las moscas de la fruta que se encontraran en el cultivo. Los atrayentes que se evaluaron se usaron en el volumen y la concentración adecuados y se remplazaron cada 2 semanas para mantener la efectividad de atracción, todo esto basado en las recomendaciones de la FAO y la NOM-023-FITO-1995 para trampeo de moscas de la fruta [59].

Diseño del experimento

Este experimento constó de nueve tratamientos (Cuadro 1) con cuatro repeticiones cada uno, en un diseño experimental bloques completos al azar. Las variables evaluadas fueron las siguientes:

- Captura de moscas. Reportándose la variable como el Índice Mosca por trampa por día (MTD)
- Especies de *Anastrepha* capturadas

Cuadro 1. Tratamientos de la prueba de trampas y atrayentes en Calvillo.

Número	Trampa	Atrayente
1	Trampa Multilure	Fermentado de piña
2	Trampa artesanal 1 (Agujeros)	Fermentado de piña
3	Trampa artesanal 2 (Invaginada)	Fermentado de piña
4	Trampa Multilure	Levadura torula
5	Trampa artesanal 1(Agujeros)	Levadura torula
6	Trampa artesanal 2 (Invaginada)	Levadura torula
7	Trampa Multilure	Proteína hidrolizada líquida
8	Trampa artesanal 1(Agujeros)	Proteína hidrolizada líquida
9	Trampa artesanal 2 (Invaginada)	Proteína hidrolizada líquida

La revisión de las trampas se realizó cada 15 días y consistió en recolectar las moscas y otros artrópodos capturados, recebar y mantener en buenas condiciones las trampas para que siguieran capturando moscas de la fruta.

Las moscas de la fruta y los demás artrópodos capturados en las trampas se recolectaron en frascos de plástico de capacidad de 100 a 500 mL con tapa de rosca con empaque, en los que se colocó alcohol al 70 % para que los artrópodos se conservaran en buen estado para posteriormente identificarlos por especie o morfoespecie en laboratorio. Los frascos se etiquetaron con los datos del lugar donde fueron capturados los insectos, con las especificaciones de la trampa en cuestión indicando número de tratamiento y repetición. Los registros de las trampas incluyeron la ubicación de la trampa, el tratamiento según tipo de trampa y atrayente, la fecha de revisión y las moscas capturadas [59].

En forma posterior se realizó el conteo de moscas de la fruta capturadas totales y por especie, para con esos datos realizar comparaciones de los resultados de cada

tratamiento para determinar cuál de ellos consiguió una mayor captura de moscas de la fruta y qué especie tuvo más presencia en cada sitio de estudio.

5.3.1.2 Experimento 2: Establecimiento en Tlanchinol, Hidalgo

Se realizó un segundo experimento en una ladera con guayabos en “El Suspiro”, Tlanchinol, Hidalgo. Se estableció el 17 de septiembre del 2022 (Figura 16).



Figura 16. Establecimiento de trampas en “El Suspiro”, Tlanchinol, Hidalgo.

Diseño del experimento

El experimento se llevó a cabo siguiendo la misma metodología que los experimentos anteriores; sin embargo, los tratamientos se modificaron. Se evaluó la

trampa artesanal 1 (Agujeros) contra la trampa comercial Multilure y los tres atrayentes utilizados en el Experimento 1: fermentado de cáscara de piña, levadura torula y proteína hidrolizada líquida. Las trampas se colocaron al azar en los árboles a lo largo de la ladera y se realizó el muestreo y recebado semanalmente con un total de cuatro revisiones. El Experimento 2 consistió en 5 tratamientos (Cuadro 2) con cuatro repeticiones cada uno. Las variables evaluadas fueron las siguientes:

- Captura de moscas. Reportándose la variable como el Índice Mosca por trampa por día (MTD)
- Especies de *Anastrepha* capturadas

Cuadro 2. Tratamientos de la prueba de trampas y atrayentes en Tlanchinol.

Número	Trampa	Atrayente
1	Trampa Multilure	Fermentado de piña
2	Trampa artesanal 1 (Agujeros)	Fermentado de piña
3	Trampa Multilure	Proteína hidrolizada líquida
4	Trampa Multilure	Levadura torula
5	Trampa artesanal 1(Agujeros)	Levadura torula

5.3.2 Recolecta e identificación de enemigos naturales

Los artrópodos capturados en las trampas de los Experimentos 1 y 2 que no correspondían a moscas de la fruta fueron recolectados en frascos de manera separada a las moscas de la fruta. Posteriormente fueron llevados al laboratorio para su identificación y clasificación específica. Estos se registraron y etiquetaron con la morfoespecie que se identificó en un primer momento, clasificándolos por Orden y dándole un número consecutivo a cada morfoespecie identificada y se registraron con fotografía para facilitar su identificación.

5.3.3 Muestreo de frutos para determinar la infestación

En las huertas se realizó la recolecta de frutos que presentaban manchas circulares de color amarillo, puntos necróticos, madurez prematura o que estuvieran caídos en el suelo, se procedió a realizarles cortes en rodajas aproximadamente de 1.0 cm de ancho para detectar larvas de mosca de la fruta. Se registró la presencia o ausencia de larvas por fruto y por muestra.

5.4 Trabajos en laboratorio para control biológico por conservación

Las muestras obtenidas en campo se analizaron para la identificación de artrópodos, hongos y nematodos que pudieran representar una alternativa de manejo dentro del control biológico del tipo por conservación.

5.4.1 Identificación de la fauna benéfica y entomopatógenos para control biológico por conservación

Se utilizaron técnicas de identificación específicas para tratar las muestras según el tipo de organismo que se pretendiera identificar, tomando la muestras de suelo para identificar nematodos y hongos y las muestras de hojarasca para la identificación de artrópodos.

5.4.1.1 Identificación de artrópodos no blanco capturados en trampas

Los individuos capturados en las trampas que no correspondieron a moscas de la fruta fueron llevados al laboratorio de las instalaciones del INIFAP para identificarse.

Con el uso del microscopio estereoscópico, se observó cada una de las morfoespecies diferentes que se encontraron en las trampas, registrando mediante fotografía y texto sus características morfológicas más importantes para

posteriormente identificarlas con el uso de guías taxonómicas como el “Curso básico de entomología” de José Antonio Barrientos (2004) y guías de identificación por imagen como la página web BugGuide.net, cada morfoespecie se registró con número de clasificación y fotografía, y se conservaron los individuos encontrados en frascos con alcohol al 70 %, etiquetados con el número de morfoespecie correspondiente y se registró en una matriz de datos el número de individuos encontrados de cada morfoespecie por tratamiento.

Algunas morfoespecies se lograron identificar hasta especie, las que no se registraron según su orden o familia, se agruparon también según la función que realizan en caso de ser insectos benéficos en polinizadores o enemigos naturales, pudiendo encontrar polinizadores del cultivo de guayaba y enemigos de la mosca de la guayaba, o insectos benéficos de otras especies, pero que tengan como uno de sus hospederos al guayabo, así como especies entomófagas.

5.4.1.2 Metodología para aislar hongos entomopatógenos

De cada una de las cinco muestras recolectadas en campo de cada sitio de estudio, se colocó una parte de la muestra en recipientes de plástico con tapa de malla en los que se colocaron tres larvas del escarabajo *Tenebrio molitor* en cada una. Las muestras se dejaron cerradas en un lugar fresco y con luz natural y los recipientes se voltearon y se humedecieron cada tres días con la finalidad de que las larvas de *Tenebrio* recorrieran completamente el suelo de la muestra, ya que tienden a ir hacia la superficie del sustrato. Al recorrer la muestra de suelo durante aproximadamente dos semanas, las larvas se infectaron en caso de haber presencia de hongos entomopatógenos, mostrando daño por el hongo visible en su cutícula y posteriormente la muerte de la larva (Figura 17).



Figura 17. Metodología para detección de un hongo entomopatógeno de una muestra de suelo mediante el insecto trampa *Tenebrio molitor*.

Las larvas que presentaron daño por hongos se aislaron y posteriormente se inocularon cajas Petri con PDA como medio de cultivo con muestras del micelio encontrado en las larvas. Primero se aislaron en cuatro puntos por caja y después de una semana de crecimiento se volvieron a aislar para tener una cepa limpia de cada una encontrada (Figura 18). Una vez obtenida la cepa individual, se identificó según sus características macroscópicas.

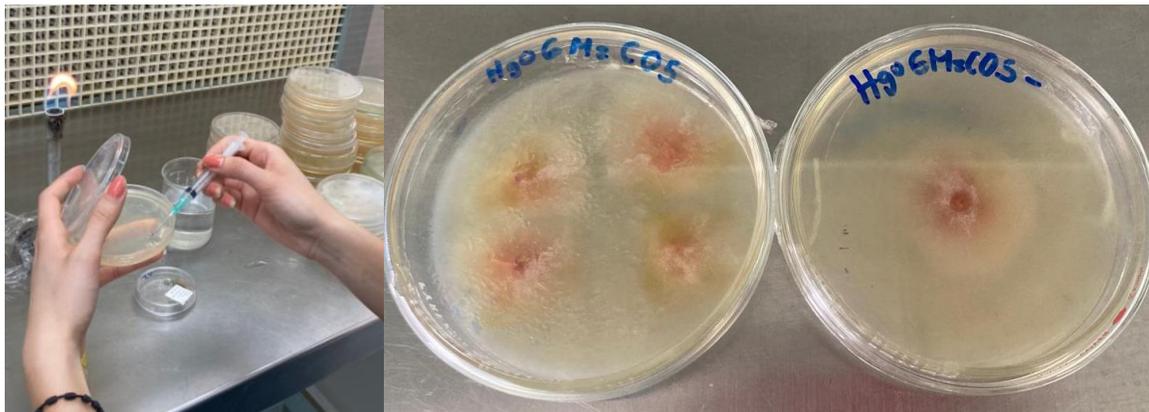


Figura 18. Aislamiento de hongos entomopatógenos en campana de flujo laminar.

5.4.1.3 Metodología para extraer nematodos por el método del embudo de Baermann

Se tomó suelo de las muestras recolectadas en cada sitio de estudio para establecer el método del embudo de Baermann. A un embudo de vidrio de 10 a 15 cm de diámetro se le colocó una manguera de látex en el tallo y esta se sujetó al final con una pinza para detener el paso del agua, el embudo se colocó sobre un soporte de metal y se llenó con agua hasta la parte superior. Posteriormente, se colocaron las muestras de suelo en una malla y envueltos con una hoja de papel absorbente, cada una en un embudo. El nivel del agua se mantuvo en contacto con la muestra todo el tiempo sin que esta se sumergiera (Figura 19). Después de 72 horas se recuperó el agua donde se encontraban los nematodos y se mantuvo en refrigeración.



Figura 19. Aspecto del método del embudo de Baermann y frascos con muestras procesadas conteniendo lo nematodos filiformes.

Del agua obtenida se procedió a extraer los nematodos presentes con el uso de un microscopio estereoscópico y un pescador hecho con trozos de bambú con punta fina con los que se recolectaron los nematodos del agua y se colocaron en un portaobjetos con el fijador FA 4:1. Una vez aislados se continuó con la identificación ahora en microscopio óptico para observar a detalle las características morfológicas

como tamaño, grosor, estilete, bulbo medio, forma de la cola, setas cefálicas y tipo de cutícula y con esto clasificar cada morfoespecie encontrada según el orden taxonómico al que pertenecen (Figura 20). Se registró cada morfoespecie con número, fotografías y orden correspondiente.

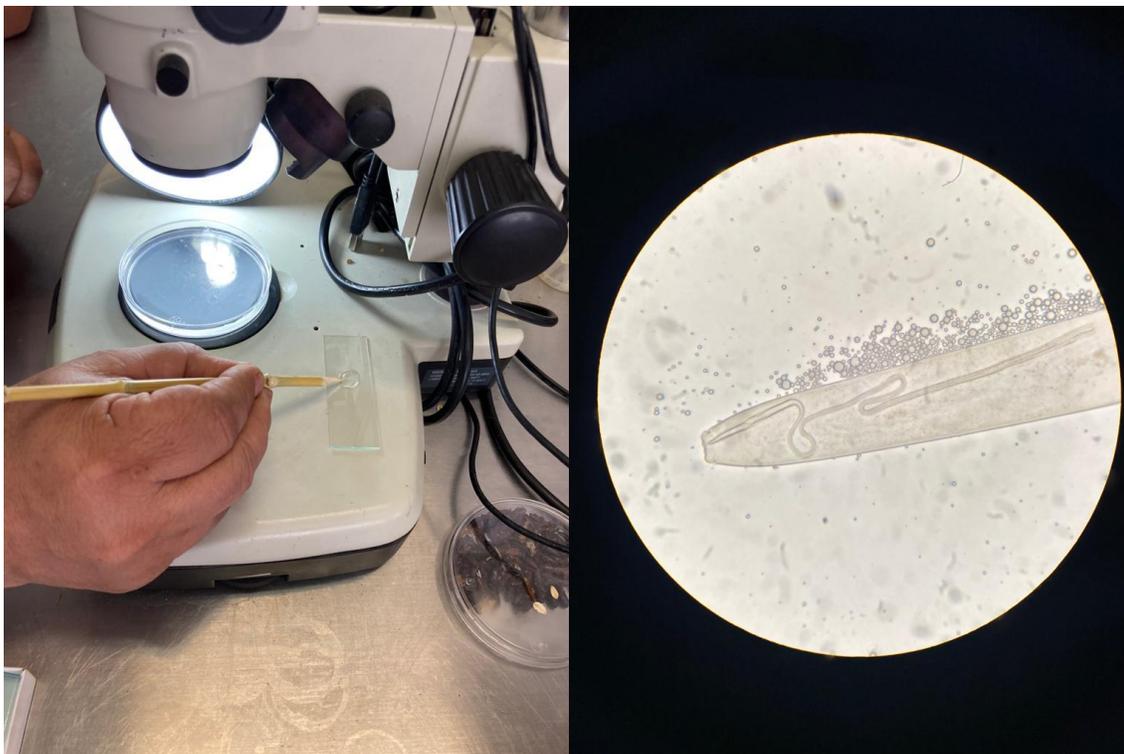


Figura 20. Captura, montaje temporal e identificación de nematodos.

5.4.1.4 Metodología para capturar fauna benéfica de muestras de hojarasca

Las muestras de hojarasca recolectadas fueron colocadas en embudos de Berlese con malla y una fuente de calor que hace que los insectos presentes bajen para alejarse de la alta temperatura, cayendo en un recipiente con alcohol al 70 % previamente colocado debajo del embudo (Figura 21). Los insectos colectados fueron identificados en el microscopio estereoscópico y/o compuesto según su tamaño y

clasificados por morfoespecie y Orden, registrándose el número de individuos encontrados de cada morfoespecie por tratamiento en una matriz de datos y se resguardaron en frascos con alcohol al 70 % para conservarlos.



Figura 21. Captura de fauna benéfica mediante el embudo de Berlese a) embudo de Berlese y b) ejemplar de pseudoescorpión.

5.4.1.5 Metodología para detectar parasitoides

Los frutos de guayaba muestreados se colocaron en hieleras con tierra o arena del mismo sitio de estudio y se llevaron a las instalaciones del Campo Experimental del INIFAP en Pabellón de Arteaga, ahí se colocaron en cámaras de madera con paredes de tela mosquitera, una charola con arena o tierra humedecida con las condiciones adecuadas de temperatura y humedad para que emergieran las larvas de mosca de la guayaba y/o de los enemigos naturales en caso de encontrarse en los

frutos para su posterior identificación (Figura 22). Después de cuatro semanas de mantener los frutos en dichas condiciones y humedecer el suelo regularmente, se procedió a diseccionarlos en cortes de 1.0 cm aproximadamente para buscar larvas de mosca de la fruta, así como revisar el suelo cuidadosamente en búsqueda de pupas de mosca (Figura 22). Las pupas que se encontraron fueron guardadas individualmente en capsulas de gelatina para que al momento de emerger la mosca o el parasitoide éstos quedaran atrapados y poder identificarlos y cuantificarlos fácilmente. En el caso de emerger parasitoides, esto confirmaría la presencia de este tipo de fauna benéfica nativa en el sitio de estudio y podría ser una alternativa de manejo de la mosca de la fruta.



Figura 22. Manejo de frutos muestreados para evaluar infestación; a) aspecto de caja de emergencia y b) presencia de pupas en el suelo.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Efecto del manejo con trampas artesanales y atrayentes en Calvillo, Aguascalientes

Se realizó la revisión y recebado de las trampas establecidas en las huertas “El Colorín” y “El Barbiquejo” en Calvillo, Aguascalientes cada 15 días, las moscas de la fruta y otros insectos capturados se colocaron en frascos de plástico con alcohol al 70 % y fueron llevados a las instalaciones del INIFAP y el ITEL para su identificación y conteo.

6.1.1 Captura de mosca de la fruta

La variable por medir en los experimentos de trampas artesanales y atrayentes fue la presencia de moscas de la fruta, por lo que fueron los resultados que se evaluaron en primera instancia. En ambos sitios de estudio en Calvillo, Aguascalientes se evaluaron 9 tratamientos con 4 repeticiones cada uno. Los resultados del conteo de moscas presentados a continuación contemplan la suma de la captura de moscas de las 4 repeticiones por tratamiento.

6.1.1.1 Huerta “El Colorín”

En el primer muestreo realizado el jueves 6 de octubre del 2022 se detectó la presencia de un macho de mosca de la especie *Anastrepha ludens*, capturado en la trampa del tratamiento 5 repetición 2, correspondiente a la trampa artesanal 1 (Agujeros) con levadura torula como atrayente.

El 21 de octubre se realizó un segundo monitoreo, pero no se capturó ningún individuo de mosca de la fruta.

El viernes 4 de noviembre del 2022 se realizó la tercera revisión en la que se capturó un macho de la especie *Anastrepha striata* en la trampa del tratamiento 4 repetición 3, que corresponde a la trampa comercial Multilure con el atrayente de levadura torula.

En la cuarta y última revisión el viernes 18 de noviembre del 2022 se encontraron una hembra *Anastrepha ludens* (Figura 23b) y una hembra *A. striata* (Figura 23a), ambas en el tratamiento 5 repetición 1, correspondiente a la trampa artesanal 1 (Agujeros) con levadura torula como atrayente.



Figura 23. Ejemplares de moscas de la fruta capturadas en trampas en “El Colorín”, Calvillo, Aguascalientes; a) hembra de *Anastrepha striata* y b) hembra de *A. ludens*.

En este sitio de estudio los únicos tratamientos con captura de mosca fueron el 4, que corresponden a trampa Multilure + levadura torula, con un 25 % de captura y el 5, formado por la trampa artesanal 1 (agujeros) + levadura torula que obtuvo un 75 % de captura de mosca (Figura 24). En este sitio se encontraron las especies de mosca de la fruta *A. striata* y *A. ludens*. Los resultados mostrados corresponden a la suma de captura de las cuatro repeticiones por tratamiento.

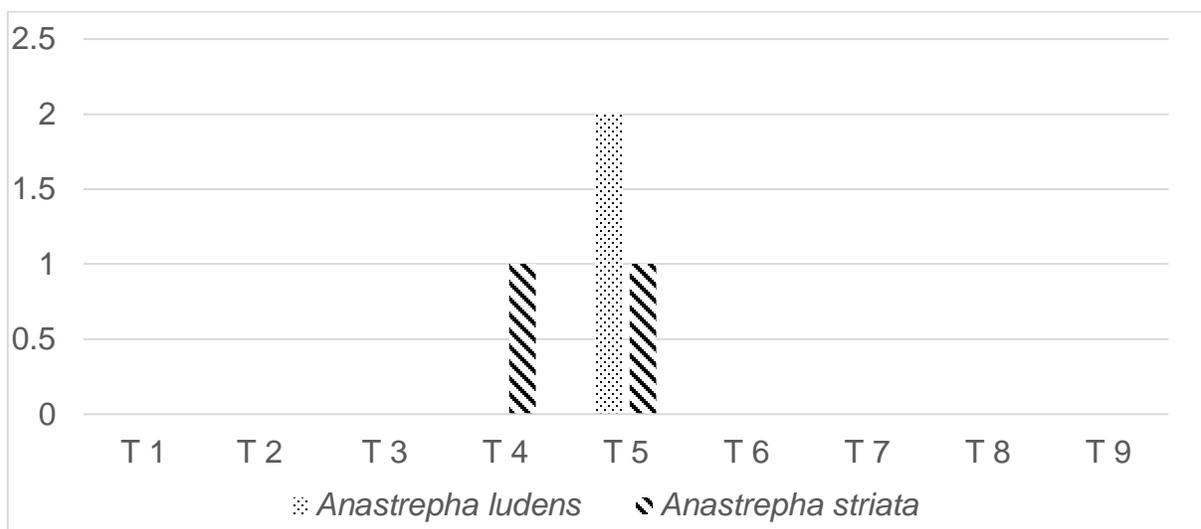


Figura 24. Moscas capturadas por especie y tratamiento en “El Colorín”, Calvillo, Aguascalientes.

6.1.1.2 Huerta “El Barbiquejo”

En la primera revisión realizada el jueves 22 de diciembre del 2022 se encontró la presencia de un macho de mosca de la especie *Anastrepha striata*, capturado en la trampa del tratamiento 5 repetición 4, correspondiente a la trampa artesanal 1 (Agujeros) con levadura torula como atrayente y un macho de la misma especie en la trampa del tratamiento 8 repetición 4, correspondiente a la trampa artesanal 1 (Agujeros) con proteína hidrolizada líquida como atrayente.

El martes 3 de enero de 2023 se realizó una segunda revisión, pero no se capturó ningún individuo de mosca de la fruta.

El lunes 16 de enero de 2023 se realizó la tercera revisión en la que se capturó un macho de la especie *Anastrepha ludens* en la trampa del tratamiento 4 repetición 1, que corresponde a la trampa comercial Multilure con el atrayente de levadura torula.

En el cuarto y último monitoreo el viernes 18 de noviembre del 2022 no se capturó ningún individuo de mosca de la fruta.

En este sitio de estudio los tratamientos con captura de mosca fueron el 4, 5 y 8 (Figura 25) que corresponden a trampa Multilure + levadura torula, trampa artesanal 1 (agujeros) + levadura torula y trampa artesanal 1 (agujeros) + proteína hidrolizada líquida respectivamente y los tres tratamientos presentaron una captura proporcional del 33 % cada uno. En esta huerta se encontraron dos especies diferentes de mosca de la fruta *A. ludens* y *A. striata*.

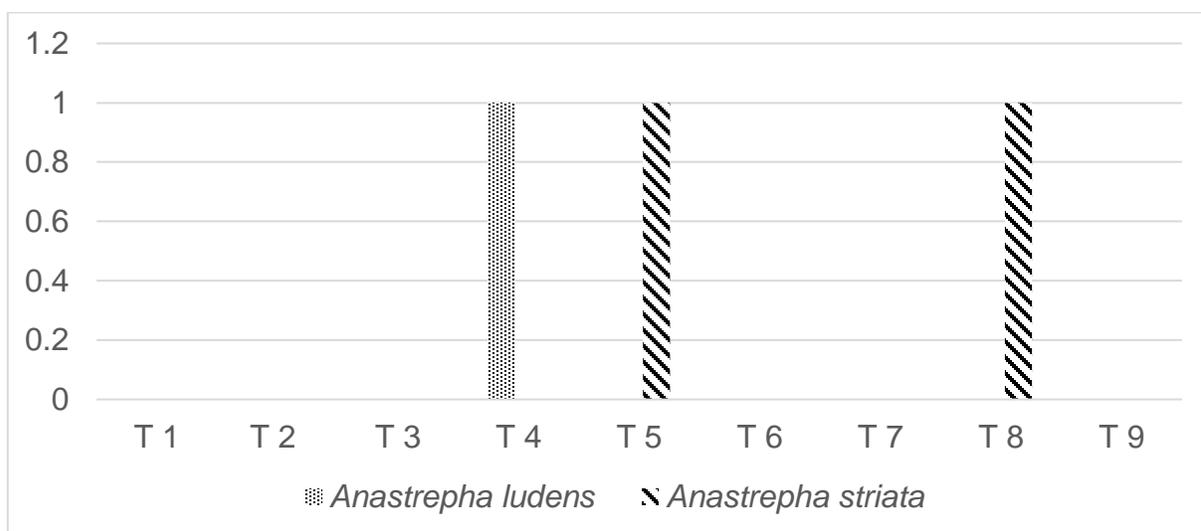


Figura 25. Moscas capturadas por especie y tratamiento en “El Barbiquejo”, Calvillo, Aguascalientes.

En ambas huertas los resultados de captura de mosca de la fruta fueron muy bajos, esto debido a que en el municipio se cuenta con la presencia del CESVA y tanto el comité como los productores llevan a cabo un manejo preventivo y de control para erradicar a la mosca de la fruta, siendo una zona de baja prevalencia, aunque a la fecha sigue siendo de las principales plagas que presenta el cultivo [60,61].

Aunque *A. striata* es la mosca de la guayaba, varios estudios han demostrado la presencia de *A. ludens* en este cultivo, como en el caso de la investigación de Venegas-Carrillo et al. [62] donde encontraron estas dos especies en los muestreos realizados, además de *A. obliqua*. La distribución de *A. ludens* en el país es muy amplia, y en el estado de Aguascalientes se ha reportado su presencia en los municipios de Aguascalientes, Calvillo y Jesús María, clasificándola como de baja prevalencia [63], lo cual se relaciona con nuestros resultados al capturar pocos individuos, y aunque en baja proporción, existió más presencia de *A. striata* que de *A. ludens*.

La trampa artesanal 1 (agujeros) presentó una efectividad igual e incluso superior en uno de los casos que la trampa comercial Multilure, por lo que puede representar una alternativa con el beneficio de tener menos costo que la comercial y promover la reutilización de materiales, estos resultados se han observado en otros estudios como el de Chávez-López (2023), en el que al comparar la captura de moscas de la familia Tephritidae entre la trampa comercial y una trampa artesanal con diseño similar a la de este experimento, encontró que la diferencia del índice MTD fue de sólo 0.05 entre las trampas, por lo que sugiere el uso de la trampa artesanal “Botella pet” como una alternativa más alcanzable para los productores, y manteniendo la eficacia de captura [64].

La trampa artesanal 2 (Invaginada) además de no haber capturado moscas de la fruta en los muestreos evaluados, presentó complicaciones en el manejo al momento de realizar los muestreos, ya que el contenido es difícil de sacar,

quedándose dentro restos de atrayente e insectos (Figura 26) que al descomponerse podrían afectar la efectividad del atrayente que se coloca, además de afectar el conteo de moscas e insectos capturados por trampa. Además, al tener diferentes formas según el tipo de botella usada, la cantidad de atrayente no fue proporcional y algunos tratamientos quedaron sin atrayente antes del recebado, disminuyendo la efectividad.



Figura 26. Residuos de atrayente e insectos en trampa artesanal invaginada.

6.2 Efecto del manejo con trampas artesanales y atrayentes en Tlanchinol, Hidalgo

Se realizaron 4 revisiones de las trampas establecidas en el experimento, el primero se realizó el 19 de septiembre de 2022, al tercer día del establecimiento. Los siguientes tres muestreos se realizaron semanalmente. En este sitio de estudio se evaluaron cinco tratamientos con cuatro repeticiones cada uno. Los resultados del

conteo de moscas presentados a continuación contemplan la suma de la captura de moscas de las cuatro repeticiones por tratamiento.

6.2.1 Captura de mosca de la fruta

En el experimento establecido en la ladera “El Suspiro” en Tlanchinol, Hidalgo se capturaron moscas de la fruta correspondientes a cuatro especies diferentes: *Anastrepha ludens*, *A. obliqua* (Figura 27b), *A. striata* y *A. fraterculus* (Figura 27a).



Figura 27. Hembras de a) *Anastrepha fraterculus* y b) *A. obliqua* capturadas en “El Suspiro” Tlanchinol, Hidalgo.

Los tratamientos que más moscas capturaron fueron el 4 y el 5, el tratamiento 4 corresponde a la trampa comercial Multilure con atrayente de levadura torula capturó

50 moscas, equivalente al 38.5 % del total de captura y el tratamiento 5 con la trampa artesanal 1 (Agujeros) con el mismo atrayente torula resultó con una captura de 35 moscas, 27 % del total. Los resultados de las moscas capturadas por trampa se pueden observar en la Figura 28:

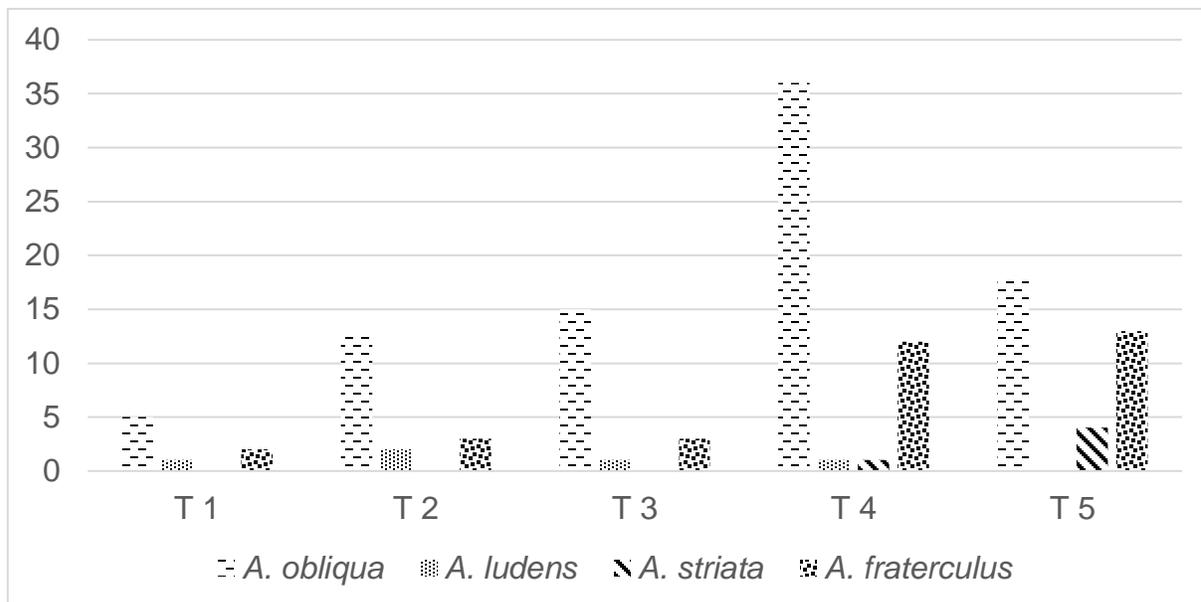


Figura 28. Especies de moscas atrapadas por tratamiento en “El Suspiro”, Tlanchinol, Hidalgo.

Aunque *A. striata* tiene como hospedero al guayabo y se esperaría que fuera la especie más abundante en el sitio, en este caso la especie con mayor captura fue *A. obliqua*, esto puede deberse a que los guayabos en los que se estableció el experimento se encuentran en una ladera colindante con huertos de mango y ciruela amarilla (jobo), cultivos hospederos de *A. obliqua* y ésta puede instalarse en los guayabos como refugio del control químico que los otros huertos llevan a cabo, ya que en la ladera no hay un manejo fitosanitario de los guayabos.

6.2.1.1 Análisis de datos

Los datos obtenidos de las moscas de la fruta capturadas en el primer muestreo fueron analizados en el programa estadístico SAS y utilizando la prueba de Tukey al 0.5 para la comparación de medias. En el Cuadro 3 se pueden observar las medias obtenidas para el total de hembras y machos atrapados en las trampas de cada una de las cuatro especies identificadas, en las cuales se observa que según los resultados obtenidos en SAS, no hubo una diferencia significativa en la captura de moscas de la fruta entre los cinco tratamientos, ya que las medias resultaron estadísticamente iguales.

Cuadro 3. Comportamiento de la captura de moscas de la fruta en “El Suspiro”, Tlanchinol, Hidalgo.

Tratamiento	Especie	
	<i>Anastrepha striata</i>	<i>Anastrepha fraterculus</i>
1	0.00 a	0.25 a
2	0.00 a	0.00 a
3	0.00 a	0.00 a
4	0.25 a	0.50 a
5	0.25 a	1.00 a

6.2.2 Efectividad de trampas

Al mismo tiempo se realizó el análisis estadístico en SAS de los datos obtenidos en las trampas por tratamiento y número de moscas de la fruta totales capturadas, sin tomar en cuenta la especie para evaluar la efectividad general de cada uno de los tratamientos (Cuadro 4). Se obtuvo también el índice de Moscas por Trampa por Día de cada tratamiento.

Cuadro 4. Análisis de la efectividad de captura de las trampas en “El Suspiro”, Tlanchinol, Hidalgo.

Tratamiento	<i>Anastrepha</i> spp.	Moscas capturadas totales	MTD	DE (δ)
1	2.00 a	8	0.044	
2	4.50 a	18	0.100	
3	4.75 a	19	0.105	16.5378
4	12.50 a	50	0.277	
5	8.75 a	35	0.194	

Aunque estadísticamente no hubo una diferencia significativa entre las medias de los tratamientos según la prueba, el tratamiento 4 fue el que obtuvo una mayor captura de mosca total (Figura 29) y el índice MTD más alto, seguido del tratamiento 5. Además, la desviación estándar nos indica que sí hubo una variación de 16.5 moscas entre los tratamientos.

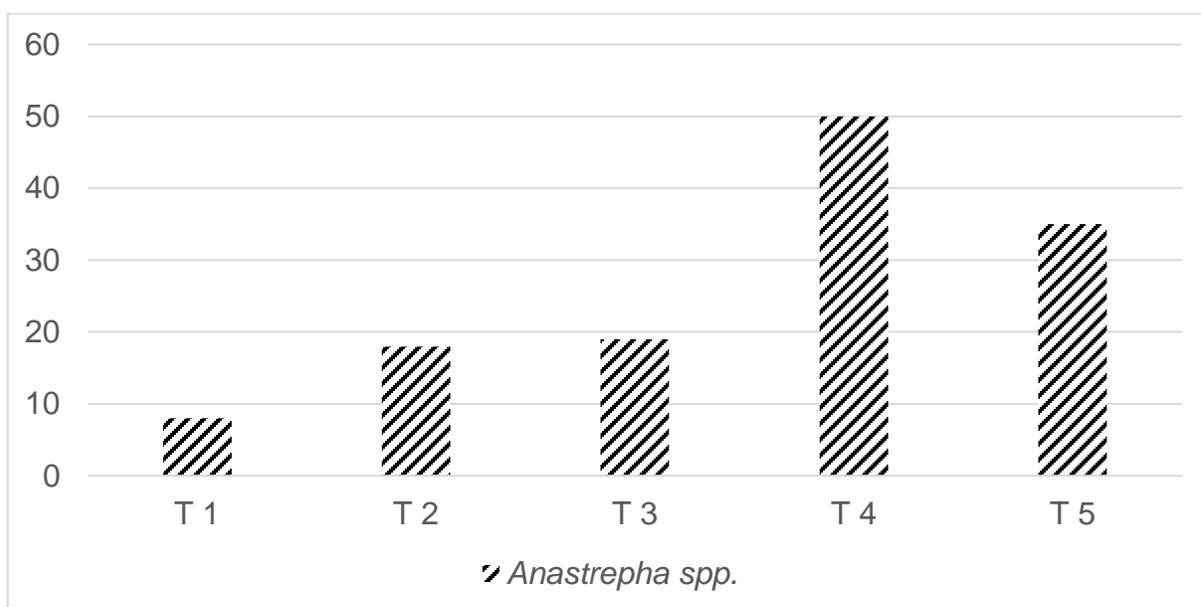


Figura 29. Total de moscas atrapadas por tratamiento en Hidalgo.

Sobre el índice de infestación de Moscas por Trampa por Día, la NOM-EM-023-FITO-1995 establece cuatro categorías según la densidad de la plaga presente en una zona determinada con base en este índice [65]. Según los datos obtenidos en este experimento, el resultado del tratamiento 1 (MTD= 0.044) correspondería a una categoría fitosanitaria Media (de 0.01 a 0.08), y los resultados de los tratamientos 2 al 5 corresponderían a una categoría Alta, al exceder el umbral establecido de 0.08.

Con base en estos resultados, se puede observar que hay una mayor presencia de mosca de la fruta en Tlanchinol, Hidalgo, que en Calvillo, Aguascalientes, esto debido a varios factores que fueron observados durante la implementación de los experimentos en ambos sitios de estudio:

En Calvillo, los sitios donde se establecieron los experimentos fueron huertas comerciales, que llevan a cabo un manejo mecánico, etológico y químico de la mosca de la fruta en cada ciclo productivo del cultivo, controlado también por la Campaña Nacional contra Mosca de la Fruta, disminuyendo de manera significativa la población de mosca, a comparación de Tlanchinol, donde el experimento se estableció en guayabos que se encontraban en una ladera, con mínimo manejo de la mosca de la fruta, y colindante con otros cultivos hospederos de mosca como mango y zapote que aumentan la densidad de esta plaga.

Otra diferencia entre los sitios fue el clima, Calvillo tiene una temperatura media anual de 24 °C, precipitación media anual de 355 mm y una humedad relativa media de 59 %, en cambio Tlanchinol presenta temperatura media de 27 °C, lluvia anual de 550 mm y una humedad relativa de 77 % [66]. La mosca de la fruta se desarrolla mejor en ambientes cálidos y con más humedad como en el caso de Tlanchinol, lo que explica la mayor presencia en este sitio, coincidiendo con la investigación de Arcila-Cardona et al. (2022) en la que mostraron valores del índice Mosca/Trampa/Día más altos en las áreas más húmedas de su experimento [67].

El atrayente torula fue el que registró la mayor captura de mosca en todos los sitios de estudio, al compararla tanto con la trampa comercial como con la artesanal, pudiendo comparar este resultado con lo obtenido por Juárez et al (2021) [68], en el que el atrayente torula fue el más eficiente después del atrayente comercial químico y caso contrario a lo que encontraron Gómez & Cardoso (2015) [69], ya que en su experimento la proteína hidrolizada obtuvo una mayor captura de mosca de la fruta que las pastillas de torula.

En el caso del fermentado de piña, los resultados no fueron favorables en ninguno de los sitios de estudio, ya que los tratamientos con este atrayente fueron los que menor captura registraron en Hidalgo y en Calvillo no hubo captura de ninguna mosca. Sin embargo, se considera que pudieron interferir factores externos en su efectividad, ya que en otros estudios como los de Ríos, E. et al. (2005) y Villalobos-Moreno (2020), A. et al., los atrayentes a base de piña presentaron un índice de captura de intermedio a alto, resultando como potenciales para ser usado por los productores, especialmente por los de bajos recursos ya que tiene la ventaja de tener bajo costo de elaboración y alta disponibilidad de los insumos [70,71], por lo que se recomienda para futuros estudios analizar y mejorar las variables que pudieran aumentar su capacidad de atracción, como el tiempo de fermentado, la cantidad y proporción de insumos utilizados (cáscara de piña, piloncillo, agua y madre de vinagre) y las condiciones de transporte al sitio de estudio.

6.3 Captura e identificación de fauna nativa, parasitoides, depredadores y entomopatógenos para control biológico por conservación

Simultaneo al análisis de los resultados de los experimentos de trampas y atrayentes, se evaluaron los resultados obtenidos en las muestras de suelo y hojarasca en cada sitio de estudio.

6.3.1 Alternativas encontradas para control biológico por conservación en Calvillo, Aguascalientes

Se identificaron artrópodos, hongos y nematodos entomopatógenos de las muestras obtenidas de los dos sitios de estudio en los que se establecieron los experimentos en Calvillo.

6.3.1.1 Artrópodos no blanco

Se realizaron cuatro revisiones y se contabilizaron las morfoespecies encontradas en ellos. En la huerta “El Colorín” se encontraron 78 morfoespecies de artrópodos de las Ordenes Hymenoptera, Isopoda, Orthoptera, Lepidoptera, Neuroptera, Diptera, Coleoptera, Hemiptera, Araneae y Blattodea. En la huerta “El Barbiquejo” se identificaron insectos de 54 morfoespecies diferentes de las Ordenes: Hymenoptera, Lepidoptera, Neuroptera, Diptera, Coleoptera, Hemiptera y Araneae (Cuadro 5).

Cuadro 5. Artrópodos no blanco en Calvillo.

Clase	Orden	Huerta “El Colorín”	Huerta “El Barbiquejo”
Insecta	Diptera	4996	2934
Insecta	Lepidoptera	784	301
Insecta	Coleoptera	501	372
Insecta	Hymenoptera	213	68
Insecta	Neuroptera	114	358
Insecta	Hemiptera	18	4
Arachnida	Araneae	2	2
Insecta	Blattodea	1	0
Malacostraca	Isopoda	1	0
Insecta	Orthoptera	1	0

En la huerta “El Colorín” se observó un mayor número de insectos capturados y una mayor diversidad de estos que en la huerta “El Barbiquejo”; las dos huertas coincidieron en el orden Diptera como el más abundante en individuos capturados. En ambos sitios de estudio se encontraron insectos benéficos como abejas, crisopas, polinizadores y parasitoides de la familia Braconidae.

En cuanto a la captura total de artrópodos no blanco, en “El Colorín” el tratamiento que más capturó fue el de la trampa artesanal invaginada con levadura torula y el que menos fue el de la trampa Multilure con proteína hidrolizada; en “El Barbiquejo” el que mayor captura obtuvo fue el de la trampa artesanal agujerada con proteína hidrolizada y el de la trampa Multilure con fermentado de piña el que menos; en base a estos datos se puede concluir que el atrayente no tuvo un efecto en la captura en comparación con el tipo de trampa, ya que en ambas huertas las trampas artesanales presentaron mayor captura de artrópodos no blanco que la trampa comercial.

6.3.1.2 Identificación de hongos entomopatógenos con el uso de larvas de *Tenebrio molitor*

Al aislar el micelio encontrado en los tenebrios infectados, se encontró que las cepas obtenidas corresponden al hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* según sus características macroscópicas, se identificaron y aislaron dos cepas diferentes del hongo (Figura 30).

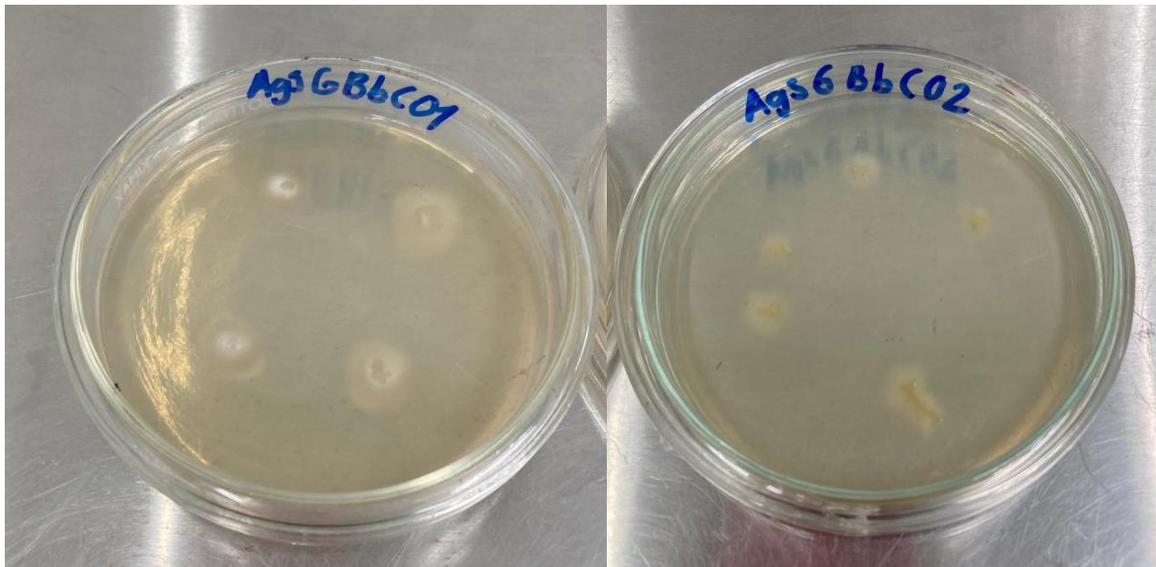


Figura 30. Cepas de *Beauveria bassiana* aisladas en “El Colorín”, Calvillo, Aguascalientes.

La presencia de este hongo de manera natural en los sitios de estudio representa una alternativa de control biológico de la mosca de la fruta, ya que es uno de los insectos huéspedes del hongo y se ha demostrado que éste causa una mortalidad de más del 90 % en moscas de la fruta, e incluso estudios como el de Toledo et al. (2014) proponen el uso de moscas estériles como vectores del hongo [72].

6.3.1.3 Nematodos obtenidos por el método del embudo de Baermann

En la huerta “El Colorín” se determinaron 13 morfoespecies de nematodos correspondientes a cuatro órdenes diferentes (Figura 31): Rhabditida (a), Monhysterida (b), Tylenchida (c y d) y Dorylaimida. Los resultados obtenidos se muestran en el Cuadro 6, en el que se observa que la mayoría de las morfoespecies pertenecen al Orden Rhabditida siendo el más abundante en la muestra y también el más diverso al encontrarse siete morfoespecies pertenecientes a dicho Orden.

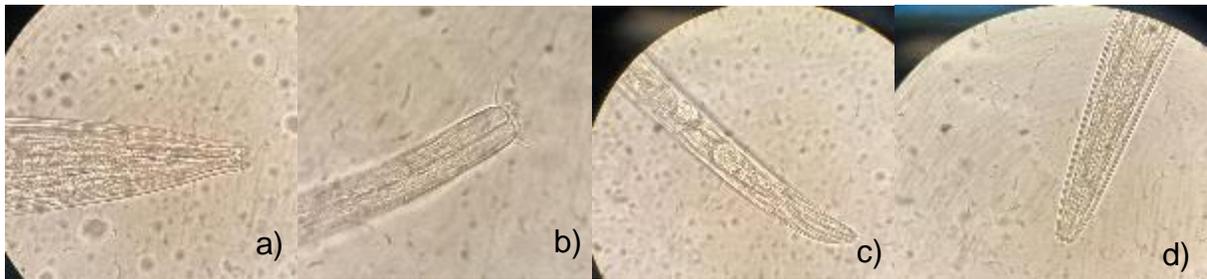


Figura 31. Nematodos aislados por el método del embudo de Baermann; a) Rhabditida, b) Monhysterida, c) *Aphelenchus* d) Tylenchida

Cuadro 6. Diversidad de nematodos en Calvillo.

Orden	Morfoespecies en “El Colorín”	Morfoespecies en “El Barbiquejo”
Rhabditida	12	2
Dorylaimida	7	5
Tylenchida	5	4
Monhysterida	2	0
Mononchida	0	1

Las morfoespecies de nematodos encontrados pueden representar una alternativa de manejo de mosca de la fruta, principalmente los encontrados del orden Rhabditida, dentro del cual se encuentran los principales grupos de nematodos con la característica de ser entomopatógenos [73].

En la huerta “El Barbiquejo” se identificaron nematodos de cuatro órdenes, siendo los Dorylaimida los más abundantes (Cuadro 6), aunque los Mononchidos son nematodos depredadores de nematodos fitoparásitos.

6.3.1.4 Identificación de insectos presentes en hojarasca por el método de Berlese

En la huerta “El Colorín” fueron encontradas 6 morfoespecies de insectos diferentes, incluyendo a las Ordenes: Isopoda, Lepidoptera, Hemiptera, Thysanoptera, Trombidiformes y Diptera. En la huerta “El Barbiquejo” se identificaron insectos de 7 morfoespecies diferentes de las ordenes Lepidoptera, Hemiptera, Thysanoptera, Mesostigmata, Coleoptera y Diptera (Cuadro 7).

Cuadro 7. Artrópodos en muestras de hojarasca en Calvillo.

Orden	Huerta “El Colorín”	Huerta “El Barbiquejo”
Mesostigmata	2	2
Hemiptera	1	2
Isopoda	1	0
Lepidoptera	1	1
Thysanoptera	1	1
Diptera	1	1
Coleoptera	0	1

6.3.2 Alternativas encontradas para control biológico por conservación en Tlanchinol, Hidalgo

Se identificaron artrópodos, hongos y nematodos entomopatógenos de las muestras obtenidas del sitio de estudio en el que se estableció el experimento en Tlanchinol.

6.3.2.1 Artrópodos no blanco

Se identificaron y clasificaron las morfoespecies encontradas en los cuatro muestreos. Se clasificaron 66 morfoespecies de artrópodos de las Ordenes Hymenoptera, Araneae, Orthoptera, Lepidoptera, Neuroptera, Diptera, Coleoptera, Hemiptera y Blattodea (Cuadro 8).

Cuadro 8. Artrópodos no blanco en la huerta “El Suspiro”, Tlanchinol, Hidalgo.

Clase	Orden	Insectos capturados
Insecta	Diptera	4578
Insecta	Lepidoptera	345
Insecta	Coleoptera	292
Insecta	Hymenoptera	221
Insecta	Blattodea	59
Insecta	Neuroptera	6
Insecta	Hemiptera	4
Insecta	Orthoptera	4
Arachnida	Araneae	1

La mayor captura de artrópodos no blanco se presentó en el tratamiento de la trampa artesanal agujerada con fermentado de piña seguida de la misma trampa con levadura torula, y la de menos captura resultó ser la trampa Multilure con proteína hidrolizada, por lo que se sugeriría para futuras implementaciones de la trampa artesanal, reducir el tamaño de los orificios para hacerla más selectiva y disminuir las probabilidades de captura de artrópodos de mayor tamaño que la mosca de la fruta.

6.3.2.2 Manejo de frutos muestreados para determinar infestación

En la muestra se encontraron 48 pupas de mosca de la fruta que fueron colocadas en capsulas de gelatina para que al emerger la mosca o el parasitoide (en caso de haber presencia) se quedara capturado en la capsula para poder identificarlo. Las capsulas se mantuvieron en observación y una semana después comenzaron a emerger moscas de la fruta y se procedió a su identificación (Figura 32). En este muestreo no se encontró presencia de parasitoides en las pupas.



Figura 32. Emergencia de pupas de mosca de la fruta.

De las pupas recolectadas emergieron 18 moscas identificadas como *Anastrepha striata*, la identificación se llevó a cabo con la ayuda de un microscopio estereoscópico y siguiendo una guía de identificación de *Anastrepha* spp. con base en las principales características morfológicas que diferencian a *Anastrepha striata* de las demás especies del mismo género (Figura 33). Para la identificación se parte de una hembra adulta (a) en la que se logra identificar el ala con las bandas C y S unidas ampliamente y las bandas S y V separadas (b), el ovipositor con constricción y una punta ancha, sin dientecillos (c), dos franjas negras a los lados del tórax formando una “U” (d) la cual es la característica más fácilmente observable a simple vista y una coloración negra en el subescutelo y medioterguito (e).

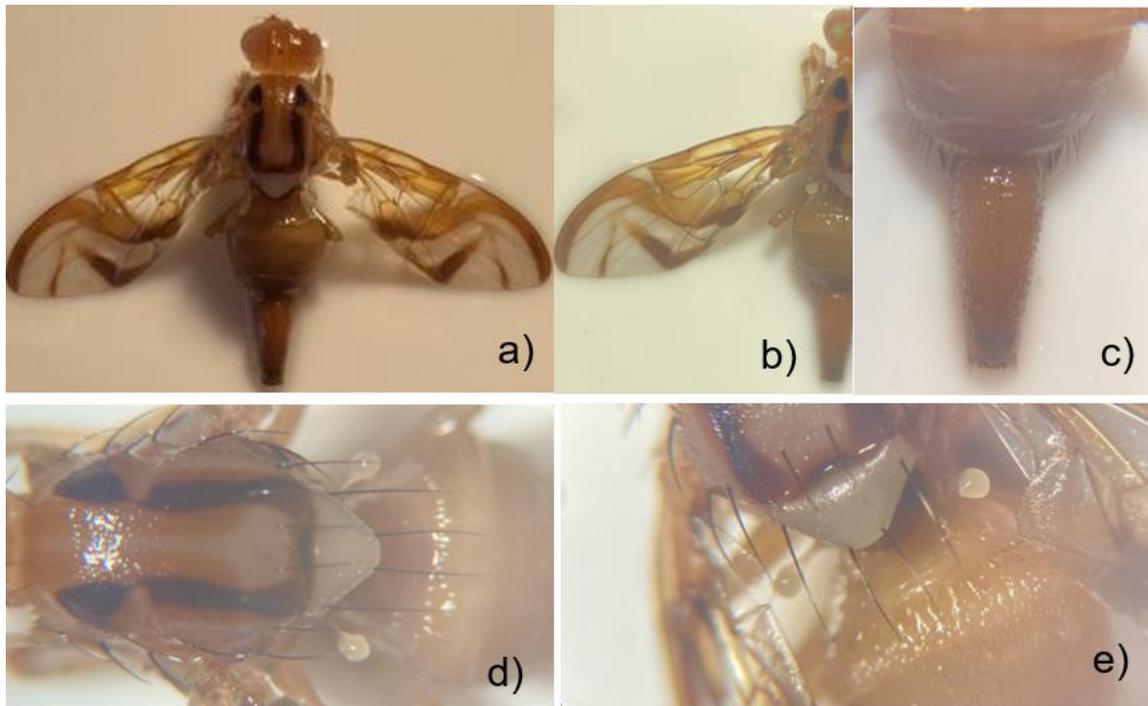


Figura 33. Características para la identificación de *Anastrepha striata*; a) hembra adulta, b) ala, c) ovipositor, d) tórax y e) manchas del subescutelo.

6.3.2.3 Identificación de hongos entomopatógenos con el uso de larvas de *Tenebrio molitor*

Al aislar el micelio encontrado en los tenebrios infectados, se encontró que las cepas obtenidas corresponden a los hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana* y *Metarhizium* spp. según sus características macroscópicas (Figura 34). Se aislaron cinco cepas de *Beauveria bassiana* (izquierda) y siete cepas de *Metarhizium* spp. (derecha).

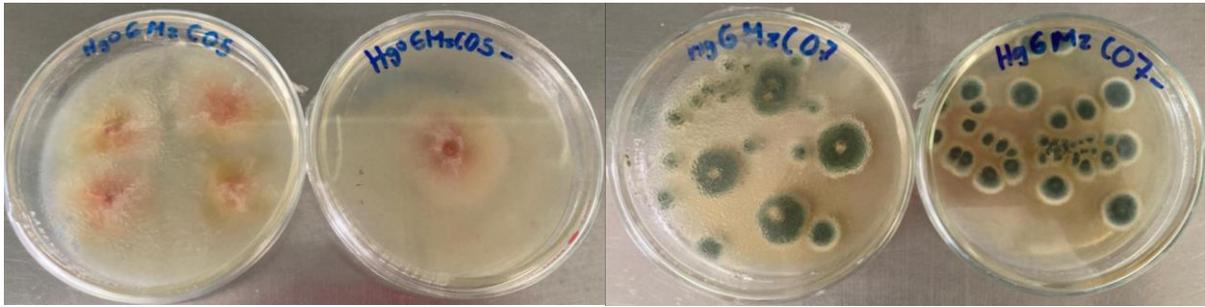


Figura 34. Cepas aisladas de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium* spp. de Hidalgo.

Al igual que *Beauveria bassiana*, *Metarhizium* spp. presenta una alternativa de manejo para la mosca de la fruta de tipo biológico por conservación, ya que se encuentra presente de forma natural en el sitio de estudio y se conoce que este hongo causa un daño importante a la mosca, ejerciendo un control sobre ella [74].

6.3.2.4 Nematodos obtenidos por el método del embudo de Baermann

De las muestras de suelo procesadas para el aislamiento de nematodos, se obtuvieron individuos de cuatro Ordenes diferentes, Dorylaimida siendo el más abundante en cuanto a número de morfoespecies y nematodos encontrados, seguido de Tylenchida, Rhabditida y Mononchida en ese orden (Cuadro 9).

Cuadro 9. Diversidad de nematodos en la huerta “El Suspiro”.

Orden	No. de morfoespecies	Nematodos encontrados
Dorylaimida	9	40
Tylenchida	3	14
Rhabditida	2	11
Mononchida	1	6

6.3.2.5 Identificación de insectos presentes en hojarasca por el método de Berlese

Se identificaron 36 morfoespecies de artrópodos pertenecientes a los órdenes Araneae, Blattodea, Coleoptera, Diptera, Hemiptera, Hymenoptera, Lepidoptera, Neuroptera y Orthoptera (Cuadro 10).

Cuadro 10. Artrópodos no blanco en muestras de hojarasca de Tlanchinol.

Orden	Insectos capturados
Diptera	4438
Coleoptera	292
Hymenoptera	218
Blattodea	106
Hemiptera	29
Neuroptera	20
Lepidoptera	10
Orthoptera	4
Araneae	1

6.4 Análisis de biodiversidad de artrópodos no blanco

Debido a la gran variedad de individuos presentes en la naturaleza, se han desarrollado métricas de biodiversidad que ayudan a identificar que tanta riqueza hay en un sitio determinado según la abundancia de las especies encontradas y con ello definir su diversidad biológica. Algunas de estas métricas se utilizaron para comparar la biodiversidad entre los tres sitios de estudios en los que se establecieron los experimentos, encontrando de manera general que la huerta “El Colorín”, en Calvillo, Aguascalientes, es la que presentó una mayor biodiversidad de los tres sitios (Cuadro 12). En cuanto a la Riqueza de especies, en “El Colorín” se identificaron 78

morfoespecies diferentes, seguido de “El Suspiro” con 66 y “El Barbiquejo” con 54. Los resultados del Índice de Simpson indican la probabilidad de que dos individuos de la comunidad pertenezcan a la misma especie, por lo que en este caso nos indica que “El Colorín” tiene una diversidad proporcional mayor a los otros dos sitios. El Índice de Shannon-Wiener se interpreta como la cantidad de información contenida en una unidad de la naturaleza, por lo que un valor más alto de este índice representa más información y por lo tanto mayor diversidad, en los datos obtenidos el valor más alto fue en la huerta “El Colorín”.

Otro componente de la biodiversidad es la equidad, que se entiende como qué tan homogéneas están distribuidas las abundancias de las especies dentro de una comunidad, por lo que en el Cuadro 11 se observa que “El Colorín” es el sitio más equitativo en las capturas de las morfoespecies, y “El Barbiquejo” el menos equitativo.

Cuadro 11. Métricas de biodiversidad de los sitios de estudio.

Concepto	“El Suspiro”	“El Colorín”	“El Barbiquejo”
Riqueza	66*	78*	54*
Índice de Simpson (1-D)	0.876	0.930	0.889
Índice de Shannon-Wiener (H')	2.698	3.367	2.176
Equidad de especies (JH')	0.644	0.772	0.545
Dominancia de especies	Morfoespecie 17 28.2 %	Morfoespecie 40 12.3 %	Morfoespecie 16 21.2 %

* morfoespecies detectadas

La dominancia, al contrario de la equidad, nos indica qué tan desiguales son las abundancias de las diferentes especies dentro de una comunidad. En este caso, en “El Suspiro” la morfoespecie 17 correspondiente a la mosca *Zaprionus* sp. (Diptera: Drosophilidae) (Figura 35a) equivale al 28.2 % de las morfoespecies totales del sitio; en “El Colorín”, la mosca *Trupanea* spp. (Diptera: Tephritidae) (Figura 35b) clasificada como la morfoespecie 40 representa el 12.3 % de todos los individuos de esa huerta; por último, en “El Barbiquejo”, la morfoespecie más dominante fue otra mosca, *Phortica variegata* (Diptera: Drosophilidae) (Figura 35c) con el 21.2 % de abundancia en la muestra, identificada como la morfoespecie 16.

Con estos datos junto con los totales de captura de artrópodos no blanco en las trampas establecidas, se deduce que el Orden Diptera fue el más abundante en los muestreos de la presente investigación.



Figura 35. Especies dominantes de artrópodos no blanco en las huertas; a) *Zaprionus* sp., b) *Trupanea* sp. y c) *Phortica variegata*.

6.5 Propuesta de programa de manejo agroecológico de moscas de la fruta

En base a los resultados obtenidos en la presente investigación, se realiza la siguiente propuesta de un programa de manejo de moscas de la fruta (Cuadro 12) basándose en el manejo recomendado por la Campaña Nacional contra Moscas de la

Fruta, con un enfoque agroecológico aumentando el uso de trampas artesanales, atrayentes naturales y empleando enemigos naturales para un manejo integral de la mosca de la fruta con recursos locales al alcance del productor, con menor costo y reduciendo el impacto ambiental, utilizando el “trampeo masivo” como principal herramienta para el manejo de la mosca, ya que se ha demostrado que este método reduce las densidades de moscas de la fruta y es menos costoso que el uso de cebos tóxicos [75].

Cuadro 12. Propuesta de programa de manejo agroecológico de moscas de la fruta.

Lineamiento	Especificaciones de la NOM-023-FITO-1995	Alternativa propuesta
Tipo de trampa	Se deberá usar la trampa tipo McPhail de vidrio que permita colocar un mínimo de 300 mL de agua, con tapón de corcho o caucho	Trampa artesanal compuesta por una botella de plástico con capacidad de 600 a 1000 mL, con 3-4 orificios de 7.0-9.0 mm en el tercio superior, con un alambre sujetado a la tapa
Atrayente/cebo selectivo	Cada trampa se deberá cebar de la siguiente manera: 10 mL de proteína hidrolizada, 5 g de bórax y 235 mL de agua; o bien, cuando se use proteína hidrolizada sólida se debe colocar el número de pastillas necesarias para completar de 10 a 12.5 g de proteína	Como atrayente natural utilizar 300 mL de fermentado de cáscara de piña por trampa, como atrayente comercial usar 3 pastillas de levadura torula en 300 mL de agua por trampa
Época de establecimiento	Floración-cosecha	Durante todo el ciclo del cultivo, disminuyendo la densidad de trampas en la etapa no productiva
Densidad trampas/ha	1/1	25/ha
Periodo de revisión	Semanal	Semanal/Quincenal

Muestreo de frutos	Se debe iniciar una vez que en los huertos y áreas marginales se dispongan de frutos susceptibles de ser atacados por la plaga, colectando alrededor del sitio de captura de la plaga, por lo menos de una a cinco muestras de un kilogramo de fruta	Seguir las recomendaciones de la Norma, además capturar las larvas encontradas en los frutos y colocarlas en cápsulas de gel para identificar la emergencia de parasitoides nativos en caso de haber en el sitio
Combate cultural y mecánico	Recolectar y enterrar la fruta caída, realizar rastreos, podas y utilizar cultivos trampa	Seguir las recomendaciones de la Norma en cada ciclo de cultivo
Combate químico	Cuando se detecte la presencia de una mosca, aplicar de manera terrestre o aérea el cebo selectivo compuesto por la mezcla del insecticida, proteína hidrolizada y agua	Utilizar el combate químico como último recurso, solo cuando hayan sido utilizadas las demás alternativas de control y aun exista una alta presencia de la plaga que supere el umbral de daño
Liberación de moscas estériles y parasitoides	Las liberaciones de moscas estériles se iniciarán cuando el valor del MTD sea igual o menos a 0.0100 a nivel regional, las liberaciones de parasitoides se deben realizar en las regiones que presenten niveles altos de infestación de la plaga	Seguir las recomendaciones de la Norma, además, identificar la presencia de parasitoides nativos y promover su desarrollo, así como la inoculación y/o aspersiones de hongos entomopatógenos como <i>Beauveria bassiana</i> y <i>Metarhizium</i> spp. en el sitio
Índice MTD	El índice MTD determinará la categoría fitosanitaria del huerto durante la temporada de producción	Con base en los resultados del MTD, tomar decisiones sobre la época y densidad de trampeo y las implementaciones de las demás medidas de manejo agroecológico

VII. CONCLUSIONES

1. En el experimento de trampas y atrayentes en Calvillo, la trampa artesanal 1 agujerada con levadura torula presentó una eficiencia de captura de mosca de la fruta del 57 %, siguió en efectividad la trampa comercial Multilure y levadura torula, con un 28.5 %.
2. En el caso de Hidalgo, la trampa comercial Multilure y levadura torula fue la que mayor mosca de la fruta capturó, con el 38.5 % del total, seguido de la trampa artesanal 1 agujerada con levadura torula con un 27 % de captura.
3. La trampa artesanal agujerada representa una alternativa más económica a la trampa comercial y con una alta eficiencia de captura.
4. En todos los casos el atrayente torula presentó mayor atracción de mosca de la fruta, tanto con la trampa comercial como con la artesanal 1 agujerada.
5. En Calvillo, Aguascalientes hay presencia de las especies *Anastrepha striata* y *A. ludens* asociadas al cultivo de guayabo.
6. En Tlanchinol, Hidalgo hay presencia de *Anastrepha striata*, *A. fraterculus*, *A. obliqua* y *A. ludens*, esto posiblemente debido a que en el sitio de estudio no había un manejo químico para el control de la mosca y colinda con huertos de mango, zapote y ciruela amarilla que son hospederos de las últimas dos especies de moscas.
7. En los tres sitios de estudio hay presencia de fauna benéfica asociada al cultivo de guayaba como insectos polinizadores (Hymenoptera: Apidae), depredadores (Hymenoptera: Formicidae) y parasitoides (Hymenoptera: Braconidae), así como

hongos entomopatógenos como *Beauveria bassiana* y *Metarhizium* spp. y nematodos depredadores del orden Rhabditida y Mononchida.

VIII. LITERATURA CITADA

1. SADER, Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural (2022). Garantiza Agricultura producción y abasto de guayaba para esta temporada decembrina. <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/garantiza-agricultura-produccion-y-abasto-de-guayaba-para-esta-temporada-decembrina> (último acceso: 12 de julio de 2023).
2. SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2019). El poder de la guayaba. <https://www.gob.mx/siap/articulos/el-poder-de-la-guayaba> (último acceso: Diciembre de 2021).
3. SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2022). Avance de siembras y cosechas. https://nube.siap.gob.mx/avance_agricola/ (último acceso: Marzo de 2022).
4. De Luna-Jiménez, A. (2013). Estudio de la guayaba. Aguascalientes, México. Universidad Autónoma de Aguascalientes. 155 p.
5. López-Muñoz, L., J. A. López-Buenfil, E. A. Hernández, G. Santiago-Martínez, J. M. Gutiérrez-Ruelas y R. A. Hernández-Livera (2010). Guía de campo para el reconocimiento de moscas de la fruta del género *Anastrepha*. SAGARPA: México. 30 p.
http://sinavef.senasica.gob.mx/Eventos/Content/Multimedia/02_04-Guia%20reconocimiento%20genero%20Anastrepha.pdf
6. CESAVEM (2015). Manejo integrado de mosca de la fruta. Guía del Productor. Campaña Nacional Contra Moscas de la Fruta. SAGARPA: México. 30p. <https://cesavem.mx/img/MoscasdeLaFruta/moscasdeLaFruta.pdf>
7. Flores, H. S., E. Hernández y J. Toledo (2012). Desarrollo de un Sistema de Cría Artificial para *Anastrepha fraterculus* (Wied.) (Diptera: Tephritidae). Acta Zoológica Mexicana, 28: 321-340. ISSN 2448-8445.
8. CIPF. Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (2016). Protocolos de diagnóstico para las plagas reglamentadas. PD 9: Género *Anastrepha* Schiner. NIMF 27. ANEXO 9. FAO. <https://www.fao.org/3/mo646s/mo646s.pdf>
9. García-Alcantar, S. (2019). Familias del orden Hemiptera (Insecta: Arthropoda) presentes en cultivo de guayaba en Benito Juárez, Michoacán. Entomología Mexicana, 6: 242-247.
10. Valera-Montero, L., S. Enríquez-Nava, J.S. Padilla-Ramírez H. Silos-Espino, C. Perales-Segovia, y S. Flores-Benítez (2018). Propiedades fisicoquímicas de guayabilla (*Psidium guineense*), arrayán (*Psidium sartorianum*) y guayaba

- (*Psidium guajava*). Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 9: 1099-1108. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i6.1576>
11. Angulo-López, J. E., A. C. Flores-Gallegos, C. Torres-León, K. N. Ramírez-Guzmán, G. A. Martínez y C. N. Aguilar (2021). Guava (*Psidium guajava* L.) Fruit and Valorization of Industrialization By-Products. Processes, 9: 1075. <https://doi.org/10.3390/pr9061075>
 12. Ramos-Sandoval, I. N., J. A. García-Salazar, M. Borja-Bravo, L. G. Guajardo-Hernández, S. X. Almeraya-Quintero, y O. A. Arana-Coronado (2017). El mercado de la guayaba en Aguascalientes: un análisis para reducir la volatilidad de los precios. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 8: 3755-3767. <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i18.219>
 13. Páez-Zavala, J. G. (2019). Análisis de producción de guayaba en Calvillo, Aguascalientes. Universidad Autónoma del Estado de México. Tesis de maestría. <http://hdl.handle.net/20.500.11799/99159>
 14. SNIIM. Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados (2021). Resumen SNIIM de la Guayaba. <http://www.economia-sniim.gob.mx/analisis/SNIIMproducto.asp?prodC=9037> (último acceso: Diciembre de 2021).
 15. Raju, S. V. S. y K. R. Sharma (2019). Recent Trends in Insect Pest Management. Vol. 1. AkiNik Publications: New Delhi. 180 p. <https://doi.org/10.22271/ed.book.1748>
 16. Lan, C., H. Ruan, X. Yang, D. Yu y J. Jiang (2019). Specific and sensitive detection of the guava fruit anthracnose pathogen (*Colletotrichum gloeosporioides*) by loop-mediated isothermal amplification (LAMP) assay. Canadian Journal of Microbiology, 66: 17-24. doi: 10.1139/cjm-2019-0099.
 17. Goldarazena, A. (2015). Orden Thysanoptera. Revista IDE@-SEA, 52: 1-20. ISSN 2386-7183
 18. Velázquez-González, M. C. (2019). Intervalo de seguridad de Cipermetrina en guayaba *Psidium guajava* L. en Michoacán, México. Colegio de Postgraduados. Tesis de maestría. http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/10521/3476/1/Velazquez_Gonzalez_MC_MC_F_Entomologia_Acarologia_2019.pdf
 19. Delgado-Ortíz, J. C. (2021). Actividad de extractos de plantas y hongos entomopatógenos para el control del picudo de la guayaba (*Conotrachelus dimidiatus* Champion) Coleóptera: Curculionidae. Biotecnia 23: 70-76. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v23i1.1335>

20. Hernández-Fuentes, L. M., E. Montalvo-González, Y. Nolasco-González, P. Gutiérrez-Martínez, H. González-Hernández, y J. J. Velázquez Monreal (2019). Araña roja en yaca: bioecología y eficacia biológica de acaricidas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 10: 1393-1403. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i6.1825>
21. Simbaqueba, R., F. Serna, y F. J. Posada-Flórez (2014). Curaduría, morfología e identificación de áfidos (Hemiptera: Aphididae) del Museo Entomológico UNAB. Primera aproximación. *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat.* 18: 222-246. ISSN 0123-3068
22. CIPF. Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (2019). Enfoque de sistemas para el manejo del riesgo de plagas de moscas de la fruta (Tephritidae). NIMF 35. FAO. 26 p. <https://www.fao.org/documents/card/es/c/f97dae9a-42ad-5cb5-b1f0-8121c01f175c>
23. Aristizábal-Castillo, N., y C. Torres-González (2015). Morphological and Molecular Characterization of *Phytophthora* in Pepper (*Capsicum frutescens* var. Tabasco), Valle del Cauca. *Revista de Ciencias*, 19: 71-89. ISSN 0121-1935
24. González-Gaona, E., H. Silos-Espino, C. Perales-Segovia, J. S. Padilla-Ramírez, I. G. López-Muraira, y E. Acosta-Díaz (2020). Control del clavo de la guayaba con extractos de plantas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11: 365-376. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i2.2071>
25. Cruz-B, M. I., T. Bacca y N. A. Canal (2017). Diversidad de las moscas de las frutas (Diptera: Tephritidae) y sus parasitoides en siete municipios del departamento de Nariño. *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 21: 81-98. <https://doi.org/10.17151/bccm.2017.21.2.6>
26. Martínez-Alava, J. O., F. Serna, G. Steck, A. Norrbom, y M. R. Moore (2020). Descripción de una nueva especie de *Anastrepha* grupo curvicauda (Diptera: Tephritidae). *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 23: 1451. <https://doi.org/10.31910/rudca.v23.n2.2020.1451>
27. Valdés-Perezgasga, M. T., F. García-Espinoza, C. Salazar-Flores, J. López-Hernández, S. Hernández-Rodríguez, y V. Hernández-Hernández (2019). *Delia* spp. (Diptera: Anthomyiidae) en crucíferas en Lerdo, Durango. *Entomología Mexicana*, 6: 217-221. ISSN: 2448-475
28. CIPF. Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (2017). PD 9: Género *Anastrepha* Schiner. https://assets.ippc.int/static/media/files/publication/es/2017/04/DP_09__2015_Es_2017-04-25_LRGreviewed.pdf (último acceso: Abril de 2022).

29. SENASA. Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (2015). Mosca de los frutos. <http://www.senasa.gov.ar/cadena-vegetal/frutales/produccion-primaria/programas-fitosanitarios/mosca-de-los-frutos-0> (último acceso: Diciembre de 2021).
30. Grupo Técnico del Programa Nacional de Moscas de la Fruta (2018). Guía de identificación de moscas de la fruta. SENASICA-SAGARPA: México. 35 p. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/339484/GU_A_DE_IDENTIFICACION_DE_MOSCAS_DE_LA_FRUTA.pdf
31. Pérez-Staples, D. (2020). Area-Wide Management of Fruit Fly Pests. CRC Press: Florida. 440 p. <https://doi.org/10.1201/9780429355738>
32. SENASICA (2010). Guía de reconocimiento del género *Anastrepha*. SAGARPA: México. 17 p.
33. Dos Santos, J. P., L. R. Redaelli, J. Santana, y E. Rodríguez Hickel (2015). Preferencia de *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) en variedades comerciales de manzanas verdes (Santa Catarina, Brasil). Revista Colombiana de Entomología 41: 270-274. ISSN 0120-0488
34. SADER, Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (2021). Manejo Agroecológico de Plagas: equilibrio, sustentabilidad y salud humana. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/manejo-agroecologico-de-plagas-equilibrio-sustentabilidad-y-salud-humana> (último acceso: 31 de mayo de 2022).
35. Rodríguez, S. E. (2017). Diversidad y fluctuación poblacional de moscas de la fruta (Diptera: Tephritidae) en Guerrero, México. Colegio de Postgraduados. Tesis de maestría. <http://colposdigital.colpos.mx:8080/xmlui/handle/10521/4078>
36. Matínez-Ferrer, M. T. (2015). La cubierta vegetal en huertos de cítricos. Phytoma, 267: 30-31. https://www.phytoma.com/images/pdf/267_marzo_2015_Smart_Fruit_cubierta_vegetal_citricos.pdf
37. Hernández-Ochandia, D., M. G. Rodríguez-Hernández, I. Miranda-Cabrera, y R. Holgado (2016). Métodos para la extracción de nematodos presentes en suelos del agrupamiento Ferralítico en Cuba. Revista de Protección Vegetal, 31: 228-232. ISSN 2224-4697
38. Rosas-Hernández, L. (2014). Métodos de extracción de nematodos fitopatógenos. Revista Mexicana de Fitopatología 32: 32-33. https://rmf.smf.org.mx/suplemento/docs/Volumen322014/Taller/TALLER_NEMATODOS_ROSASHERNANDEZ.pdf

39. Zuria, I., A. M. Olvera-Ramírez y P. Ramírez-Bastida (2019). Manual de técnicas para el estudio de fauna nativa en ambientes urbanos. Universidad Autónoma de Querétaro: México. 218 p. <https://fcn.uaq.mx/docs/pdfs/Manual-Tecnicas-para-el-Estudio-de-Fauna-Nativa-2019.pdf>
40. Alcantara-Vargas, E., J. Espitia-López, P. M. Angel-Cuapio y A. Garza-López (2020). Producción y calidad de conidios de cepas de entomopatógenos del género *Metarhizium anisopliae*, aislados en zonas agrícolas del Estado de México. Revista Mexicana de Biodiversidad, 91. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2020.91.2912>
41. Pérez-Quintero, C. L. (2021). Plan de negocio para producción y comercialización de invertebrados (tenebrios) como suplemento alimenticio en la cría de peces. Universidad EAN. Tesis de maestría. <http://hdl.handle.net/10882/10918>
42. González, E., R. Cásares, A. Castillo, H. Meneses, R. Hernández, y D. Medina (2014). Estrategia para confrontar la mosca de la guayaba (Diptera: Tephritidae) en huertos frutícolas. Universidad Central de Venezuela. 3. 18 p. [https://www.agro-tecnologia-tropical.com/Confrontando%20la%20mosca%20de%20la%20GUAYABA%20\(ultima%20revisi%C3%B3n%20\).pdf](https://www.agro-tecnologia-tropical.com/Confrontando%20la%20mosca%20de%20la%20GUAYABA%20(ultima%20revisi%C3%B3n%20).pdf)
43. Montoya, P., y J. Cancino (2004). Control biológico por aumento en moscas de la fruta (Diptera: Tephritidae). Folia Entomología Mexicana, 43: 257-270. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=42443302>
44. Ríos-Casanova, L. (2011). ¿Qué son los parasitoides?. Ciencia, 3: 20-26. https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/62_2/PDF/05_QueSonParasitoides.pdf
45. Delfín-González, H., y D. Burgos-Ruíz (2000). Los braconidos (Hymenoptera: Braconidae) como grupo parametro de biodiversidad en las selvas deciduas del tropico: una discusion acerca de su posible uso. Acta Zoológica Mexicana, 79: 43-56. ISSN 2448-8445
46. Heve, W., F. E. El-Borai, E. G. Johnson, D. Carrillo, W. T. Crow, y L. W. Duncan (2018). Responses of *Anastrepha suspensa*, *Diachasmimorpha longicaudata*, and Sensitivity of Guava Production to *Heterorhabditis bacteriophora* in Fruit Fly Integrated Pest Management. The Journal of Nematology 50: 261-272. doi: 10.21307/jofnem-2018-039
47. SENASICA, Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (2020). Moscas nativas de la fruta. <https://www.gob.mx/senasica/documentos/moscas-nativas-de-la-fruta-110869> (último acceso: Noviembre de 2021).

48. Montoya-Alvarez, G., J. I. Figueroa-De la Rosa, L. Hernández-Adame, J. M. Chavarrieta-Yañez, I. R. Méndez-Gutierrez y A. M. Martínez-Castillo (2014). Especies de mosca de la fruta del género *Anastrepha* Schiner capturadas en una zona marginal del estado de Michoacán. *Entomología Mexicana*, 1: 273-277.
http://dtisartec.senasica.gob.mx:8080/biblioteca/libros/articulos/Gabriela%20Montoya%20A._et_al_2014_3.pdf
49. Murillo-Cuevas, F. D. (2016). Competencia interespecífica asociada al control biológico por aumento de moscas del género *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae). El Colegio de la Frontera Sur. Tesis doctoral.
<http://ecosur.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1017/1818>
50. Tena, A., M. Pérez-Hedo, J. Catalán, M. Juan-Blasco, y A. Urbaneja (2015). Fitófagos plaga asociados al cultivo del caqui. Valencia: Generalitat Valenciana. 209-241. <http://hdl.handle.net/20.500.11939/4027>
51. Gómez-Ruiz, C., y D. Cardoso-Jiménez (2015). Efecto de atrayentes para prevención de mosca de la fruta en guayaba en Temascaltepec, México. *Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias*, 4: 8-21. ISSN 2007-9990
52. Ganchozo-Mendoza, E. J. (2015). Eficacia de diferentes atrayentes alimenticios para la captura de moscas de la fruta (Diptera: Tephritidae) en el cultivo de naranja (*Citrus sinensis* L.) en la zona de Quinsaloma. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Tesis de maestría.
<http://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/1269>
53. INTA. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (2020). Trampas de caída para manejo de moscas de la fruta en árboles frutales. <https://inta.gob.ar/documentos/trampas-de-caida-para-manejo-de-moscas-de-la-fruta-en-arboles-frutales> (último acceso: Noviembre de 2021).
54. Zepeda-Jazo, I. (2018). Manejo sustentable de plagas agrícolas en México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 15: 99-108. ISSN 1870-5472
55. SENASICA. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (2020). Programa operativo Moscafrut. Informe técnico al cuarto trimestre. <https://www.gob.mx/senasica/documentos/informes-del-programa-operativo-2020?state=published> (último acceso: Noviembre de 2021).
56. SENASICA. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (2021). Estatus fitosanitarios de los estados con base en los índices poblacionales de las plagas. <https://datos.gob.mx/busca/dataset/campana-nacional-contra-moscas-de-la-fruta>. (último acceso: Noviembre de 2021).

57. SENASICA. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (2020). Mosca del Mediterráneo. <https://www.gob.mx/senasica/documentos/mosca-del-mediterraneo-110879> (último acceso: Abril de 2022).
58. Google Earth (2023). Latitud y longitud. <https://earth.google.com/web/>. (último acceso: Octubre 2022)
59. CIPF. Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (2019). Establecimiento de áreas libres de plagas para moscas de la fruta (Tephritidae). NIMF 26. FAO. 63 p. https://www.ippc.int/static/media/files/publication/es/2019/03/ISPM_26_2015_Es_Post-CPM-13_InkAmd_2019-03-10.pdf
60. Cruz-Vargas, E., J. S. Padilla-Ramírez y J. Hernández-Cumplido (2022). Retos y proyecciones del cultivo de guayabo (*Psidium guajava*) en la región de “Calvillo-Cañones”, México. *Agro-Divulgación* 2: 73-76. <https://agrodivulgacion-colpos.org/index.php/1agrodivulgacion1/article/view/55>
61. IICA, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (2013). Los Programas de Moscas de la Fruta en México. Su historia reciente. SAGARPA: México. 96 p. <https://repositorio.iica.int/handle/11324/20317>
62. Venegas-Carrillo, R., J. F. Ramírez-Dávila y R. Rivera-Martínez (2021). Distribución espacial de mosca mexicana de la fruta (*Anastrepha* spp.) (Diptera: Tephritidae) en Michoacán, México. *Revista Colombiana de Entomología* 47: 8. <https://doi.org/10.25100/socolen.v47i1.7715>
63. SENASICA. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (2017). Ficha Técnica Mosca mexicana de la fruta *Anastrepha ludens* (Loew).» https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/249395/Anastrepha_ludens_Loew.pdf (último acceso: 13 de julio de 2023).
64. Chávez-López, O. (2023). Identificación y trapeo de tefrítidos (Diptera: Tephritidae) en la región de la Sierra Juárez, Oaxaca, México. Colegio de Postgraduados. Tesis de maestría. http://colposdigital.colpos.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/10521/5089/Chavez_Lopez_O_MC_F_Entomologia_Acarologia_2023.pdf?sequence=1&isAllowed=y
65. Dirección General de Sanidad Vegetal (1995). Norma Oficial Mexicana NOM-023-FITO-1995, Por la que se establece la Campaña Nacional contra las Moscas de la Fruta. Diario Oficial de la Federación. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4880782&fecha=06/09/1995#gsc.tab=0 (último acceso: 13 de julio de 2023).

66. CONAGUA. Comisión Nacional del Agua (2010). Información Estadística Climatológica. <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/informacion-estadistica-climatologica> (último acceso: 13 de julio de 2023).
67. Arcila-Cardona, A. M., J. C. Gómez-Correa, C. E. Brochero-Bustamante, C. A. Abaunza-González, E. Herney y V. Devia (2022). Relación entre variables bioclimáticas y prácticas de manejo con capturas de *Anastrepha obliqua* (Macquart) (Diptera: Tephritidae). *Revista de Protección Vegetal*, 37. <https://www.researchgate.net/publication/366920561>
68. Juárez, Y. J., J. C. Morán-Centeno, y G. Varela-Ochoa (2021). Valoración de atrayentes en la captura de moscas de la fruta en el cultivo de Guayaba taiwanesa (*Psidium guajava* L.), León, Nicaragua. *La Calera Revista Científica* 21: 106-110. DOI: <https://doi.org/10.5377/calera.v21.i37.12842>
69. Gómez-Ruíz, C., y D. Cardoso-Jiménez (2015). Efecto de atrayentes para prevención de mosca de la fruta en guayaba en Temascaltepec, México. *Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias*, 4. ISSN 2007-9990
70. Ríos, E., J. Toledo y D. Mota-Sanchez (2005). Evaluación de atrayentes alimenticios para captura de mosca mexicana de la fruta (Diptera: Tephritidae) en el Soconusco, Chiapas, México. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*, 76: 41-49. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/6256>
71. Villalobos-Moreno, A., J. E. Luque-Z y J. Villamizar-Cobos (2020). Atrayentes alimenticios en trampas McPhail para captura de mosca de la piña (Diptera: Richardiidae). *Agronomía Mesoamericana* 31: 609-617. doi:10.15517/am.v31i3.39515
72. Toledo, J., S. E. Campos, S. Flores, P. Liedo, J. F. Barrera, A. Villaseñor y P. Montoya (2014). Horizontal Transmission of *Beauveria bassiana* in *Anastrepha ludens* (Diptera: Tephritidae) Under Laboratory and Field Cage Conditions. *Journal of Economic Entomology* 100: 291-297. <https://doi.org/10.1093/jee/100.2.291>
73. Sáenz-Aponte, A. (2019). Nematodos entomopatógenos y sus simbioses bacterianos asociados a suelos agrícolas. https://ipt.biodiversidad.co/cr-sib/resource.do?r=3329_2005_nematodos_entomopatógenos_bacterias_amnistia_2019 (último acceso: 24 de Noviembre de 2022).
74. Toledo-Hernández, R., J. Toledo y D. Sánchez (2018). Effect of *Metarhizium anisopliae* (Hymenozoa: Clavicipitaceae) on food consumption and mortality in the Mexican fruit fly, *Anastrepha ludens* (Diptera: Tephritidae). *International*

Journal of Tropical Insect Science 38: 254-260.
<https://doi.org/10.1017/S1742758418000073>

75. Flores, S., E. Gómez, S. Campos, F. Gálvez, J. Toledo, P. Liedo, R. Pereira y P. Montoya (2017). Evaluation of Mass Trapping and Bait Stations to Control *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae) Fruit Flies in Mango Orchards of Chiapas, Mexico. Florida Entomologist 100: 358-365.
<https://doi.org/10.1653/024.100.0235>