



**Benemérita Universidad Autónoma de Puebla**

**Instituto de Ciencias**

***Centro de Agroecología***

*Maestría en Manejos Sostenible de Agroecosistemas*

**Evaluación de atrayentes y estudio de parámetros poblacionales y biológicos de la mosca negra del higo (*Silba adipata McAlpine*) en Xochiapulco Puebla, México**

**TESIS**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE MAestrÍA EN CIENCIAS, EN  
MANEJO SOSTENIBLE DE AGROECOSISTEMAS**

**Presenta:**

IBT. Karina Santiago Tepoxtecatl

**Comité tutorial**

Director de tesis:

Dr. Arturo Huerta de la Peña

Codirector:

Dra. Betzabeth Cecilia Pérez Torres

Asesor:

Dr. Agustín Aragón García

Asesor Externo:

Dr. Miguel Aragón Sánchez



Junio 2025

## **Agradecimientos y dedicatorias**

**A la Secretaría** de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación, por financiar mis estudios de maestría.

Al Instituto de Ciencias de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla por permitirme estudiar la maestría en sus aulas.

Al Doctor Arturo Huerta de la Peña por guiarme a lo largo de este periodo académico y proporcionar un espacio para poder trabajar en su laboratorio.

Al productor de higo Ignacio Salazar, por permitirme estudiar en su huerto comercial.

A mis padres, Alejandro Santiago y Carina Tepoxtecatl quienes han estado conmigo en cada momento sea bueno o malo, esto no solamente es un logro mío, es de nuestra familia (Familia Santiago Tepoxtecatl). A mi papá que cada día de clases me acompañó en el camino, brindando sus consejos, yo sé que pareciera que eres muy duro, pero ahora entiendo que todo ha sido por mi bienestar, me has enseñado a valerme por mí misma y no dejar las cosas a medias. A mi mamá que ha llorado conmigo en cada crisis, en cada momento bueno o malo, quien me ha brindado su mano pese a los errores que he cometido, siempre estaré agradecida por cada cosa que me has enseñado o me has brindado, ustedes son mi red de apoyo principal, los adoro y estoy muy agradecida por el apoyo que ambos me han dado.

A mis hermanos Verónica Alejandra Santiago y Jorge Saul Santiago, quienes también me han acompañado y apoyado en todo, los tres hemos reído, nos hemos preocupado, hemos llorado juntos, pero también hemos estado presentes en todos nuestros malos y buenos momentos, gracias por estar conmigo y apoyarme, por animarme por hablar conmigo, los amo mucho, para mí ustedes siempre serán mis hermanitos pequeños, aunque cumplan 30, 50 o más, siempre los voy a amar y tratar de proteger.

A mi curita Aurora, eres la razón por la cual sigo aquí y estoy aferrada a seguir viviendo, me has dado razones para ver que la vida es bella únicamente con sonreír, te amo mi niña hermosa gracias por llegar a mi vida, gracias Gato por darme el mejor regalo del mundo, el ser la tía de esa bella niña llamada Aurora, mi dulce Aurora.

A mi pareja Mario Mauricio, te amo mucho. Gracias por estar conmigo en este proceso, estoy agradecida de que estés conmigo y también me hayas acompañado en esto, me has ayudado de una manera que no te imaginas, me has enseñado muchas cosas como persona, y aun sigues enseñándome, gracias por motivarme cuando he estado tirada, gracias por incluirme en tus planes y formar parte de los míos. Te todo lo bonito.

A mis mejores amigos Carmen, Emma y Bob, quienes me han acompañado desde hace 10 años, ayudándome en todo lo que pasa, gracias por aparecer en mi vida y no irse, puede que nos veamos una vez cada mil años, pero nunca nadie podrá quitarlos del lugar que tienen en mi corazón, son mi familia, mis hermanos, muchas gracias por siempre preguntar ¿Como va

la tesis? ¿Cuándo es tu examen? ¿Como estas?, estoy muy agradecida con la vida de tenerlos a mi lado.

Al doctor Arturo, quien ha creído en mí desde que llegue a su laboratorio, es usted mi mayor inspiración en la ciencia, gracias por creer en mí y quiero pedir perdón si le he generado problemas, espero poder seguir trabajando para usted y con usted, todo lo que sé y lo que tengo se lo debo a usted, también quiero dedicarle esto a la señora Norma, quien me ha apoyado en un ámbito espiritual, siempre sabe que decirme, es como si supiera de mi situación y Dios le aconsejará qué decirme, muchísimas gracias por ese acercamiento a Dios que me ha proporcionado a si como toda su familia.

A todos los mencionados, quiero agradecerles de todo corazón, son parte fundamental en mi vida, gracias por estar conmigo, en esta y otras vidas o dimensiones los elegiría para estar conmigo.

Y finalmente y sin olvidar, a mi Karina Santiago, has mejorado y has sacrificado muchísimas cosas para estar aquí, le diste prioridad a tu salud tanto mental como física, ahora que estamos bien no queda de otra más que seguir, has cometido errores y no está mal, has caído, llorado, hemos pasado muchas cosas, pero aquí seguimos y seguiremos.

# ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN .....	10
II.	ANTECEDENTES .....	12
2.1.	La higuera <i>Ficus carica</i> .....	12
2.2.	Morfología de <i>Ficus carica</i> .....	13
2.3.	Fenología de <i>Ficus carica</i> .....	13
2.4.	Plagas en higo.....	13
2.5.	Moscas de la fruta.....	14
2.6.	Manejo integrado de moscas de la fruta .....	15
2.7.	<i>Silba adipata</i> .....	¡Error! Marcador no definido.15
2.8.	Clasificación taxonómica de <i>Silba adipata</i> .....	15
2.9.	Descripción morfológica de <i>Silba adipata</i> .....	16
2.10.	Ciclo biológico de <i>Silba adipata</i> .....	16
2.11.	Importancia de <i>Silba adipata</i> en cultivos de higo .....	18
2.12.	Distribución de <i>Silba adipata</i> .....	18
III.	JUSTIFICACIÓN .....	20
IV.	OBJETIVOS.....	21
4.1.	Objetivo general .....	21
4.2.	Objetivos específicos.....	21
V.	HIPÓTESIS .....	22
VI.	MATERIALES Y MÉTODOS .....	23
6.1.	Zona de estudio .....	23
6.2.	Preparación de atrayentes.....	24
6.3.	Instalación de trampas y captura de adultos de <i>Silba adipata</i> . .....	25
6.4.	Cuantificación de adultos de <i>Silba adipata</i> capturados por atrayente. ....	26
6.5.	Análisis estadístico para la evaluación de atrayentes.....	27
6.6.	Corroboración de <i>Silba adipata</i> por genitalia. ....	28
6.7.	Parámetros poblacionales.....	29
6.7.1.	Fluctuación poblacional de <i>Silba adipata</i> .....	29
6.7.2.	Preparación de muestras de higo para cámara bioclimática .....	30
6.7.3.	Incidencia de larvas en frutos .....	31

6.8.	Observaciones sobre aspectos biológicos de <i>Silba adipata</i> en invernadero y laboratorio	32
6.8.1.	Establecimiento de árboles de higo en invernadero. ....	32
VII.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	37
7.1.	Evaluación de atrayentes.....	37
7.2.	Corroboración de presencia de <i>Silba adipata</i> .....	42
7.2.1.	Genitalia .....	46
7.3.	Parámetros poblacionales.....	50
7.3.1.	Fluctuación Poblacional .....	50
7.3.2.	Proporción sexual de <i>Silba adipata</i> .....	55
7.3.3.3.	Pupa .....	63
VIII.	CONCLUSIONES .....	67
IX.	LITERATURA CITADA .....	68

## Índice de figuras

Figura 1. Higo ( <i>Ficus carica</i> ) en estado de maduración (Garden Centre Koeman, 2023)...	12
Figura 2. Distribución europea de <i>Silba adipata</i> McAlpine, en 2022.....	19
Figura 3. Ubicación del Huerto comercial de higo (Higos Salazar a) Ubicación >en referencia al estado de Puebla, b) Vista aérea del huerto. ....	23
Figura 4. a) Trampa Multilure, instalada en el huerto de estudio, b) Rótulos de unidades experimentales, c) Higueras marcadas con cintas d) Atrayentes preparados e) Trampa Multilure con ejemplares capturados.....	25
Figura 5. Diagrama de ubicación de trampas tipo Multilure con los diferentes tratamientos en el huerto comercial Salazar en la localidad de Ixehuaco, Puebla. ....	26
Figura 6. Adultos de <i>Silba adipata</i> capturados por trampa cebada en el huerto comercial Salazar. ....	27
Figura 7. Materiales para el proceso de extracción y clarificación de genitalia <i>Silba adipata</i> . ....	29
Figura 8. Índices de prevalencia de la NOM-023-FITO-1995. ....	30
Figura 9. Higos colectados en campo individualizados en vasos desechables.....	30
Figura 10. Fruto de higo infestado por <i>Silba adipata</i> seleccionado aleatoriamente.....	31
Figura 11. Árboles de higo colocados en el invernadero del Colegio de Posgraduados para realizar las observaciones de aspectos biológicos de <i>Silba adipata</i> . ....	32
Figura 12. Fruto marcado una vez que fuera seleccionado por la hembra de <i>Silba adipata</i> para ovopositar. ....	33
Figura 13. Fruto de higo marcado colocado en recipiente para su estudio en laboratorio ....	34
Figura 14. Recipientes tipo pastillero para la conservación y cuantificación de larvas y pupas de <i>Silba adipata</i> . ....	35
Figura 15. Cajas de cría de <i>Silba adipata</i> en estado adulto. ....	36
Figura 16. Porcentajes de captura de adultos de <i>Silba adipata</i> con los seis atrayentes empleados en el periodo de muestreo.....	37
Figura 17. Gráfico de comportamiento de atrayentes para la captura de <i>Silba adipata</i> en los muestreos realizados en el Huerto comercial Salazar. ....	40
Figura 18. Hembra de <i>Silba adipata</i> .....	42
Figura 19. Ejemplar hembra de <i>Silba adipata</i> para identificación de características morfológicas. Aumento: 40 x. ....	44
Figura 20. Ejemplar de <i>Silba adipata</i> macho obtenido de los muestreos. Aumento 40x.....	45

Figura 21. Ejemplares de <i>Silba adipata</i> . Macho en la izquierda, hembra en la derecha. Aumento 40x. ....	46
Figura 22. Estructuras de genitalia con diferentes tinciones Aumento 10 x. ....	47
Figura 23. Vista dorsal de genitalia de un macho de <i>Silba adipata</i> . Aumento 10X. ....	48
Figura 24. Vista ventral de la genitalia masculina de <i>Silba adipata</i> Aumento: 40 X. ....	49
Figura 25. Comportamiento del índice MTD de <i>Silba adipata</i> en el periodo de muestreo 2023. ....	50
Figura 26. Adultos de <i>Silba adipata</i> contabilizados después de un muestreo.....	52
Figura 27. Porcentaje de infestación por <i>Silba adipata</i> en cada muestreo de frutos de higo. ....	53
Figura 28. a) Fruto con presencia de <i>Silba adipata</i> , b) Higo dañado por larvas c) Fenología de <i>Ficus carica</i> . ....	55
Figura 29. Gráfico de proporción sexual de <i>Silba adipata</i> en cada muestreo. ....	57
Figura 30. Hembra de <i>Silba adipata</i> en fruto de higo y huevos recién ovopositados. ....	59
Figura 31. a) Tamaño de huevo b) Racimos de 18 huevos recién ovopositados c) Grupos de 3 huevos de <i>Silba adipata</i> .....	60
Figura 32. Larva L1 de <i>Silba adipata</i> recién emergida. ....	61
Figura 33. Larva de <i>Silba adipata</i> en su instar 2. ....	62
Figura 34. . Higo infestado de larvas de <i>Silba adipata</i> en su mayoría L2.....	62
Figura 35. Larva L2 de <i>Silba adipata</i> encontrada en fruto al azar. ....	63
Figura 36. Hospederos de larvas L3 de <i>Silba adipata</i> a) fruto seco, b) galería en la pulpa con salida en la epidermis, c) Perforación generada por larva L3 , d) Galerías y oscurecimiento por <i>Silba adipata</i> . ....	63
Figura 37. Pupa de <i>Silba adipata</i> obtenida de frutos de muestreos.....	64
Figura 38. Pupa de <i>Silba adipata</i> en diferentes coloraciones, hasta llegar a la coloración final, inciso d.....	64
Figura 39. Adultos de <i>Silba adipata</i> emergidos en laboratorio, a) Ejemplar recién emergido sin coloración, b) Adulto completamente oscuro y con las alas extendidas, c) Pastillero de pupas con adultos emergentes y d) Adulto de <i>Silba adipata</i> alimentándose en laboratorio. ....	65

## Índice de tablas

Tabla 1. Preparación de atrayentes evaluados para la captura de adultos de <i>Silba adipata</i> en Xochiapulco, Puebla. ....	24
--	----

Tabla 2. Total, de organismos de <i>Silba adipata</i> contabilizados en el muestreo establecido. ....	38
Tabla 3. Datos de captura de hembras y machos de <i>Silba adipata</i> . ....	56
Tabla 4. Proporción sexual de <i>Silba adipata</i> en cada muestreo. ....	56

## I. INTRODUCCIÓN

El higo *Ficus carica* L., 1753 (Moraceae) es una especie frutal originaria de la región mediterránea y Asia sudoccidental, considerada entre las primeras plantas domesticadas por el ser humano (Kisley *et al.*, 2006). Actualmente, su producción se concentra principalmente en la cuenca del Mediterráneo, donde es valorado tanto por sus características organolépticas como por sus propiedades nutraceuticas (Gironés-Vilaplana *et al.*, 2020). Según datos recientes de la FAO (2023), Turquía lidera la producción mundial con 350,000 toneladas anuales, seguido por Egipto (187,873 toneladas) y Argelia (112,267 toneladas), mientras que México ocupa el décimo noveno lugar con 11,725 toneladas, posicionándose como el segundo productor en Latinoamérica después de Perú.

La higuera es un cultivo adaptable a diversas regiones y climas, aunque sus condiciones óptimas se encuentran en zonas templadas. Su desarrollo es relativamente sencillo, ya que requiere pocos nutrientes del suelo en comparación con otros cultivos (Pérez *et al.*, 2020). En los últimos años, México ha ganado acceso a nuevos mercados internacionales, incluyendo países como Canadá, Estados Unidos y algunos países europeos, esto ha generado un mayor interés en la expansión de la superficie del cultivo de higo en México" (García-Mateos *et al.*, 2021; SIAP, 2023).

El cultivo del higo enfrenta importantes desafíos fitosanitarios, plagas como: Barrenador del higo *Aephestes fasciculatus*, Dejean, 1835 (Coleoptera: Carabidae), esta plaga provoca daños en los frutos, reduciendo su valor comercial (García *et al.*, 2021). Larvas de *Lonchaea aristella* Beker, 1902 (Diptera: Lonchaeidae), perforan los frutos, favoreciendo infecciones secundarias por hongos (Martínez-Rodríguez, 2022). Ácaros *Tetranychus urticae* Koch, 1836 (Acari: Tetranychidae), provocan amarillamiento y caída prematura de hojas. Estrategias de manejo con depredadores naturales como *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot, 1957 (Acari: Phytoseiidae) han sido prometedoras (Pérez-López *et al.*, 2023).

Las moscas de la fruta representan un desafío significativo para diversos cultivos, incluyendo el higo, debido a su capacidad para dañar la fruta y obstaculizar el comercio de productos vegetales a nivel tanto nacional como internacional (Pablo, 1999). Una especie

particularmente relevante en los últimos años es el díptero *Silba adipata* McAlpine, 1956 (Diptera: Lonchaeidae), se reconoce como multivoltina, ya que pueden presentarse de 4 a 6 de sus generaciones al año. Lo anterior es evidencia de su amplia adaptabilidad y su potencial para convertirse en un problema fitosanitario en diferentes regiones del mundo (Rodríguez *et al.*, 2018<sup>1</sup>).

En México, el primer reporte de la presencia de *Silba adipata* se realizó en huertas de higo ubicadas en Ayala, Morelos (SENASICA, 2020). Posteriormente, se detectó su presencia en higueras de traspatio en el Estado de México (Bautista-Martínez *et al.*, 2021).

El Control Integrado de las Moscas de la Fruta consiste en acciones de monitoreo de la plaga empleando el trampeo y el muestreo de frutos, que indicarán el momento oportuno, así como los sitios para aplicar técnicas de control adecuadas, secuenciadas y mejor dirigidas en tiempo y espacio, para el control de la plaga (SENASICA, 2015).

## II. ANTECEDENTES

### 2.1. La higuera *Ficus carica*

El género *Ficus* es el nombre latino de la higuera que deriva del griego Sycon (συκον), y sicono es el nombre que se eligió en botánica para denominar a la infrutescencia carnosa que forma el higo (o Phag como se dice en hebreo) (Figura 1). El nombre de la especie carica hace mención una región de Asia Menor, cuna del comercio de higos para los griegos. Posiblemente se trate de la región de Caria (Kapia en griego antiguo) cerca del mar Egeo, como menciona en sus escritos Plinio el Viejo (Asociación siempre en medio, 2017).

*Ficus carica* incluye dos formas domésticas, “la higuera silvestre (cabrahigo)” produce frutos menos desarrollados y de menor tamaño, es una especie nativa que se encuentra en estado salvaje y se diferencia de “la higuera común”, que es una variedad cultivada que produce frutos grandes y dulces. En el pasado Plinio s.f., enumero 29 variedades de higo y en la actualidad se tienen registradas alrededor de 750.



Figura 1. Higo (*Ficus carica*) en estado de maduración (Garden Centre Koeman, 2023)

## **2.2.Morfología de *Ficus carica***

El higo; nombre que se aplica a los frutos compuestos de la higuera, se presenta como una infrutescencia que se componen de un receptáculo piriforme o redondeado, hueco en su interior, y con una abertura protegida por brácteas, dentro se encuentran flores y pequeños fructículos de esta planta, está formado por un receptáculo encerrando cientos de drupas pediculadas individuales que se desarrollan a partir de las flores femeninas individuales recubriendo la pared interna del mismo (Se trata de un complejo de cimas muy contraídas de flores unisexuales dispuestas sobre un receptáculo cóncavo piriforme) (Quer, 2000).

*Ficus carica* presenta árboles de hasta de 10 m de altura, caducifolios, muy ramificados, de madera suave cuenta con hojas coriáceas largo-pecioladas, palmadas, 3 a 5 lobuladas, ampliamente ovadas a casi orbiculares de 10 a 20 cm de largo (Laboratorio De Plantas Vasculares, Facultad De Ciencias UNAM, n.d.).

## **2.3.Fenología de *Ficus carica***

El higo (*Ficus carica* L.) presenta un follaje caducifolio en climas templados, aunque en regiones tropicales o subtropicales puede comportarse como perennifolio, manteniendo sus hojas durante todo el año (Condit, 1947). Esta especie destaca por su floración continua, con producción de inflorescencias (siconos) en todas las estaciones, aunque con mayor intensidad en épocas de temperaturas moderadas (Kjellberg et al., 2005). La fructificación ocurre principalmente en dos periodos anuales: una cosecha temprana (breve) en primavera, derivada de yemas formadas el año anterior, y una cosecha principal en otoño, proveniente de flores desarrolladas en el mismo año (Storey, 1975).

## **2.4.Plagas en higo**

El cultivo de higo enfrenta diversos desafíos entomológicos que afectan su productividad y calidad. Entre las plagas más relevantes reportadas en la literatura reciente destacan:

Barrenador del higo (*A. fasciculatus*): Coleóptero cuyas larvas perforan los frutos, causando pérdidas del 20-40% en huertos no controlados. Estudios recientes demuestran resistencia a insecticidas piretroides (García-Martínez et al., 2021).

Mosca negra del higo (*Silba adipata*): Díptero emergente en América Latina. Investigaciones en México reportan infestaciones del 35-60 % en huertos comerciales (Bautista-Martínez *et al.*, 2022).

Ácaro de la erinosis *Aceria ficis* Cotte, 1920 (Acari: Eriophyidae). Provoca malformaciones foliares y reduce la capacidad fotosintética. Nuevos estudios recomiendan el uso de azufre micronizado combinado con aceites vegetales (Moreno-González *et al.*, 2023).

Mosca mediterránea (*Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1824) (Diptera: Tephritidae)): Plaga cuarentenaria que limita las exportaciones. Técnicas de trapeo masivo han reducido su incidencia en un 45-60 % (Cabrera-Brandt *et al.*, 2020).

### **2.5. Moscas de la fruta**

Las moscas de la fruta (Diptera: Tephritidae) son una de las plagas más dañinas para la fruticultura a nivel mundial, causando pérdidas económicas significativas (Aluja, 1993). Estas plagas afectan una amplia variedad de frutas, como cítricos, mangos y manzanas, generando daños directos al alimentarse las larvas de la pulpa del fruto, lo que reduce su calidad y rendimiento (Gómez, 2006).

Además, las heridas causadas por las larvas facilitan la entrada de microorganismos patógenos, acelerando la descomposición de la fruta (Aluja *and* Mangan, 2008). Las moscas de la fruta tienen implicaciones económicas indirectas, como las restricciones cuarentenarias impuestas por países importadores para evitar la propagación de estas plagas. Estas medidas aumentan los costos de producción al requerir tratamientos de postcosecha, como fumigación o tratamiento térmico (Follett *and* Neven, 2006).

Para su manejo, se emplean estrategias integradas que incluyen control biológico, trampas con atrayentes, la técnica del insecto estéril (TIE) y el uso de insecticidas selectivos (Vargas *et al.*, 2015). Sin embargo, su efectividad depende de un enfoque adaptado a las condiciones específicas de cada región.

## 2.6. Manejo integrado de moscas de la fruta

El Control Integrado de las Moscas de la Fruta consiste en acciones de monitoreo de la plaga empleando el trampeo y el muestreo de frutos, que indicarán el momento oportuno, así como los lugares para aplicar técnicas de control adecuadas, secuenciadas y mejor dirigidas en tiempo y espacio, para el control de la plaga (SENASICA, 2015).

- a) **Trampeo masivo:** Uso de atrayentes específicos como Hexanol al 4 % para *Silba adipata* (Bautista-Martínez *et al.*, 2022) y proteínas hidrolizadas para *Anastrepha* spp. (Navarro-Llopis *et al.*, 2020).
- b) **Parasitoides:** Liberación de *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead, 1905) (Hymenoptera: Braconidae) para *Anastrepha*., con tasas de parasitismo del 30-60 % (Montoya *et al.*, 2021).
- c) **Cebos tóxicos:** Spinosad (GF-120) aplicado en estaciones cebo, minimizando el impacto en la fauna benéfica (Piñero *et al.*, 2021).
- d) **Técnica del Insecto Estéril (TIE):** Liberación de machos estériles de *C. capitata* irradiados, con supresión poblacional del 90% en México (Orozco-Dávila *et al.*, 2022).

## 2.7. *Silba adipata*

*Silba adipata* es una especie originaria del Mediterráneo y Medio Oriente, ampliamente considerada como una de las principales plagas de la higuera en varios países del mundo, debido a las pérdidas directas en el rendimiento de este cultivo (Silvestre, 2020).

Los adultos se alimentan principalmente de exudados dulces de higos maduros y de savia lechosa de higuera exudada de partes de la planta heridas (Katsoyannos, 1983). El higo es el único huésped larvario actualmente conocido. Este díptero presenta un tamaño mediano a comparación de otras especies, la base de las antenas, la lúnula y, por lo general, las áreas adyacentes de la frente son de color marrón o marrón anaranjado característico a la especie (Abbes *et al.*, 2021).

## 2.8. Clasificación taxonómica de *Silba adipata*

Reino: Animalia

Phylum: Arthropoda

Subphylum: Hexapoda

Clase: Insecta

Orden: Diptera

Familia: Lonchaeidae

Género: *Silba*

Especie: *Silba adipata* McAlpine 1956

(EPPO, 2020).

### **2.9. Descripción morfológica de *Silba adipata***

*Silba adipata* presenta un tamaño promedio de 3.5-5 mm, con características morfológicas distintivas que facilitan su identificación, como la base de las antenas, las zonas adyacentes del frons (frente) son de color pardusco o pardo-anaranjado, un rasgo que destaca en su apariencia general. (MacGowan *and* Friedberg, 2008; Bautista-Martínez *et al.*, 2022).

El tórax, incluyendo el escutelo, y el abdomen es de color grisáceo brillante, con un mesonotum (parte dorsal del tórax) que presenta una pilosidad relativamente blanquecina y reflejos verdes en los ejemplares maduros, el escutelo suele mostrar un tono verdoso llamativo.

Las patas y los tarsos, estos son de un color negro parduzco. Las cerdas dorsales preapicales de las tibias medias y traseras son apenas distinguibles de las cerdas circundantes, mientras que las de las tibias delanteras son prácticamente indistinguibles. Las alas son hialinas pálidas, con venas amarillentas pálidas y las calípteras (pequeñas estructuras en la base de las alas) son de color blanco o amarillo pálido, con franjas que mantienen una tonalidad similar (MacGowan *and* Friedberg, 2008; Bautista-Martínez *et al.*, 2022).

### **2.10. Ciclo biológico de *Silba adipata***

#### **2.10.1. Oviposición**

El ciclo biológico de *Silba adipata* comienza con la oviposición, la hembra presenta un ovipositor largo que introduce en el ostiolo del fruto de la higuera para colocar los huevos, llegando a ovipositar entre uno a cuatro huevos por debajo de las escamas de la apertura

apical, así como en la piel, las hembras seleccionan higos que están protegidos del sol, con una duración de 2-3 días (Giliomee *et al.*, 2007; Mifsud *et al.*, 2012).

### **2.10.2. Larva**

El estadio larval de *Silba adipata* presenta tres instares con duraciones variables según condiciones ambientales. El primer instar dura aproximadamente 2-3 días, donde las larvas (1-2 mm) son blanquecinas y se alimentan de tejidos vegetales blandos (García *et al.*, 2018). En el segundo instar (3-4 días), las larvas crecen hasta 3-4 mm, adquieren un tono amarillento y desarrollan mandíbulas más esclerotizadas para consumir tejidos más firmes (Martínez & López, 2020). Finalmente, el tercer instar (4-5 días) es el más largo, con larvas de 5-7 mm que muestran mayor movilidad y un color crema oscuro antes de pupar (Rodríguez *et al.*, 2021). Estos tiempos pueden variar según la temperatura y disponibilidad de alimento, como se ha observado en estudios de desarrollo larvario en Lonchaeidae (Pérez-Lachaud *et al.*, 2019).

### **2.10.3. Pupa**

El proceso de pupa se lleva a cabo en el suelo a una profundidad de 2 a 10 cm (Silvestri, 1917) también puede suceder en algunos casos dentro del fruto, la larva alcanza su madurez dentro del fruto y entra en el estado de pupa dentro del fruto llegando a durar de 6-10 días en este estadio.

### **2.10.4. Adulto**

El adulto es de color negro brillante puede llegar a medir hasta 4.5 mm, cabeza con la base de la antena y las áreas de la frente de color café o café anaranjado. Tórax y abdomen de aspecto grasoso brillante, la parte dorsal de color piloso blanquecino y puesto a la luz del sol muestra un reflejo verdoso metálico; patas (tarso incluido) de color café negruzco; alas hialinas-opacas con venación amarillo pálido. Abdomen completamente cubierto de vellosidad y con aspecto grasoso brillante y una longevidad de 15-30 días (MacGowan, 2009).

### **2.11. Importancia de *Silba adipata* en cultivos de higo**

*Silba adipata* es una plaga emergente en el cultivo, las larvas se alimentan del interior del fruto, causando pérdidas económicas significativas (Karaca *et al.*, 2021). Su impacto ha sido documentado en regiones mediterráneas y otras zonas productoras de higos, lo que ha impulsado investigaciones recientes para entender su biología, ecología y estrategias de manejo.

Estudios recientes confirman que *Silba adipata* infesta higos en estadios tempranos de maduración, provocando su caída prematura y depreciación comercial (Çikman *and* Kovanci, 2020). En Turquía, se reportaron pérdidas del 20–30 % en variedades susceptibles (Demir *and* Öztürk, 2022).

### **2.12. Distribución de *Silba adipata***

*Silba adipata* es una especie de mosca que ha mostrado una amplia distribución geográfica, particularmente en regiones con climas mediterráneos y subtropicales. Según Rot *et al.* (2017), esta especie se encuentra extendida en el Mediterráneo, la península de los Balcanes, Medio Oriente, Sudáfrica y Eslovenia. Su presencia ha sido documentada en la mayoría de los países productores de higo, incluyendo España, Italia, Grecia, Chipre, Islas Canarias, Siria, Israel, Jordania y Egipto (MacGowan *and* Fredberg, 2008). Además, se ha reportado en Malta (Mifsud *et al.*, 2012), Sudáfrica (Giliomee, 2007), Croacia (Popović *and* Bjelš, 2015), Montenegro (Radonjić *and* Hrnčić, 2009), Japón (Raz, 1998), Irak (Katsoyannos, 1983 (Figura 2).

Esta amplia dispersión geográfica podría estar relacionada con la movilización de material vegetal contaminado, ya que es común que las plantas destinadas para siembra se adquieran en zonas donde *Silba adipata* está presente y donde los higos en desarrollo pueden estar infestados con larvas (Riquelme *et al.*, 2023). Este mecanismo de dispersión, asociado al comercio internacional de plantas y frutos, ha facilitado la introducción y establecimiento de

la especie en nuevas regiones, lo que representa un desafío para el manejo fitosanitario y la protección de cultivos.



Figura 2. Distribución europea de *Silba adipata* McAlpine, en 2022.

### III. JUSTIFICACIÓN

México se posiciona como un importante productor y exportador de higo a nivel mundial, aunque su lugar en el ranking ha fluctuado entre el noveno y quinceavo puesto en los últimos ciclos productivos, según datos de la FAO (2022). Esta situación resalta la vulnerabilidad del sector y la necesidad de proteger la producción de higo, especialmente ante la presencia de plagas como la mosca de la fruta.

En el contexto nacional, Puebla se destaca como uno de los principales estados productores de higo, concentrando su producción en la Sierra Nororiental, una región que ofrece condiciones climáticas y altitudinales óptimas para el cultivo. Sin embargo, en localidades como Ixehuaco, municipio de Xochiapulco, se reportó la infestación de higos por larvas de mosca de la fruta, causando daños como; deshidratación, perforaciones y caída prematura del fruto, síntomas que coinciden con reportes previos en otras regiones y países.

A pesar de algunos estudios recientes sobre atrayentes para adultos de *Silba adipata* como los mencionados por Katsoyannos and Guerin (1984) donde se destaca la efectividad del Hexanol y el sulfato de amonio, existe la necesidad de evaluar su eficacia en diversas condiciones, incluyendo la ubicación y el manejo del huerto. Además, se requiere investigar atrayentes alternativos, accesibles para los productores y compatibles con un manejo integrado de plagas, como los fermentos.

Adicionalmente, la escasez de estudios sobre parámetros poblacionales y biológicos de *Silba adipata* limita el desarrollo de estrategias de control efectivas más allá de los atrayentes alimenticios. Por lo tanto, esta investigación se justifica por la necesidad de generar conocimiento sobre este díptero, sus parámetros biológicos y poblacionales, con el objetivo de desarrollar estrategias de control más efectivas y sostenibles que contribuyan a proteger la producción de higo en México.

## **IV. OBJETIVOS**

### **4.1. Objetivo general**

Evaluar la efectividad de diferentes atrayentes alimenticios para la captura de adultos de *Silba adipata* en higo, así como estudiar su fluctuación poblacional y parámetros biológicos.

### **4.2. Objetivos específicos**

- Evaluar diferentes atrayentes alimenticios para a captura de adultos de *Silba adipata* en campo.
- Corroborar que *Silba adipata* es la especie presente en el huerto de higo estudiado.
- Estudiar la fluctuación poblacional de adultos de *Silba adipata* en campo, además del daño de larvas en frutos.
- Estimar aspectos biológicos e incidencia de *Silba adipata*

## V. HIPÓTESIS

- ❖ Existe al menos un atrayente que es efectivo para la captura de adultos de *Silba adipata*
- ❖ Existe una alta incidencia de adultos de *Silba adipata* en el huerto estudiado
- ❖ La fluctuación poblacional de *Silba adipata* presenta variaciones a través del tiempo y tiene una correlación positiva en relación con la temperatura

## VI. MATERIALES Y MÉTODOS

### 6.1.Zona de estudio

La investigación en campo se llevó a cabo en la comunidad de Ixehuaco perteneciente al municipio de Xochiapulco, Puebla ubicado en la Sierra Nororiental del estado de Puebla (Figura 3a) con una altitud de 2,066 m Ixehuaco es una de las principales zonas productoras de higo de la variedad Brown Turkey en la región, el estudio se llevó a cabo en un huerto comercial Salazar que actualmente cuenta con 350 higueras, cuyas coordenadas son: 19° 48' 51.42" N (Figura 3).

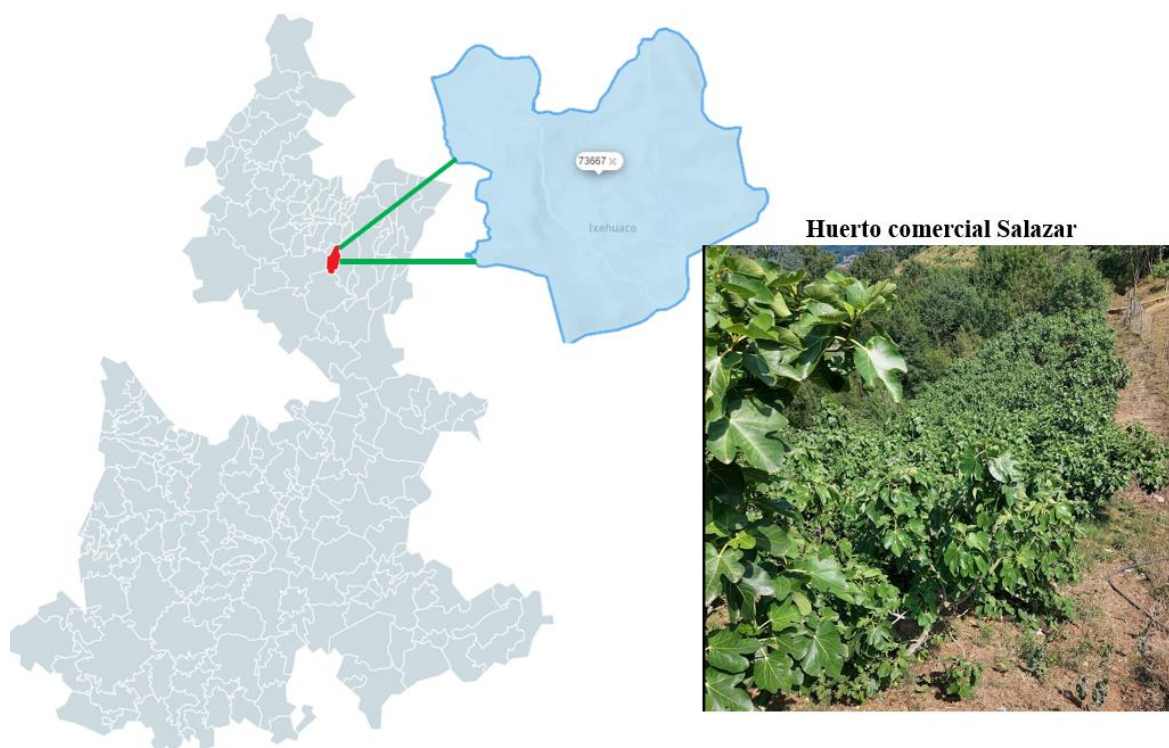


Figura 3. Ubicación del Huerto comercial de higo (Higos Salazar a) Ubicación en referencia al estado de Puebla.

Los estudios de laboratorio se realizaron en las instalaciones del Colegio de Postgraduados campus Puebla en la sección IV del laboratorio de control biológico, ubicado en Boulevard Forjadores de Puebla 205, Santiago Momoxpan, 72760 San Pedro Cholula, Pue.

## 6.2.Preparación de atrayentes

Se evaluaron cinco atrayentes alimenticios más un testigo a base de agua, cada tratamiento tuvo con 4 repeticiones, en total se utilizaron 24 trampas y cada una de ellas constituyó una unidad experimental. Las dosis de los tratamientos se presentan en la tabla 1, a todos los tratamientos se les agregó propilenglicol/trampa con el propósito de conservar los ejemplares, facilitando el manejo de cada tratamiento al ser identificados.

Tabla 1. Preparación de atrayentes evaluados para la captura de adultos de *Silba adipata* en Xochiapulco, Puebla.

Atrayente	Tratamientos	Composición de la mezcla por trampa
T1	Hexanol (4%)	10 ml de Hexanol y 230 ml de agua.
T2	Sulfato de amonio (4%)	10 gr de Sulfato de amonio y 240 ml de agua.
T3	Sulfato de amonio (4%)+ Hexanol (4%)	10 ml de Hexanol, 10 gr de Sulfato de amonio y 220 ml de agua.
T4	Fermentado de piña natural (20%)	50 ml de jugo de piña, 5 gr de azúcar, 5 gr de levadura y 190 ml de agua.
T5	Jugo de manzana natural (20%)	50 ml de jugo de manzana, 10 gr de Sulfato de amonio y 180 ml de agua.
T6	Testigo	240 ml de agua

Para facilitar el conteo de insectos capturados; el jugo de piña y manzana se licuo y prengo para eliminar la fibra acumulada. Esto con la finalidad de al pasar los quince días de exposición no dañe ejemplares y su visualización sea fácil. Los tratamientos de T1 y T2 fueron preparados de acuerdo con Katsoyannos *and* Guerin (1984).

### 6.3. Instalación de trampas y captura de adultos de *Silba adipata*.

En el huerto donde se realizó el estudio, se seleccionaron de manera aleatoria 24 árboles donde se instalaron las trampas Multilure, marcando cada higuera con una cinta fluorescente en el lugar donde se colocó la unidad experimental, distribuyéndolas entre los 350 árboles que conforman el huerto, a una altura de 1.5 metros de la cara oriental de cada árbol (Figura 4a-e). Cada 15 días, se revisaron las trampas para cambiar su contenido y recolectar los insectos capturados (Figura 4d). Para asegurar la correcta identificación de cada trampa, se etiquetó cada unidad experimental antes de colocar el atrayente, registrando el nombre del atrayente utilizado y su número de repetición correspondiente (Figura 4c).



Figura 4. a) Trampa Multilure, instalada en el huerto de estudio, b) Rótulos de unidades experimentales, c) Higueras marcadas con cintas d) Atrayentes preparados e) Trampa Multilure con ejemplares capturados.

Las trampas se distribuyeron aleatoriamente en los 350 árboles (Figura 5).

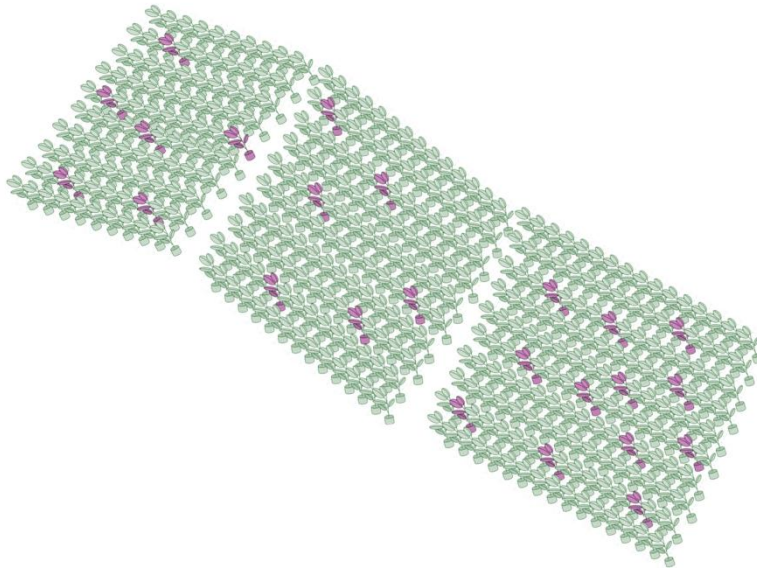


Figura 5. Diagrama de ubicación de trampas tipo Multilure con los diferentes tratamientos en el huerto comercial Salazar en la localidad de Ixehuaco, Puebla.

La investigación sobre los atrayentes se realizó a través de 17 muestreos quincenales, que comenzaron el 16 de marzo y finalizaron el 26 de octubre de 2023. En cada sesión de muestreo se recolectaron alrededor de 50 ml del líquido de la trampa, incluyendo los insectos capturados. Esta mezcla se vertió en un frasco de 100 ml, que luego se sellaba y se etiquetaba con la abreviatura del atrayente empleado y su número de repetición correspondiente. Las muestras recolectadas se guardaban en una hielera para facilitar su transporte al laboratorio

#### **6.4. Cuantificación de adultos de *Silba adipata* capturados por atrayente.**

Antes de proceder a la cuantificación de los insectos adultos capturados en cada muestreo, se realizó un proceso de lavado con agua para eliminar cualquier tipo de residuo adherido. Una vez lavados, se decantó el líquido y se empleó un colador para garantizar la eliminación total del agua. Posteriormente, los insectos limpios se trasladaron a cajas Petri, donde se llevó a cabo el conteo de los adultos de *Silba adipata* (Figura 6).

Los adultos de *Silba adipata* se preservaron en frascos que contenían alcohol al 70%, los cuales fueron etiquetados previamente con la fecha de captura y tratamiento. Para cada lote de insectos, se documentaron detalles como el número total de individuos recolectados por

atrayente, y cualquier otra información relevante asociada. Se tomaron datos para el estudio de proporción sexual, tomando en cuenta la cantidad de hembras y machos presentes y la temperatura promedio.



Figura 6. Adultos de *Silba adipata* capturados por trampa cebada en el huerto comercial Salazar.

#### **6.5. Análisis estadístico para la evaluación de atrayentes**

Para el análisis de la información, se utilizó un diseño completamente al azar, llevando a cabo un análisis de varianza (ANOVA). Adicionalmente y con el fin de discriminar entre las medias de los tratamientos, se utilizó el método de la diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. Así mismo, se realizaron las pruebas de normalidad y homocedasticidad de los datos, por si era necesario llevar a cabo la transformación de estos para su análisis. Esto se llevó a cabo en el programa estadístico STATGRAPHICS CENTURION versión 16.1.02.

### **6.6. Corroboración de *Silba adipata* por genitalia.**

La extracción de las estructuras genitales se realizó siguiendo la metodología propuesta por Yélamos (s. d.). Este procedimiento se llevó a cabo utilizando herramientas adecuadas al tamaño del insecto, como pinzas de acero de punta fina, agujas con mango y alfileres, para evitar dañar las estructuras durante la extracción de la genitalia tanto de machos como de hembras. La disección se realizó sobre una placa de porcelana con cavidades, donde cada espacio cóncavo facilitó la manipulación precisa de los insectos.

El protocolo de procesamiento se inició con la disección de la sección abdominal de especímenes de *Silba adipata*, la cual alberga las estructuras de interés para el presente estudio. Las estructuras genitales extraídas fueron sometidas a un proceso de clarificación, consistente en la inmersión en 5 ml de una solución de hidróxido de potasio (KOH) al 10% contenida en tubos de rosca. Dichos tubos fueron introducidos posteriormente en un baño María durante 10 minutos. La clarificación concluyó con la neutralización de los tejidos mediante lavados secuenciales, empleando las siguientes soluciones: 1) ácido acético glacial; 2) alcohol etílico al 96%; 3) alcohol etílico al 70%; y 4) agua destilada (Figura 7), con la finalidad de eliminar los efectos de acidificación o alcalinización generados durante etapas previas, así como optimizar la penetración de colorantes y preservar su integridad estructural.

Con el propósito de optimizar la visualización de las estructuras genitales, las muestras previamente clarificadas fueron sometidas a un proceso de tinción utilizando Fucsina de Ziehl. Para facilitar la observación y manipulación de las estructuras, se empleó glicerina. Este mismo compuesto puede ser utilizado para la conservación de las muestras.

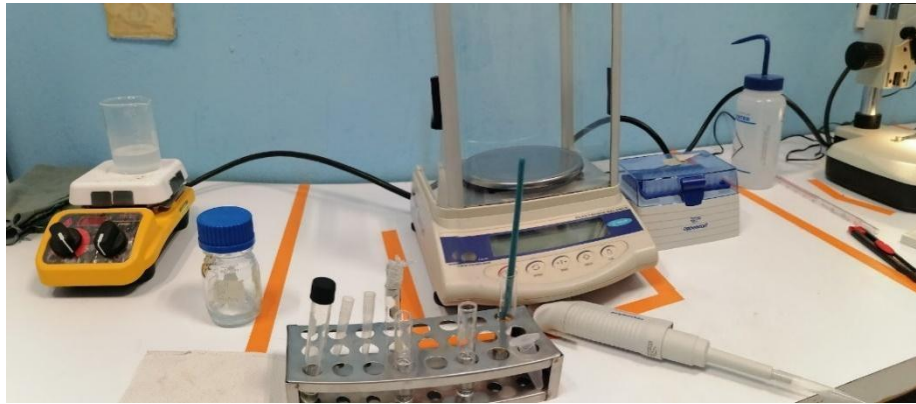


Figura 7. Materiales para el proceso de extracción y clarificación de genitalia *Silba adipata*.

Figura 7. Materiales para el proceso de extracción y clarificación de genitalia *Silba adipata*.

## 6.7. Parámetros poblacionales

### 6.7.1. Fluctuación poblacional de *Silba adipata*

Para el estudio de fluctuación poblacional de adultos de *Silba adipata* se consideró la captura de adultos de cada una de las trampas y atrayentes evaluados por muestreo y total. En este caso se consideró el índice de moscas por trampa por día (MTD) es un parámetro demográfico que cuantifica el promedio de moscas capturadas por trampa por día de exposición en campo (IAEA, 2005), donde al final se obtiene un índice de prevalencia el cual le permite identificar si es nula, baja o alta (Figura 8). La fórmula para el cálculo del MTD es la siguiente:

$$.MTD = \frac{\text{Numero de moscas capturads}}{\text{Numero de dias expuestos} * \text{Numero de trampas}}$$

Los resultados obtenidos del MTD, fueron correlacionados con la temperatura media cada 15 días, los datos de temperatura fueron obtenidos de la plataforma AccuWeather.



Figura 8. Índices de prevalencia de la NOM-023-FITO-1995.

### 6.7.2. Preparación de muestras de higo para cámara bioclimática

Tras la recolección, cada fruto de higo fue individualizado en un recipiente de plástico transparente vaso Reyma #8, provisto de una malla en su parte superior para permitir la aireación (Figura. 9). Cada muestra fue debidamente rotulada mediante una etiqueta que contenía la siguiente información: fecha de muestreo, nombre del huerto de origen, número de muestra y localidad.

Las muestras se dispusieron en una cámara bioclimática con condiciones ambientales controladas ( $24^{\circ}\text{C} \pm 2$ ,  $60\% \pm 5$  de HR y un fotoperiodo de 12L:12O oscuridad). Adicionalmente, se seleccionaron aleatoriamente cuatro frutos de cada lote para su disección, con el objetivo de identificar la presencia de *Silba adipata* en sus diferentes etapas de desarrollo y evaluar los daños ocasionados.



Figura 9. Higos colectados en campo individualizados en vasos desechables.

Además de las muestras mencionadas, se seleccionaron frutos adicionales en diversas etapas de maduración para examinar el daño interno (figura 10), identificando larvas en sus diferentes estadios de desarrollo y registrando cualquier otra evidencia de la presencia de *Silba adipata*. El 5% de las larvas encontradas durante este proceso fueron preservadas en alcohol al 70% para su posterior identificación.



Figura 10. Fruto de higo infestado por *Silba adipata* seleccionado aleatoriamente

### 6.7.3. Incidencia de larvas en frutos

Con el objetivo de determinar el porcentaje de infestación larval en frutos de higo y evaluar los daños ocasionados por *Silba adipata* se realizó cada 15 días una colecta aleatoria de 30 frutos de higo en el huerto comercial en estudio. La muestra incluyó frutos de diversos tamaños, tanto de la parte aérea del árbol como del suelo, priorizando aquellos que exhibían síntomas específicos asociados a la presencia de la plaga, tales como orificios de oviposición, secreciones y/o decoloración del fruto. La colecta se realizó en la etapa de maduración de los frutos, tomando muestras de un número representativo de árboles distribuidos en el huerto.

Una vez en el laboratorio, se procedió a medir las dimensiones (longitud y ancho) de cada fruto utilizando un vernier digital, registrando el largo y ancho. Adicionalmente, se inspeccionaron los higos para identificar la presencia de perforaciones u otros signos que

sugirieran la actividad de *Silba adipata* tras la inspección visual, se realizó un corte transversal de los frutos para examinar la pulpa y las semillas en busca de larvas o daños internos.

## **6.8.Observaciones sobre aspectos biológicos de *Silba adipata* en invernadero y laboratorio**

### **6.8.1. Establecimiento de árboles de higo en invernadero.**

Para este propósito, se estableció un lote de veinte arboles de higo de seis meses de edad, en el vivero del Colegio de Posgraduados, donde se implementó un sistema de protección mediante la instalación de una malla antigranizo, con el objetivo de minimizar el impacto de factores climáticos adversos, este material fue proporcionado por el productor del mismo huerto donde se realizó el estudio con las trampas (Figura 11).



Figura 11. Arboles de higo colocados en el invernadero del Colegio de Posgraduados para realizar las observaciones de aspectos biológicos de *Silba adipata*.

**6.8.1.1.Observaciones sobre ovoposición.** Una vez que los árboles de higo iniciaron el periodo de rusticación, se observaron de manera natural hembras de *Silba adipata* que se posaban sobre varios de estos frutos. Cuando se observaba una hembra de

*Silba adipata* iniciando el proceso de ovoposición, se procedía a marcar el higo. Este marcaje permitía registrar con cierta precisión la duración del proceso y cuantificar el número de huevos depositados en cada fruto (Figura 12).

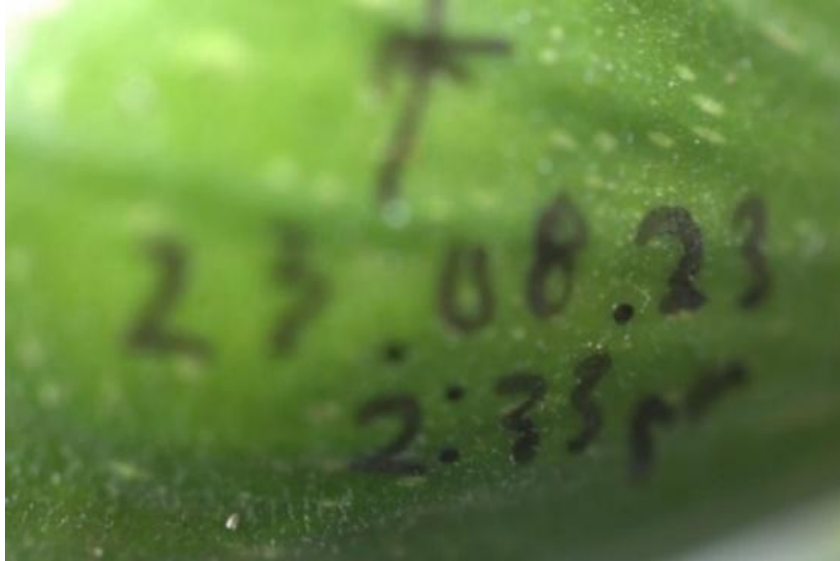


Figura 12. Fruto marcado una vez que fuera seleccionado por la hembra de *Silba adipata* para ovopositar.

#### **6.8.1.2. Periodo de huevo**

Tras la identificación y marcaje del higo seleccionado por la hembra de *Silba adipata*, se procedía a su recolección entre 1 y 3 horas después de la ovoposición, cada fruto se introducía en un recipiente de plástico, con capacidad de 10 ml y se colocaba Parafilm que se perforaba para colocar el fruto en una posición con el ostiolo hacia arriba, de tal manera que permitiera la observación de la eclosión de la larva como se observa en la figura 13. Finalmente, los higos se ubicaron en una cámara de cría con condiciones ambientales controladas: 25°C de temperatura, 65% de HR y un fotoperiodo de 12L:12 O.

En este caso, se contaba el número de huevos por fruto y se daba seguimiento cada 24 horas para registrar la eclosión de larvas, hasta por un periodo de 3 días o cuando se tenía un 100% de emergencia. En total se inspeccionaron 30 frutos en un periodo de 3 semanas.



Figura 13. Fruto de higo marcado colocado en recipiente para su estudio en laboratorio

### **6.8.1.3. Periodo de larvas y pupas**

Para el registro del periodo de larvas y pupas, se revisaron muestras de 30 frutos colectados quincenalmente del huerto comercial, en las mismas fechas en las que colectaban los adultos de las trampas de los atrayentes, en total se colectaron 510 frutos.

A cada muestra de higo se asignó un recipiente (Vaso Reymar #8) con la finalidad de facilitar el seguimiento de los organismos presentes en el fruto durante un período de 15 días (tiempo que dura cada muestreo). Para la observación de los estadios larvales, se tomaron en cuenta los frutos infestados naturalmente en el vivero, a partir de los huevos obtenidos se registró la fecha de eclosión del huevo y se midieron las larvas cada dos días con la finalidad e identificar de manera general los 3 estadios larvales.

Para las observaciones del estadio de pupa se tomaron en cuenta las larvas emergidas de los frutos recolectados en el vivero y el huerto estudiado en cada muestreo, las pupas obtenidas se individualizaron en recipientes tipo pastillero con una perforación en la caja para mejor oxigenación y un papel corrugado para poder separarlas entre ellas (Figura 14), se registró la fecha en que se obtuvo la pupa, fecha en que emergieron los adultos y su tamaño, para meterlas en la cámara bioclimática bajo condiciones ambientales controladas: 25°C, 65% de HR y un fotoperiodo de 12L:12O.



Figura 14. Recipientes tipo pastillero para la conservación y cuantificación de larvas y pupas de *Silba adipata*.

#### **6.8.1.4. Emergencia y longevidad de adultos**

Una vez completado el período de pupa, los adultos comenzaron a emerger dentro de las cajas tipo pastillero, en este caso se registró el tiempo de emergencia de pupa a adulto y la proporción de sexos

Al emerger los adultos de *Silba adipata*, los primeros ejemplares obtenidos fueron colocados en una cámara de cría de vidrio de 50x30 cm (figura 15) con una malla de ventilación en una de las paredes de la cámara para garantizar el intercambio de oxígeno para optimizar las condiciones de supervivencia. Se les suministró una solución de sacarosa al 2% (p/v) y una dilución de látex de *F. carica* 1:10 (v/v), simulando así sus fuentes de alimentación naturales, la cámara fue rotulada con la fecha de lote equivalente al número de adultos de *Silba adipata* emergidos en un día. Se registro la fecha de muerte obtenidas en las revisiones. Los ejemplares muertos fueron conservados en frascos de 10 ml con etanol al 70%. Unas muestras fueron destinadas al análisis de la morfología de la genitalia, con fines taxonómicos.



Figura 15. Cajas de cría de *Silba adipata* en estado adulto.

## VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 7.1. Evaluación de atrayentes.

El tratamiento que obtuvo el mayor porcentaje de captura fue el T1, con un 42%, seguido del T4 con el 18%, posteriormente el T2 con un 17 % de las capturas (Figura 16).

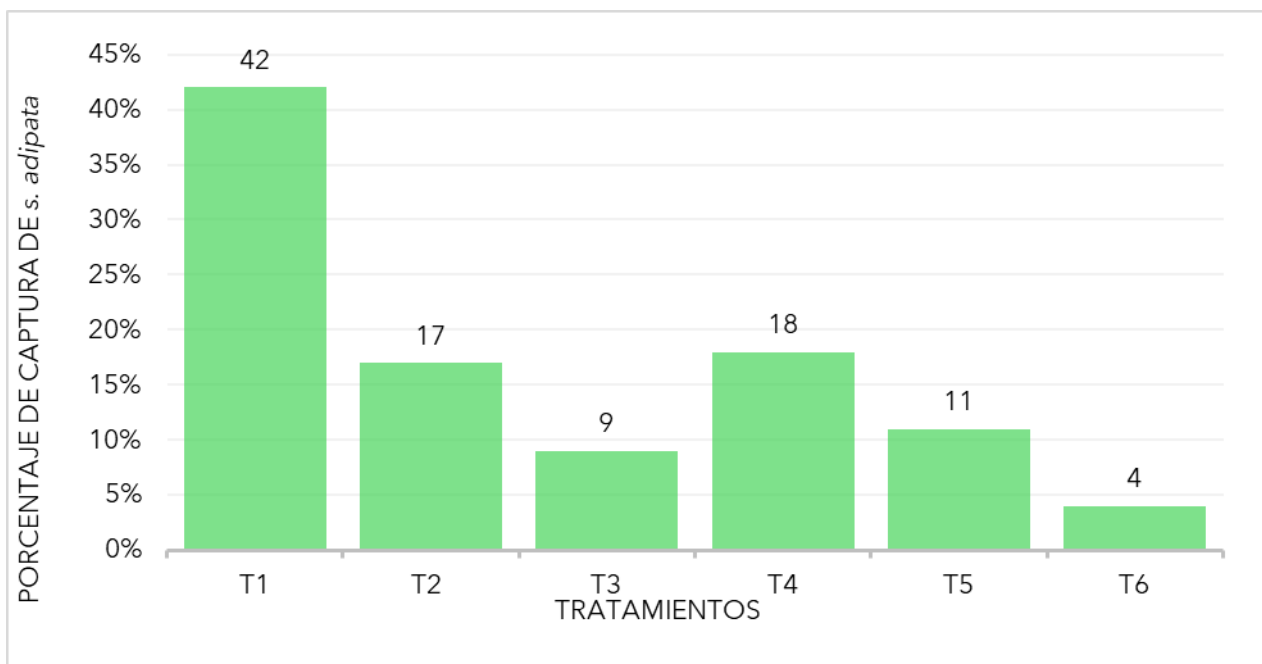


Figura 16. Porcentajes de captura de adultos de *Silba adipata* con los seis atrayentes empleados en el periodo de muestreo.

De acuerdo con el análisis de varianza (ANOVA) se encontró diferencia estadística significativa entre el T1 con el resto de los tratamientos, incluyendo el testigo (Tabla 3).

Al analizar los diferentes tratamientos aplicados, se observó que ciertas estrategias presentaron mayores capturas en los periodos de mayor abundancia de adultos. En particular, los tratamientos T1 y T2 mostraron los aumentos más notables en la cantidad de organismos capturados, sugiriendo una respuesta diferencial de la especie ante los estímulos proporcionados por cada tratamiento. La literatura científica ha indicado que los atrayentes específicos, como los compuestos basados en hexano y sustancias volátiles de origen vegetal, pueden influir en la eficiencia de trampas para la captura de dípteros frugívoros, mejorando el monitoreo y control de poblaciones (Katsoyannos et al., 1997; Mazih et al., 2008).

Tabla 2. Total, de organismos de *Silba adipata* contabilizados en el muestreo establecido.

Atrayente	Total, de adultos de <i>Silba adipata</i> capturados	M ± SE	*
T1	1210	17.85 ± 6.72	a
T2	487	7.25 ± 3.81	b
T3	257	3.78 ± 1.38	b
T4	530	8.18 ± 1.4	b
T5	308	4.64 ± 1.35	b
T6	113	1.69 ± 1.15	b

**Estadístico:** F=2.93, Gl=5, P= 0.0166

\* *Letras iguales en la misma columna no son estadísticamente diferentes.*

De acuerdo con estos resultados se observó que el T1 fue el mejor tratamiento en relación con el resto de los atrayentes evaluados ya que en este caso se obtuvo en total un promedio de 17.85 adultos. En el resto de los tratamientos, las capturas fueron claramente inferiores comparadas con el T1, quedando las capturas de la siguiente manera: T4 con una media de 8.18, T2 con una media de 7.25, T3 con una media de 3.78 y T5 con una media de 4.64. Debido a que estos tratamientos, que no fueron estadísticamente diferentes en relación con el testigo, no podrían ser considerados como atrayentes efectivos para la captura de *Silba adipata*; sin embargo, en caso de ser utilizados debido al costo del Hexanol, podrían utilizarse como alternativa el fermentado de piña y el sulfato de amonio al 4%.

Durante el periodo de muestreo, la captura de adultos de *Silba adipata* mostró fluctuaciones notables y el coeficiente mostró fluctuaciones notables, particularmente con el uso de hexanol al 4%. Entre los atrayentes evaluados, los picos más significativos de captura se registraron principalmente con Hexanol, destacándose en las fechas del 22/06/2023, 31/08/2023 y 28/09/2023. Se obtendrá un coeficiente de precisión de 0.63 entre el promedio de captura y la temperatura registrada en cada muestreo. Esta valoración, considerada moderadamente fuerte, sugiere una relación directa entre la temperatura ambiental y la eficacia del Hexanol al 4% como atrayente, evidenciando su mayor actividad bajo determinadas condiciones

térmicas. Cabe destacar que el fermentado de piña podría ser considerado una opción como atrayente accesible para los productores, ya que es más fácil acceder a este producto que el Hexanol al 4% debido a que este tratamiento fue el segundo atrayente alimenticio que capturó más adultos de *Silba adipata*. Diversos estudios han demostrado que compuestos volátiles derivados de plantas y frutas pueden ser efectivos para atraer a *Silba adipata*. Por ejemplo, fermentados de frutas como el banano y la piña han mostrado alta atracción debido a la emisión de compuestos como acetatos y alcoholes (Rodríguez et al., 2020). Además, se ha reportado que mezclas de proteínas hidrolizadas combinadas con azúcares incrementan la captura en trampas (Hernández-López et al., 2021).

Sin embargo, la selectividad de estos atrayentes puede variar según la región y las condiciones ambientales. Algunos estudios indican que atrayentes basados en vinagre de manzana y melaza son menos efectivos en comparación con fermentados específicos (Mendoza et al., 2018). Esto sugiere la necesidad de ajustar las formulaciones según el ecosistema local. Los atrayentes naturales representan una alternativa prometedora para el manejo de *Silba adipata*, pero su optimización requiere más investigación en formulaciones y métodos de aplicación. Futuros estudios deberían evaluar sinergias con feromonas y trampas de color para mejorar la eficacia (Silva et al., 2023).

El gráfico muestra la evolución de la concentración promedio de organismos de *Silba adipata* acumulados por atrayente a lo largo de siete meses, junto con la temperatura media registrada entre los periodos de muestreo (cada uno con 15 días de exposición). Se observa que la concentración de organismos presenta variaciones cíclicas, aumentando y disminuyendo de manera regular (Figura 17).

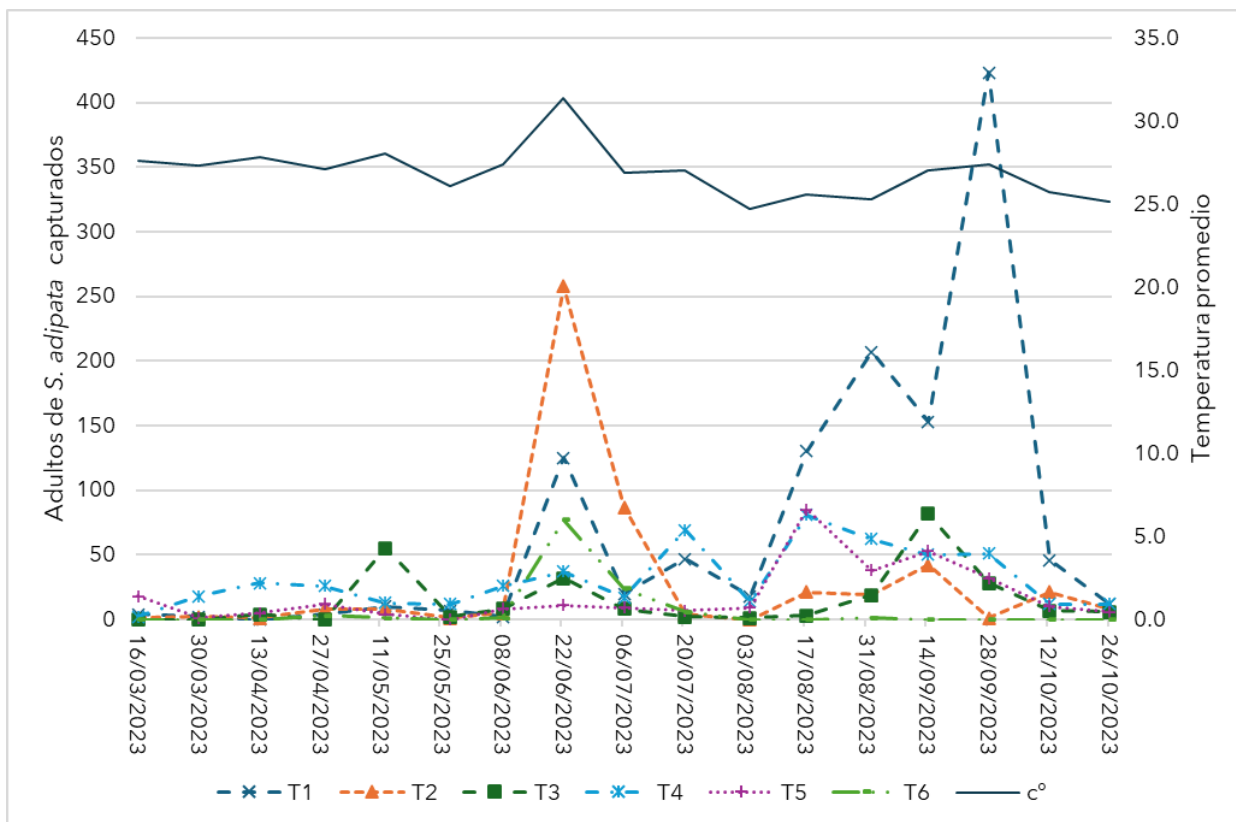


Figura 17. Gráfico de comportamiento de atrayentes para la captura de *Silba adipata* en los muestreos realizados en el Huerto comercial Salazar.

A lo largo del estudio, la temperatura se mantuvo relativamente estable, con valores que oscilaron entre 24°C y 30°C. Sin embargo, se identificaron dos picos significativos en la captura de individuos, específicamente el 22 de junio y el 28 de septiembre, lo que sugiere una posible relación entre las condiciones ambientales y la dinámica poblacional de la especie; con una correlación de Pearson de 0.6; siendo este un coeficiente fuerte, evidenciando que la fluctuación poblacional de *Silba adipata* depende de la temperatura de la zona.

Durante la mayor parte del periodo de muestreo, la captura de adultos fue baja, con valores generalmente inferiores a 10 individuos acumulados por fecha. Sin embargo, en las dos fechas mencionadas, los valores aumentaron de manera abrupta, alcanzando niveles significativamente superiores al resto de los muestreos. Estos incrementos en la captura

coinciden con momentos en los que se registraron temperaturas más elevadas dentro del rango de variación observado, lo que podría indicar que el desarrollo y la actividad de los adultos de *Silba adipata* están influenciados por factores térmicos. Estudios previos han demostrado que la temperatura tiene un impacto directo en la tasa de desarrollo y la longevidad de muchos insectos plaga, incluyendo dípteros frugívoros, ya que afecta su metabolismo y capacidad de dispersión (Bateman, 1972; Fletcher, 1987).

Estos resultados indican que la actividad de *Silba adipata* no es constante a lo largo del tiempo, sino que sigue una tendencia fluctuante que podría estar condicionada por la temperatura y otros factores ambientales no evaluados en este estudio. Además, la efectividad de los distintos tratamientos varió en función del periodo de muestreo, lo que resalta la importancia de considerar las condiciones climáticas al momento de implementar estrategias de monitoreo y control de esta plaga. Investigaciones previas han demostrado que la abundancia de poblaciones de *Silba adipata* está fuertemente correlacionada con la disponibilidad de hospederos y las condiciones climáticas predominantes, lo que sugiere la necesidad de integrar estrategias de control adaptativas (Balagawi *et al.*, 2014).

Los picos de captura registrados reflejan que existen momentos específicos del año en los que la actividad de los adultos de *Silba adipata* aumenta considerablemente, posiblemente en respuesta a condiciones ambientales favorables. La estabilidad térmica general sugiere que pequeños incrementos dentro de un rango determinado pueden ser suficientes para inducir cambios en la población Bale, J. S., et al. (2002), lo que resalta la necesidad de continuar con estudios que permitan comprender mejor la relación entre la temperatura y la dinámica poblacional de esta especie. Asimismo, la integración de trampas con atrayentes específicos puede mejorar las estrategias de monitoreo y control, reduciendo la incidencia de esta plaga en cultivos susceptibles.

### 7.2. Corroboración de presencia de *Silba adipata*

Los ejemplares de la mosca emergida de los higos infestados, recolectados en los huertos de la localidad, fueron identificados como *Silba adipata*. Antes de ser observados microscópicamente, se analizaron las características externas, las cuales, en comparación con otras especies de moscas de la fruta, permitieron su distinción. *Silba adipata* es ligeramente más pequeña que otras especies, presentando un color negro con tonalidades verdosas, alas hialinas, ojos con tonalidades rojizas y patas de color marrón. Según McAlpine (1956), esta especie se caracteriza por su tamaño relativamente pequeño, con una coloración corporal que varía del negro al verde metálico, lo que la distingue de otras moscas de la familia Lonchaeidae (Figura 18).



Figura 18. Hembra de *Silba adipata*.

Al observar los ejemplares de *Silba adipata* bajo el microscopio, se identificaron varios detalles en los adultos. Las antenas tienen un tamaño mediano y presentan una arista plumosa.

El abdomen muestra un aspecto brillante y está cubierto por vellosidades en toda su superficie. En la parte inferior del abdomen, se distingue una ligera franja vertical de color marrón. En cuanto a las alas, se observa una celda costal abultada. En el tórax, se pueden ver calipteros con sedas, así como un anepisterno que presenta aproximadamente de 3 a 4 sedas, además de algunas vellosidades de color negro brillante. En las hembras, el ovopositor es de forma fina y delgada, similar a una punta. Estos detalles coinciden con lo que describe McAlpine (1956) (Figura 19a).

Los calipteros, que son estructuras accesorias en las alas de muchos dípteros, están presentes en *Silba adipata* y están asociados con la aerodinámica del vuelo. Además, los anepisterno con sedas son una característica común en las especies de esta familia, proporcionando un distintivo de la taxonomía y la ecología del insecto. Estas sedas también pueden tener una función sensorial, ayudando al insecto a detectar cambios en el ambiente (Figura 19b).

En cuanto a la morfología reproductiva, el ovopositor de las hembras de *Silba adipata* se ha descrito como una estructura fina y elongada, diseñada para facilitar la puesta de huevos en ambientes específicos, como plantas hospedadoras, donde sus larvas se desarrollan (Figura 20).

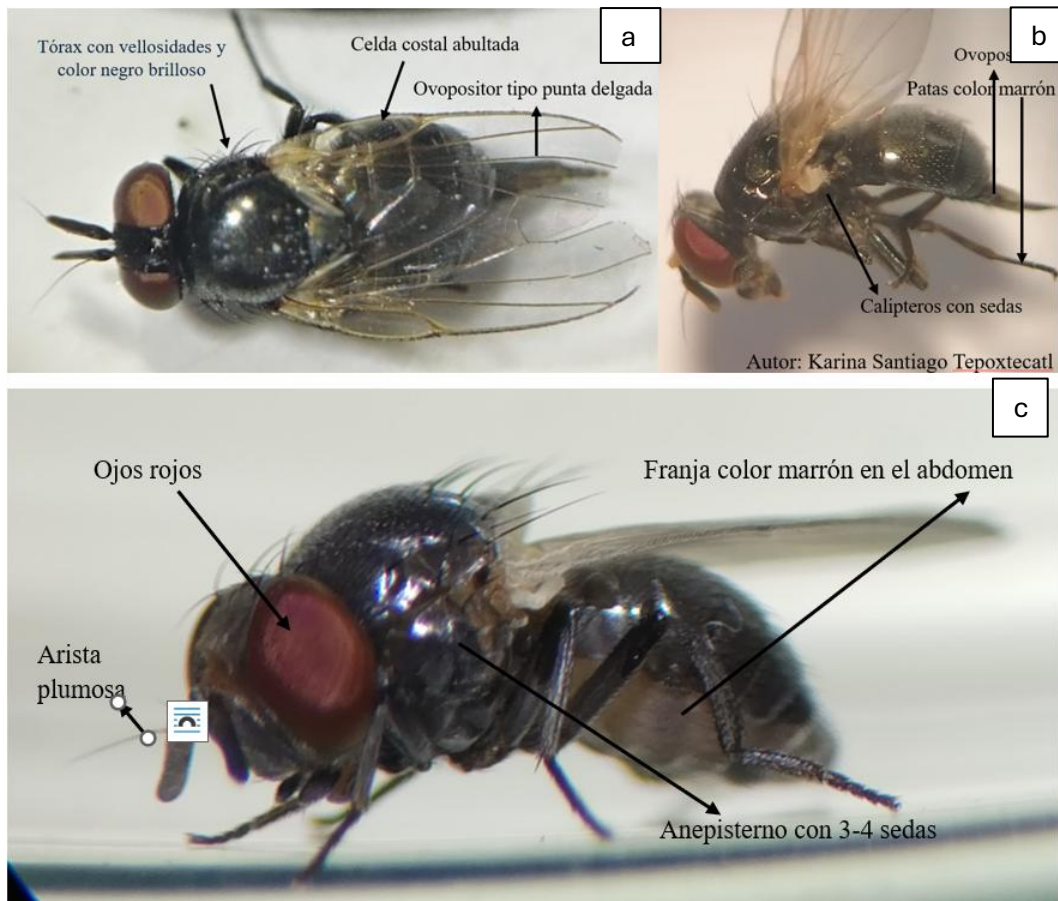


Figura 19. Ejemplar hembra de *Silba adipata* para identificación de características morfológicas. Aumento: 40 x.

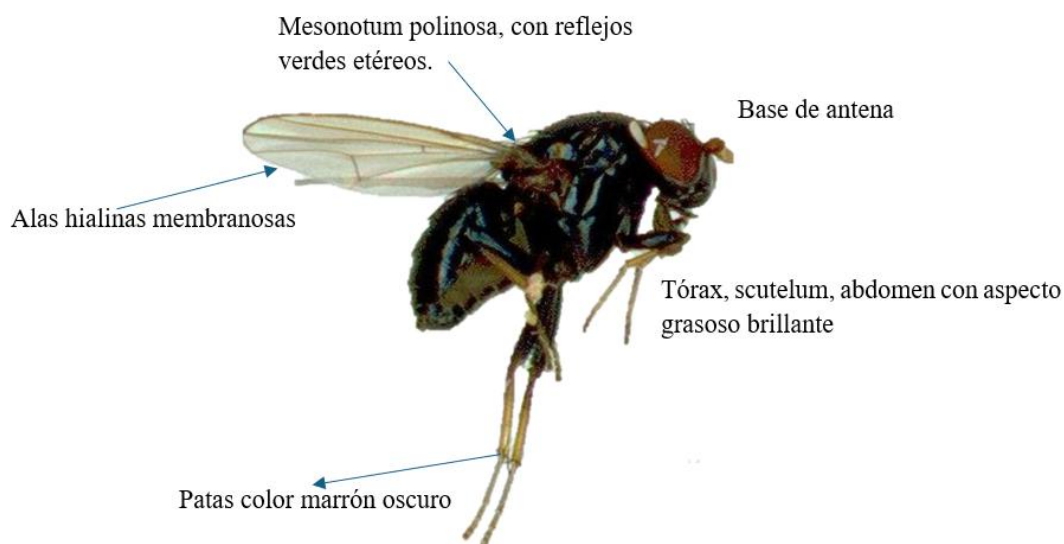


Figura 20. Ejemplar de *Silba adipata* macho obtenido de los muestreos. Aumento 40x.

Asimismo, se observó el tamaño de ambos sexos, ya que la hembra suele ser ligeramente más grande que el macho. La hembra presenta un abdomen más elongado y ancho en comparación con el macho, cuyo abdomen es más delgado y corto, como se puede observar en la figura 21. Este dimorfismo sexual en la morfología de *Silba adipata* es consistente con las observaciones realizadas por McAlpine (1956), quien destaca que, en muchas especies de Lonchaeidae, las hembras tienden a ser más grandes, lo cual está relacionado con la necesidad de albergar los ovarios más grandes y un mayor número de huevos. Además, el abdomen más ancho de la hembra está adaptado para facilitar el depósito de los huevos en los sustratos adecuados (Couri, 2007).

Este dimorfismo sexual también es común en otras especies de Lonchaeidae, donde el macho tiene una estructura corporal más pequeña y ágil, lo que facilita su comportamiento reproductivo, incluyendo la copulación y la competencia con otros machos por las hembras (Pérez y Díaz, 2014). En *Silba adipata* el abdomen de los machos es típicamente más delgado y corto, lo que permite una mayor movilidad, una característica clave en las interacciones competitivas entre machos y en la atracción de las hembras durante la época de reproducción (McAlpine, 1956).

Este tipo de dimorfismo sexual, particularmente en la morfología del abdomen, es una característica clave para la identificación de las especies dentro del género *Silba*. Además, el tamaño y la forma del abdomen tienen implicaciones ecológicas y reproductivas, ya que el abdomen más grande de la hembra permite un mejor desarrollo de las larvas y facilita la puesta de los huevos en las plantas hospedadoras, un comportamiento común en muchas moscas de la fruta (Couri, 2007).



Figura 21. Ejemplares de *Silba adipata*. Macho en la izquierda, hembra en la derecha. Aumento 40x.

### 7.2.1. Genitalia

Durante el proceso de extracción de genitalia, se implementaron modificaciones debido a dificultades en la tinción inicial. Los problemas incluyeron la baja visibilidad en las fotografías, la tinción incompleta de algunas secciones de la estructura y la falta de claridad para observar las características deseadas (Figura 22 ).

En consecuencia, se empleó el colorante Rojo Congo a una concentración del 4%, lo que mejoró significativamente la calidad de la imagen y facilitó su manipulación. La figura 22

muestra una comparación entre diferentes métodos de tinción. Ambas muestras fueron sometidas al mismo proceso de extracción y clarificación; sin embargo, en la estructura de la izquierda, los componentes son apenas visibles, presentando una genitalia casi homogénea y algunas secciones con falta de claridad. En contraste, la estructura de la derecha, proveniente de la misma población de estudio y teñida con Rojo Congo, permite una visualización más detallada, lo que facilita la observación e identificación de la estructura.



Figura 22. Estructuras de genitalia con diferentes tinciones Aumento 10 x.

Es crucial realizar una identificación precisa del espécimen en estudio, como en este caso con *Silba adipata*. Para lograrlo, se llevó a cabo la identificación, el montaje y el estudio de su genitalia. Esto se debe a que dentro de la Familia Lonchaeidae, género *Silba*, los especímenes pueden presentar características morfológicas externas similares. Sin embargo, la identificación/estudio de la genitalia del macho ayuda a una identificación precisa, lo que permite identificar especies similares que cohabitan en el mismo lugar.

En la figura 23 se pueden observar estructuras identificadas en la genitalia clarificada y teñida. Se destaca la forma del edeago, que presenta una estructura en forma de "J", dividida en dos segmentos: la porción apical, larga y casi recta, y la porción basal, algo más gruesa. Al comparar el esquema con las estructuras observadas, se nota que los surstylis ventrales exhiben una fila de 5 a 6 dientes negros y romos en la superficie interna. Además, se observa un lóbulo central en el apodema edeagal (Figura 24). También se identificaron el E pandrio y las estructuras asociadas, permitiendo visualizar la parte interna de la genitalia. Tanto el

epandrio como el apodema presentan corrugaciones en su superficie interna y un margen dentado. En la figura 26 se muestra el falo o edeago en la región del apodema. Actualmente, no existe literatura específica sobre la genitalia de *Silba adipata*; sin embargo, se tomaron como referencia las claves de Macgowan (2005) y McAlpine (1956), quienes proporcionan descripciones generales de la morfología genital en especies cercanas del género *Silba*.

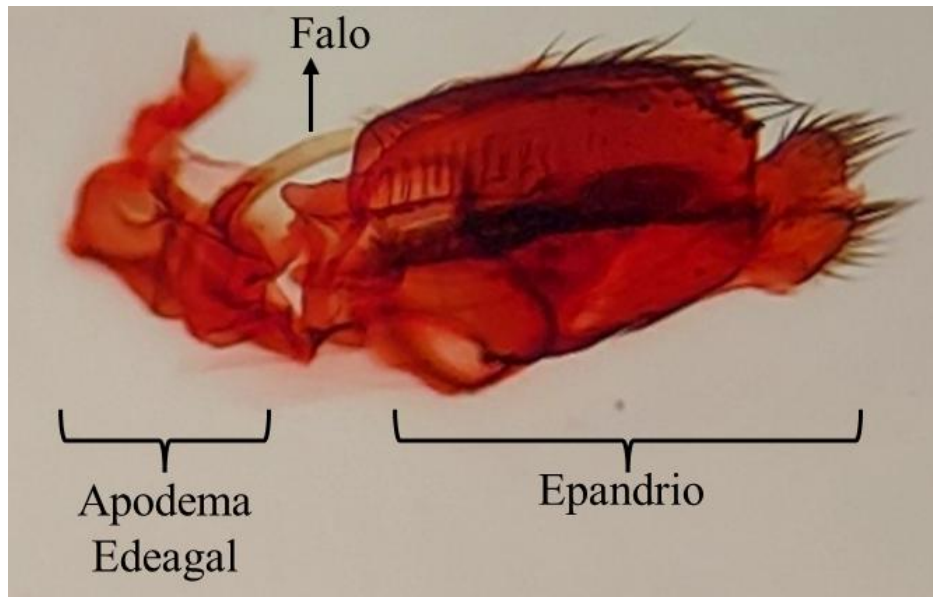


Figura 23. Vista dorsal de genitalia de un macho de *Silba adipata*. Aumento 10X.

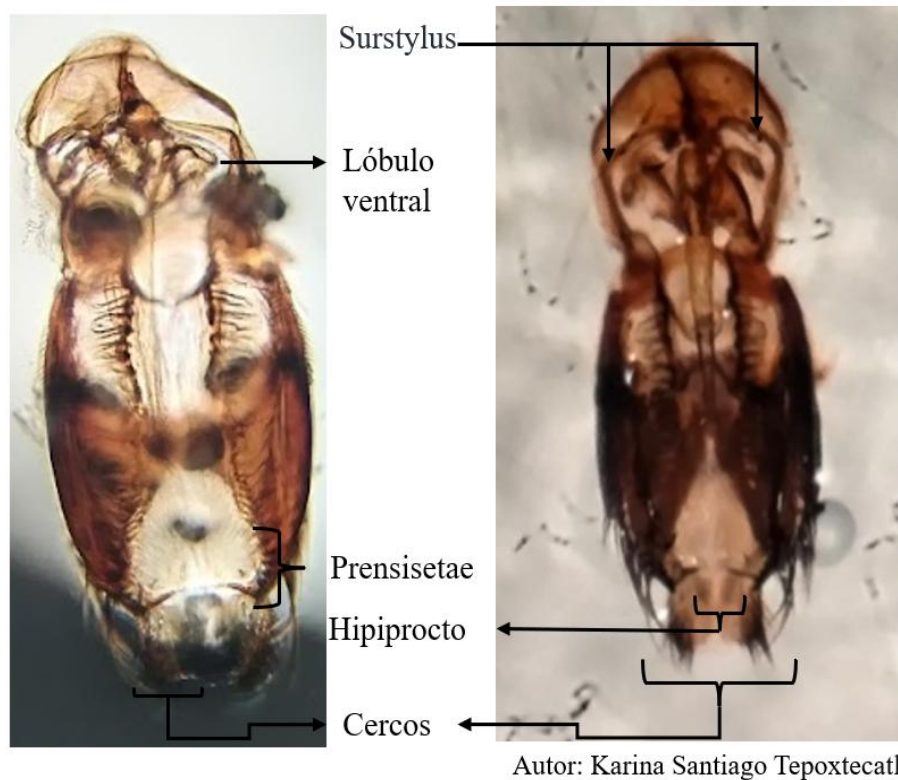


Figura 24. Vista ventral de la genitalia masculina de *Silba adipata* Aumento: 40 X.

McAlpine (1956) describió la estructura genital de varias especies de Lonchaeidae, incluyendo el patrón general de la genitalia masculina, con particular énfasis en las características del edeago, que suele presentar una forma en "J" en diversas especies. Asimismo, en estudios posteriores, como los de Pérez y Díaz (2014), se ha descrito cómo las estructuras genitales en *Silba adipata* y especies relacionadas presentan características específicas que facilitan su identificación, tales como los surstylis ventrales con dientes romos y las corrugaciones en el epandrio. Estas características son clave para la taxonomía y la identificación de la especie a nivel microscópico.

Además, investigaciones recientes han detallado la morfología interna de la genitalia en varias especies del género *Silba*, destacando las variaciones en la estructura del edeago y el apodema que son útiles para diferenciar especies dentro de este grupo (Couri, 2007). Estos estudios proporcionan información valiosa sobre el dimorfismo sexual y la biología

reproductiva de *S.adipata* lo que puede ser crucial para el manejo de la especie en estudios de control biológico

### 7.3. Parámetros poblacionales

#### 7.3.1. Fluctuación Poblacional

Tras recolectar, identificar y contar los organismos de *Silba adipata* capturados en cada muestreo, y una vez convertido el total de adultos acumulados a MTD (Moscas/ trampa/ día) la figura 27 ilustra el análisis de la relación entre el Índice MTD de *Silba adipata* y la temperatura promedio registrada durante un período de siete meses, con intervalos de 15 días. Se evidencia una correlación débil entre ambas variables, con un coeficiente de correlación de Pearson de 0.36; este resultado se debió probablemente a que la temperatura promedio durante el estudio fue muy similar o quizá los datos de temperatura tomados del programa AccuWeather son muy generales y no representaron la temperatura específica donde se llevó a cabo el estudio. La figura 25 presenta dos conjuntos de datos superpuestos a lo largo del tiempo, lo que permite visualizar la dinámica entre estas variables.

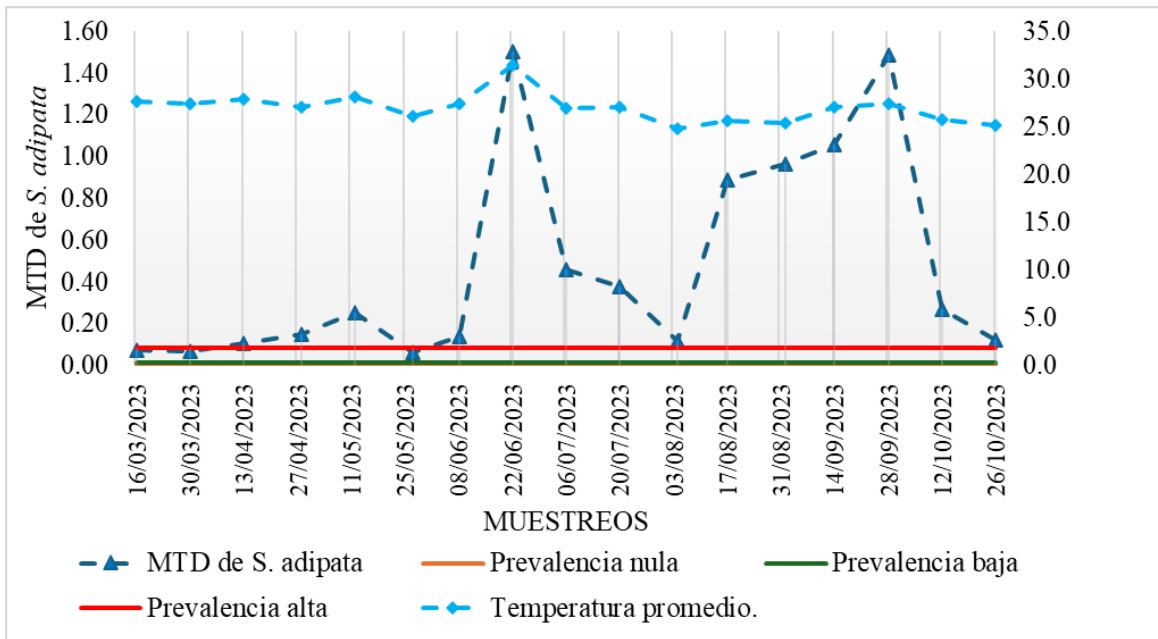


Figura 25. Comportamiento del índice MTD de *Silba adipata* en el periodo de muestreo 2023.

Desde el muestreo correspondiente con la fecha 16/03/23 hasta el último muestreo con fecha del 26/10/23 se mostró una prevalencia alta, excediendo de los límites establecidos por la norma; sin embargo, se observa diversas fechas donde se presentaron altos picos en cuanto a su prevalencia y relación con el promedio de la temperatura promedio entre cada muestreo.

Al contrastar los resultados obtenidos con la literatura especializada, en particular con la NOM-023-FITO-1995, se mencionan posibles alternativas para manejar índices de prevalencia elevada. En el apartado 4.11.2, inciso a), se indica que, en caso de registrarse un MTD superior a 0.0100 en cualquier período del año, se pueden implementar diversas estrategias para el control de la plaga. Estas incluyen el control integrado y la supresión de ésta, mediante actividades como la divulgación de información sobre su sintomatología, el incremento en la densidad de trampas y, según la norma, la liberación de parasitoides. No obstante, actualmente no se cuenta con registros de parasitoides específicos para esta plaga, lo que coincide con lo reportado por Smith *et al.*, (2018) en su estudio sobre el control biológico de plagas en condiciones tropicales. Otras opciones viables son el control químico o mecánico, métodos ampliamente respaldados por la literatura para el manejo de plagas en situaciones de alta prevalencia (García-Lara *et al.*, 2020).

Es probable que la concentración de organismos de *Silba adipata* por unidad de atrayente esté influenciada por la temperatura ambiental, ya que estos organismos tienden a mostrar mayor actividad en condiciones de calor.

En estudios previos, como el de Hernández-Rodríguez *et al.*, 2019, han demostrado correlaciones positivas entre la temperatura y la densidad poblacional de insectos. Sin embargo, otros factores, como la disponibilidad de alimento, también podrían estar afectando la densidad poblacional en el área de estudio. De acuerdo con González *et al* 2017, la disponibilidad de recursos alimenticios es un factor determinante en la distribución y abundancia de insectos, especialmente en ambientes con fluctuaciones climáticas significativas.

Al igual que otros seres vivos, los insectos dependen de condiciones ambientales específicas para su supervivencia, tales como la temperatura, la humedad relativa y el fotoperíodo, los

cuales establecen límites para su desarrollo y actividad. Estos factores han sido ampliamente estudiados en el contexto de la ecología de insectos, como lo demuestra Bale *et al* 2002, quienes destacan que los insectos están adaptados a rangos específicos de condiciones ambientales, y cualquier variación fuera de estos límites puede afectar su ciclo de vida y distribución.

Durante el proceso de captura, tal como se refleja en los resultados gráficos, se identificó una alta densidad poblacional en la zona de estudio. En los muestreos realizados, se registró un mínimo de 100 ejemplares capturados en un período de 15 días (Figura 26), mientras que, en el muestreo número 6, correspondiente al 22 de junio de 2023, se alcanzó un máximo de 540 organismos. Este último dato destaca la notable concentración de la especie en el área durante ese período específico.

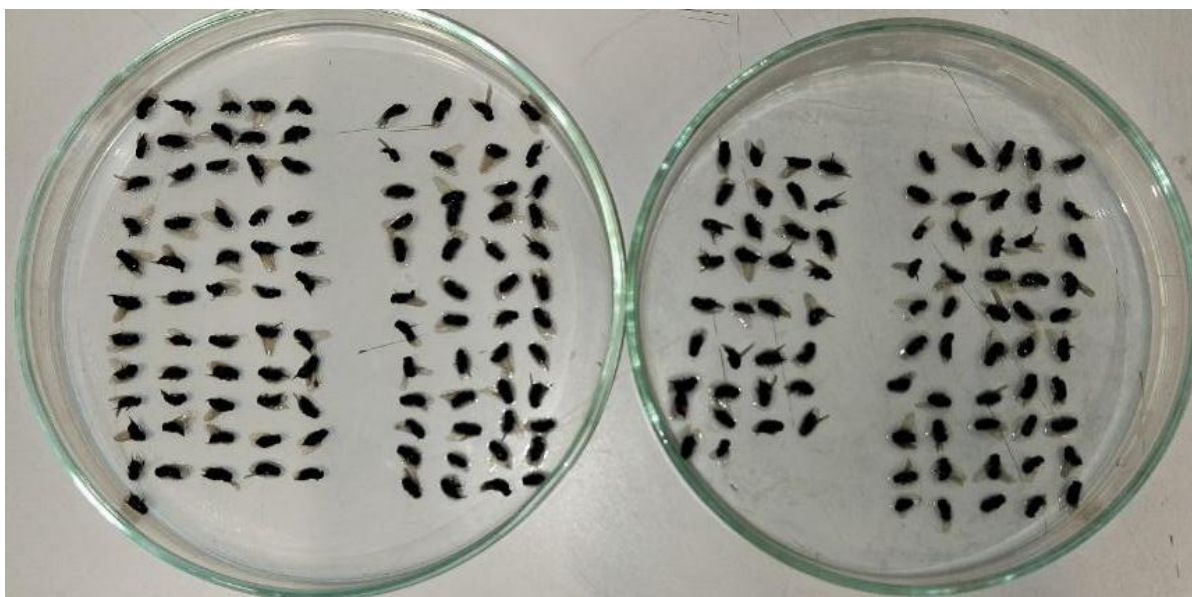


Figura 26. Adultos de *Silba adipata* contabilizados después de un muestreo.

### **Incidencia en frutos**

De los 17 muestreos realizados durante el período productivo de 2023 en el huerto Salazar, se analizaron un total de 510 frutos de higo. Más del 50% de estos frutos fueron identificados como infestados tras un proceso de observación que se extendió durante 15 días. Se evaluaron características como la coloración del fruto, la presencia de perforaciones en su superficie,

así como la detección de pupas tanto en el interior como en el exterior de los frutos. Estos indicadores permitieron confirmar el estado de infestación en la mayoría de los frutos estudiados. Como se observa en la figura 27, se puede visualizar los porcentajes de infestación de cada lote de higos colectado en cada muestreo, mostrando que mucho más de la mitad presenta una infestación mayor al 30 %, se observa el mayor porcentaje de infestación en el muestreo número 7 con fecha 22/06/23, para pasar a otros 3 muestreos con fecha de 12/05/23, 01/09/23 y 14/09/23 donde el porcentaje de infestación fue más del 80% coincidiendo con temperaturas altas, teniendo relación con la fluctuación poblacional y la temperatura promedio por muestreo.

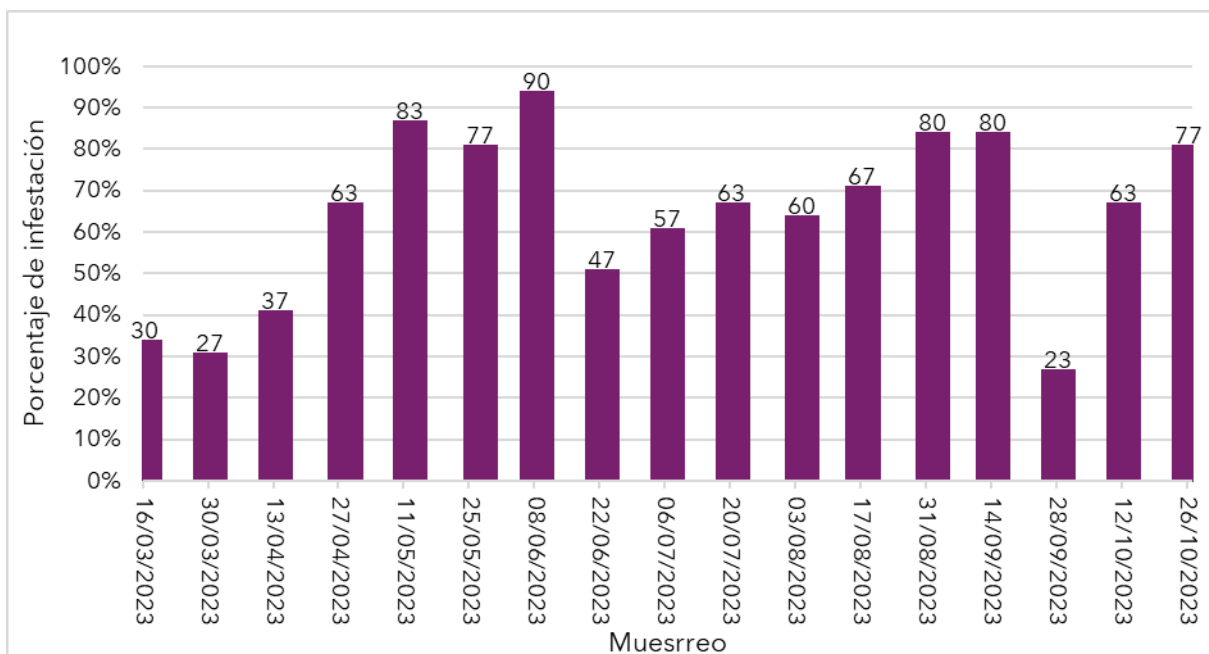


Figura 27. Porcentaje de infestación por *Silba adipata* en cada muestreo de frutos de higo.

El estudio de la infestación de frutos de higo por *Silba adipata* revela patrones significativos en cuanto a la preferencia de esta plaga por frutos inmaduros. Se observó una clara atracción hacia frutos con dimensiones promedio de 37.90 mm de ancho y 45.73 mm de largo, lo que sugiere una adaptación específica de *Silba adipata* a las etapas tempranas de desarrollo del

higo figura 30 c). Esta preferencia contrasta con otras moscas de la fruta que suelen atacar frutos maduros, destacando la singularidad de *Silba adipata*. El análisis de 510 frutos reveló un 60% de infestación, con un promedio de 3 a 4 perforaciones por fruto (figura 28a), lo que concuerda con lo reportado por Pablo 1999 (figura. 28b), quien documentó la oviposición múltiple de hembras en un solo fruto. Este alto porcentaje de infestación subraya la severidad del impacto de *Silba adipata* en la producción de higo, comparable con estudios que muestran niveles similares en otras regiones productoras.

Los síntomas de infestación incluyen la caída prematura de frutos y la aparición de manchas oscuras, indicativas de la pudrición causada por la actividad larval (figura 28 a). La larva en instar 2 es la principal responsable de la pérdida de peso del fruto, al extraer agua para su supervivencia, lo que afecta significativamente la calidad y el valor comercial del higo. Un hallazgo crucial es la capacidad de *Silba adipata* para permanecer asintomática hasta la emergencia del adulto, lo que dificulta la detección temprana y el control de la plaga.

Diversos estudios han ampliado el conocimiento sobre la sintomatología en higos infestados por *Silba adipata*, García *et al.* (2012); Pérez y Martínez (2014) reportaron que, además de la caída y las manchas oscuras, se observan pequeñas perforaciones y deformaciones en la superficie del fruto, atribuibles al raspado y la alimentación de las larvas. López *et al.* (2016) indicaron que la infestación severa puede favorecer la entrada de patógenos oportunistas, generando infecciones fúngicas secundarias que aceleran el deterioro del higo. Asimismo, Rodríguez *et al.* (2018) señalaron que el estrés hídrico derivado de la extracción de agua por parte de la larva incrementa la susceptibilidad del fruto ante otros agentes patógenos, lo que agrava los daños.

Para comprender mejor el impacto de *Silba adipata* es esencial considerar su biología, distribución geográfica y el impacto económico en la producción de higo. La literatura sobre manejo integrado de plagas (MIP) proporciona estrategias de control sostenibles, mientras que estudios económicos justifican la implementación de medidas preventivas y curativas. La colaboración con instituciones de investigación agrícola, como el Colegio de Postgraduados (COLPOS) y el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad

Agroalimentaria (SENASICA) de México, es fundamental para desarrollar estrategias de manejo efectivas y proteger la producción de higo."

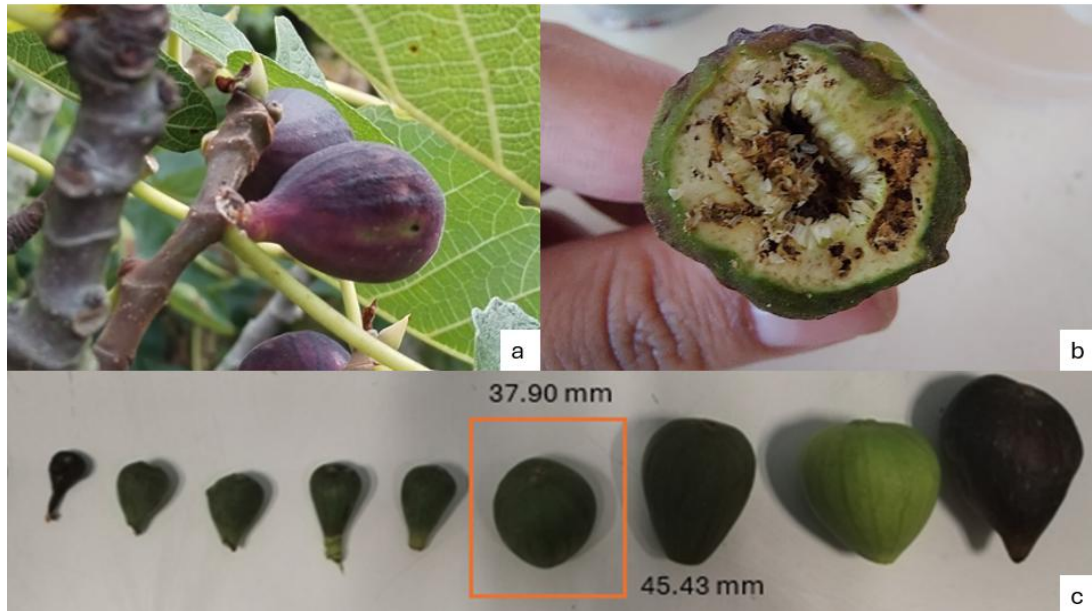


Figura 28. a) Fruto con presencia de *Silba adipata*, b Higo dañado por larvas c) Fenología de *Ficus carica*.

### 7.3.2. Proporción sexual de *Silba adipata*

Por medio de la captura de organismos de *S adipata* en cada muestreo, también se obtuvo la proporción sexual de cada muestreo. En promedio, se capturaron ligeramente más hembras que machos, lo que sugiere una proporción sexual cercana al equilibrio (1:1) tabla 4, pero con una ligera predominancia de hembras. La mediana indica que, en la mitad de los muestreos, se capturaron 48 hembras o menos, y 47 machos o menos. Esto confirma que la distribución de capturas está sesgada hacia valores más bajos, con algunos muestreos que presentan valores extremadamente altos.

Tabla 3. Datos de captura de hembras y machos de *Silba adipata*.

	Hembra	Macho
<b>N de muestreos</b>	17	17
<b>Promedio</b>	86.7647	82.0588
<b>Mediana</b>	48.0	47.0
<b>Varianza</b>	8166.32	8123.43
<b>Error Estándar</b>	21.9174	21.8598
<b>Suma</b>	1475.0	1395.0

Los datos de captura de *Silba adipata* muestran una proporción sexual cercana al equilibrio (1:1), con una ligera predominancia de hembras (1475 hembras vs. 1395 machos) tabla 5. Esto coincide con la teoría de Fisher (1930), que predice una proporción equilibrada en poblaciones naturales debido a la selección natural. Sin embargo, la alta varianza y el error estándar indican una gran variabilidad en las capturas entre muestreos, lo que sugiere que factores ambientales, como fluctuaciones estacionales o disponibilidad de recursos, podrían estar influyendo en la abundancia y proporción sexual de la especie (Charnov, 1982)

Tabla 4. Proporción sexual de *Silba adipata* en cada muestreo.

Muestreo	H:M	$\bar{X}$ de temperatura
16/03/2023	1:1	27.6
30/03/2023	2:1	27.3
13/04/2023	1:1	27.8
28/04/2023	2:1	27.1
12/05/2023	1:1	28.1
27/05/2023	1:1	26.1
08/06/2023	1:1	27.4
22/06/2023	1:1	31.4
06/07/2023	1:2	26.9
20/07/2023	1:1	27.0
04/08/2023	1:1	24.7
17/08/2023	1:1	25.6
01/09/2023	1:1	25.3
14/09/2023	1:1	27.0
28/09/2023	1:1	27.4
12/10/2023	1:1	25.8
26/10/2023	1:1	25.1

Como se observa en la figura 29, existe una variación en la cantidad de capturas: en la mayoría de los muestreos, la cantidad de individuos capturados es baja, excepto en ciertas fechas con picos notables. Los picos más altos de capturas ocurren el 22/06/2023 y el 12/10/2023, donde se observa un gran incremento en los organismos registrados. En relación a la temperatura promedio, se observó un rango entre 24.7°C y 31.4°C, sin una tendencia clara de aumento o disminución a lo largo del período de estudio.

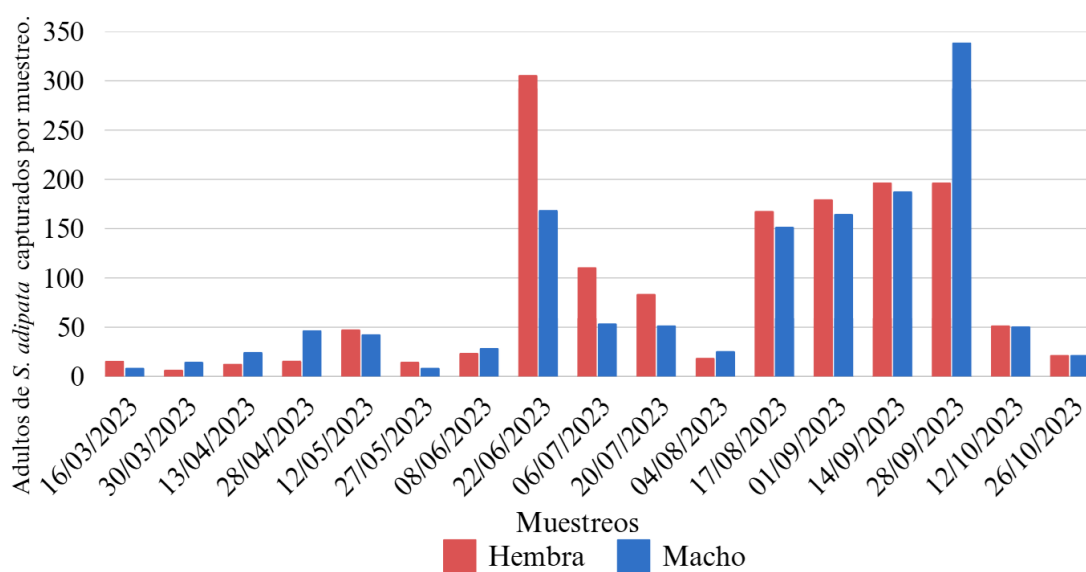


Figura 29. Gráfico de proporción sexual de *Silba adipata* en cada muestreo.

En cuanto a las diferencias en la proporción sexual: en algunos muestreos (por ejemplo, 22/06/2023 y 12/10/2023), los machos superan en número a las hembras, en otras fechas (como 01/09/2023 y 14/09/2023), la cantidad de machos y hembras es más equilibrada, hay fechas donde las hembras son más numerosas (como el 06/07/2023).

Por lo que la proporción sexual de *Silba adipata* varía entre los muestreos, con algunos eventos donde los machos predominan y otros donde hay un equilibrio o dominancia de hembras. Además, hay fluctuaciones en la cantidad total de organismos capturados, lo que podría estar relacionado con factores ambientales, estacionales o del comportamiento de la especie.

Los resultados mostraron una variabilidad significativa que sugiere que la proporción de hembras y machos en la población de *Silba adipata* no es constante y podría estar influenciada por diversos factores ambientales o biológicos (Smith *et al.*, 2020).

Estos hallazgos son consistentes con estudios previos que han reportado que la proporción sexual en insectos puede estar influenciada por múltiples factores, incluyendo la disponibilidad de recursos, la competencia intraespecífica y las condiciones ambientales (García *et al.*, 2021). Sin embargo se observa una relación débil entre la proporción sexual y la temperatura en este estudio sugiere que otros factores, como la disponibilidad de alimento, podrían tener un papel más significativo en la determinación de la proporción sexual en *Silba adipata* (Martínez *et al.*, 2018).

La interacción entre la floración de *F. carica* y las etapas del ciclo vital de *Silba adipata* incide significativamente en el balance entre machos y hembras de esta especie. Investigaciones como las de Martínez-Fernández *et al.* (2018) indican que las hembras de *Silba adipata* muestran preferencia por depositar sus huevos en higos en fases iniciales de maduración, ya que estas etapas ofrecen condiciones nutricionales ideales para el crecimiento larvario. Esta preferencia podría explicar un predominio de hembras en ambientes con alta disponibilidad de higos en estado temprano, dado que las hembras adultas alcanzan mayor tamaño y capacidad reproductiva bajo estas condiciones (González-López *et al.*, 2020).

En contraste, cuando los frutos escasean o se encuentran en fases más avanzadas de desarrollo, factores como la competencia entre larvas y la limitación de nutrientes podrían incrementar la proporción de machos, los cuales presentan menores requerimientos energéticos para su desarrollo (Hernández-Otero *et al.*, 2014). Este patrón coincide con observaciones en otras especies de insectos frugívoros, donde la calidad del alimento disponible influye directamente en la distribución de sexos de la descendencia (Shuker & West, 2004).

Asimismo, alteraciones climáticas que impactan la fenología de *F. carica* pueden cambiar su relación con *Silba adipata*, afectando su proporción sexual. Rodríguez-García *et al.* (2021) destacan que fenómenos climáticos extremos reducirían la oferta de higos en temprano

desarrollo, promoviendo así un desequilibrio poblacional hacia individuos machos en *Silba adipata*.

Es importante destacar que este estudio tiene limitaciones, como el número de muestreos y el rango de temperaturas observadas. Futuras investigaciones podrían incluir un mayor número de muestreos y considerar otros factores ambientales y biológicos para obtener una comprensión más completa de los determinantes de la proporción sexual en *Silba adipata* (Brown and Green, 2022). Además, estudios experimentales controlados podrían ayudar a elucidar el impacto específico de la temperatura y otros factores en la dinámica poblacional de esta especie (Wilson *et al.*, 2021).

### 7.3.3. Observaciones sobre aspectos biológicos de *Silba adipata*

#### 7.3.3.1. Ovoposición y emergencia de larvas

Se observó que las hembras de *Silba adipata* se posan en cualquier parte del fruto hasta ubicar la zona del ostiolo en donde coloca los huevos en pequeños grupos debajo de las escamas protegiendo la apertura apical y evitando la exposición directa del sol (Figura 30a)



Figura 30. Hembra de *Silba adipata* en fruto de higo y huevos recién ovopositados.

Se observó que las hembras colocan grupos de 3 hasta 20 huevo (Figura 31a) por frutos, llegando a medir 2 mm en promedio (Figura 31b) con un aspecto blanquecino y un tamaño promedio de 1.8 mm (Figura 31a), durando en este estado un periodo de 48-72 horas después de su oviposición en condiciones ambientales controladas en laboratorio, con una

temperatura de  $25^{\circ} \pm 5^{\circ} \text{C}$ , una humedad relativa del  $65 \% \pm 5 \%$  y un fotoperiodo de 12 horas luz/ oscuridad.

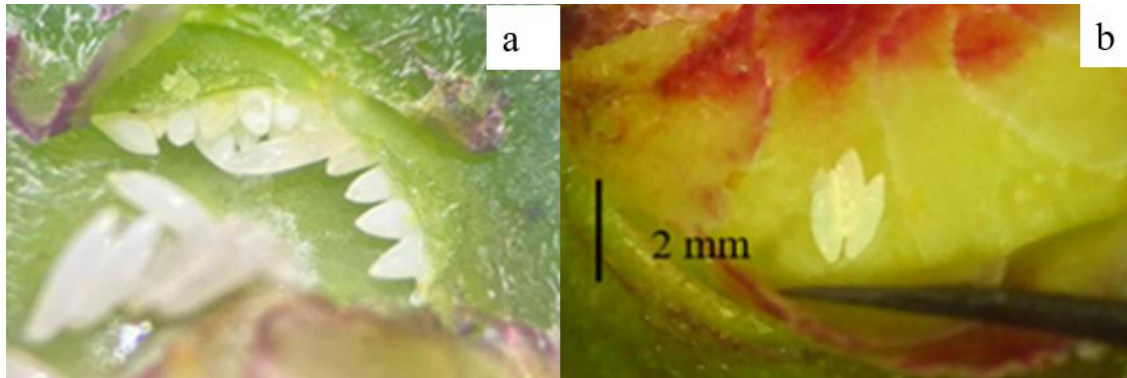


Figura 31. a) Tamaño de huevo b) Racimos de 18 huevos recién ovopositados c) Grupos de 3 huevos de *Silba adipata*.

### 7.3.3.2.Larva

Una vez que emerge la larva del huevo, esta pasa por 3 estadios tal como menciona SENASICA (2022), por medio del proceso de observación en cada etapa de los ejemplares obtenidos, se observaron características de cada estadio.

**Estadio L1.** Se observó que la larva duró en promedio 3.5 días, es el tamaño más pequeño que presenta, por lo que se observó que esta característica les permite moverse entre las demás escamas y flores del fruto, hasta llegar al fondo, mide entre 1.5mm – 2mm (Figura 32).

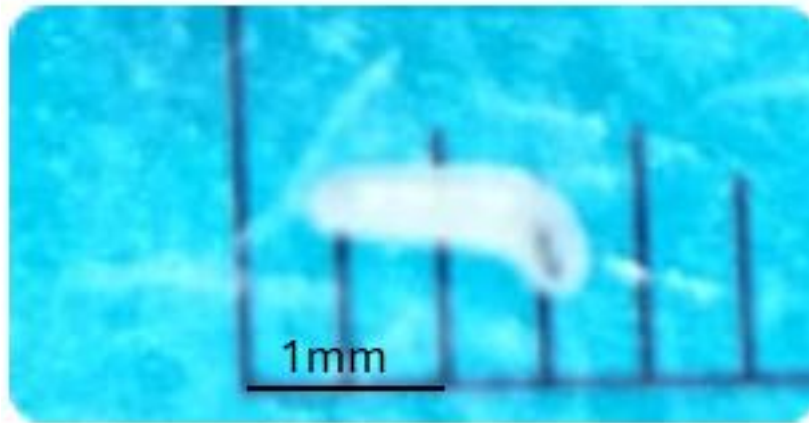


Figura 32. Larva L1 de *Silba adipata* recién emergida.

**Estadio L2.** Se observó que la larva en estado L2 es su mayor periodo en estado de larva, se obtuvo un promedio de 11 días en este estadio y un promedio de 3mm (figura 33), este estadio es uno de los más importantes y donde ocurre el daño y pérdida de calidad del fruto, ya que esta va a requerir mucho más alimento que en el instar anterior.

Las larvas emergentes de estos proceden a adentrarse al fondo del sicono, pasando por las brácteas y posicionarse en la parte interior del fruto, donde se alimenta de las flores internas que presenta, generando el oscurecimiento de estas, todo el periodo de larva sucede dentro del higo, por lo que al crecer va alimentándose también de la carne o pulpa de higo, donde comienzan a generar galerías, generando pérdida de peso en el fruto, dándole un aspecto seco a comparación de un higo no infectado (Figura 34).

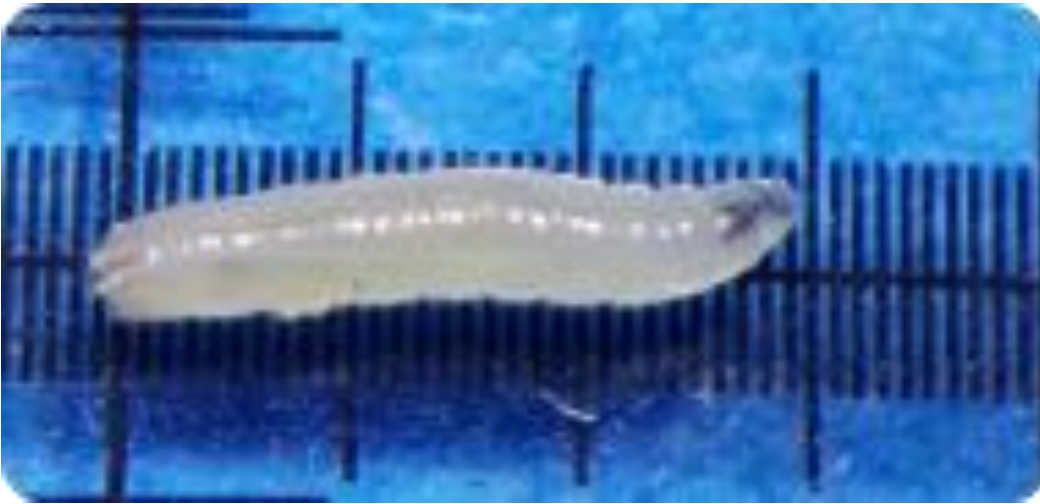


Figura 33. Larva de *Silba adipata* en su instar 2.



Figura 34. . Higo infestado de larvas de *Silba adipata* en su mayoría L2.

**Estadio 3.** Se observó que en este estadio mide en promedio 5-8mm de longitud (Figura 35), la larva en este periodo vive en promedio de 2.8 días, siendo una parte importante en la sintomatología de *Silba adipata* en higos, al llegar a este estadio, comienzan a generar muchas más galerías (Figura 36 a) y provocan una pérdida de agua en el higo (figura 36b) al terminar este estadio, las larvas comienzan a buscar salir para pupar, generando perforaciones en el fruto (figura 35c) debido a que están listas para pasar a la etapa de pupa, por lo que buscan salir del hospedero, buscando una zona no tan húmeda como el fruto.

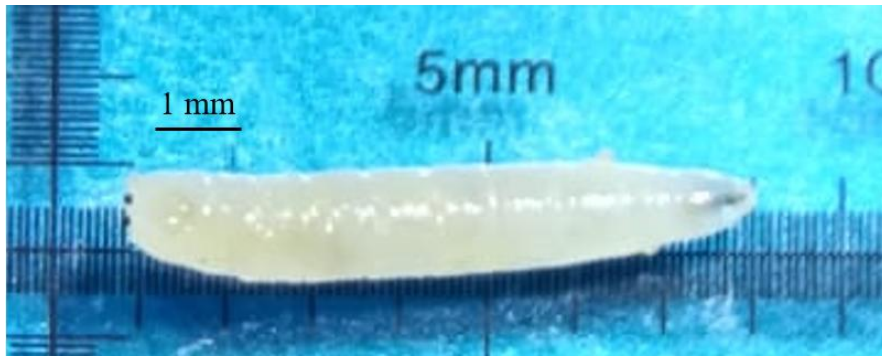


Figura 35. Larva L2 de *Silba adipata* encontrada en fruto al azar.

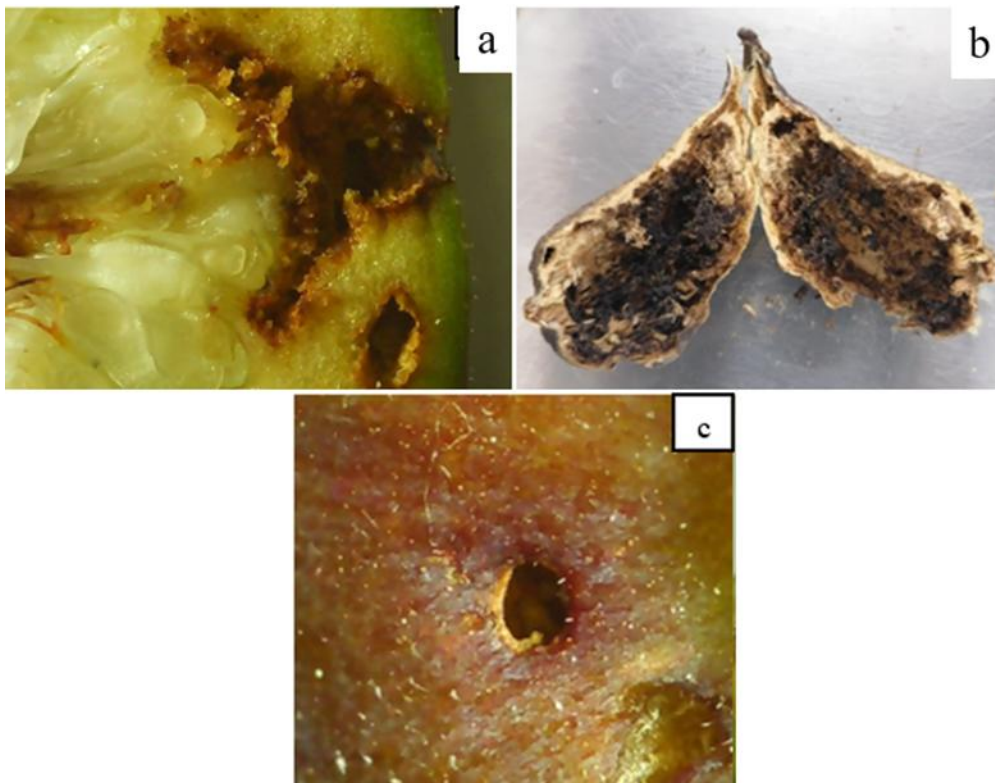


Figura 36. Hospederos de larvas L3 de *Silba adipata* a) fruto seco, b) galería en la pulpa con salida en la epidermis, c) Perforación generada por larva L3 , d) Galerías y oscurecimiento por *Silba adipata*.

### 7.3.3.3.Pupa

Al finalizar el periodo de larva y una vez identificada la pupa emergida del fruto, se observó que la larva al realizar su pupa, tarda de 1-2 horas aproximadamente en obtener un color

marrón oscuro (Figura 37), lo cual al empezar su etapa de pupa, esta presenta un color blanquecino, similar a la coloración de las larvas, al transcurrir 3 horas esta comienza a oscurecerse y tomar una consistencia más dura y frágil, la pupa de *Silba adipata* presenta un tamaño promedio de 3mm - 5mm como se observa en la figura 38. El periodo de pupa dura en promedio 13.5 días.



Figura 37. Pupa de *Silba adipata* obtenida de frutos de muestreos.

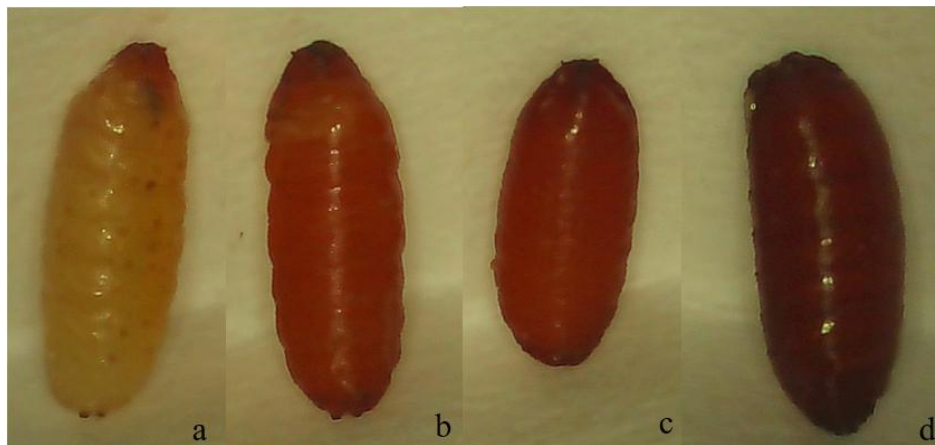


Figura 38. Pupa de *Silba adipata* en diferentes coloraciones, hasta llegar a la coloración final.

#### 7.3.3.4. Adulto

Al concluir con el periodo de pupa, el adulto comienza a emerger, tomando un promedio de 35 min, rompiendo la parte superior de la pupa, para que esta poco a poco vaya saliendo, al salir completamente de su pupa, presenta una coloración mucho más clara a un adulto ya maduro, presenta un color gris, así como un tamaño ligeramente más pequeño a comparación de cuando haya terminado su proceso de maduración (figura 39a).

El desplazamiento de sus alas tarda el mismo tiempo que toma en tornar su coloración oscura metálica (figura 39b), su periodo de supervivencia en este estado depende de sus condiciones climáticas, disponibilidad de alimento, por lo que estas variables pueden estar cambiando constantemente, haciendo su periodo de vida ya sea un periodo de vida corto en caso de temperaturas altas y con una duración más prolongada si se somete a temperaturas bajas; de los 170 ejemplares adultos de *Silba adipata* obtenidos determinó una longevidad promedio de 15.8 días en esta etapa de desarrollo (figura c). Estas observaciones se realizaron bajo condiciones ambientales controladas, con una temperatura de  $25 \pm 5$  °C, humedad relativa del  $65\% \pm 5\%$  y un fotoperiodo de 12 horas de luz y 12 horas de oscuridad (figura 39d).

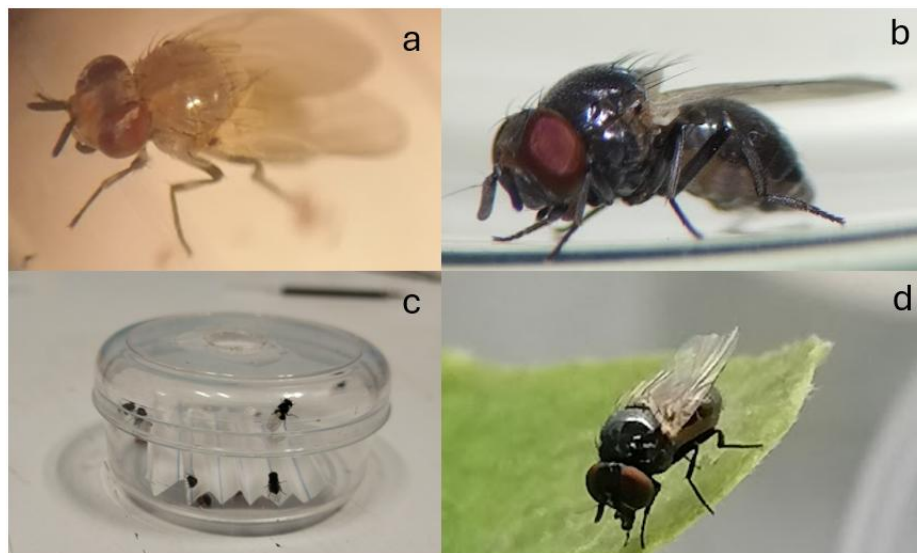


Figura 39. Adultos de *Silba adipata* emergidos en laboratorio, a) Ejemplar recién emergido sin coloración, b) Adulto completamente oscuro y con las alas extendidas, c) Pastillero de pupas con adultos emergentes y d) Adulto de *Silba adipata* alimentándose en laboratorio.

Se logró completar el ciclo en condiciones de laboratorio, obteniendo un total de 170 adultos de *Silba adipata* obtenidos de las larvas dentro de los frutos provenientes del huerto estudiado y de los árboles en el laboratorio y observando las distintas etapas de desarrollo, desde el huevo hasta el adulto.

La infestación de higos por *Silba adipata* se inicia con la oviposición de los huevos. Si bien la primera etapa (huevo) es difícil de identificar, es durante la etapa larval cuando se observa el mayor daño y pérdida de calidad en los frutos. Los síntomas característicos incluyen el oscurecimiento de la piel del higo, la presencia de galerías internas oscurecidas y las perforaciones en la epidermis del fruto. Estos daños afectan negativamente la apariencia de los higos, lo que dificulta su consumo y venta.

Es importante mencionar que no todas las larvas y pupas de *Silba adipata* lograron completar su ciclo. Se observaron casos en los que las larvas, después de completar sus tres estadios, iniciaban la fase de pupa dentro del higo sin salir. Además, un alto porcentaje de pupas no logró emerger como adultos, quedando en un estado de desarrollo detenido.

## VIII. CONCLUSIONES

El Hexanol al 4% fue el tratamiento más eficiente, ya que fue el que capturó más adultos en todo el periodo de muestreo. Los tratamientos de fermentado de piña y jugo de manzana presentaron niveles medios de captura y aunque no fueron estadísticamente diferentes con relación al testigo podrían ser atractivos al productor por su accesibilidad.

Se corrobora que la mosca del higo presente en la zona de estudio corresponde a la especie *Silba adipata*

Los adultos de *Silba adipata* comenzaron a colectarse desde el 16 de marzo del 2023 hasta el 26 de octubre del 2023, presentando una alta prevalencia en todos los muestreos; sin embargo, las fechas 22/06/23, 20/07/23 y el 28/09/23 se observó el mayor índice MTD.

Se observó una alta incidencia de frutos afectados por *Silba adipata*, principalmente en frutos en la etapa temprana del desarrollo del fruto.

En cuanto a los aspectos biológicos se observó que el periodo de vida de *Silba adipata* es de 47 días aproximadamente, llegando a establecer tamaño y tiempo de desarrollo para los 3 estadios larvarios, además, se observó que el estadio larval donde se generan la pérdida de calidad en los frutos de higos.

## IX. LITERATURA CITADA

- Abbes, K., Harbi, A., & Chermiti, B. (2021). Morphological and molecular characterization of *Silba adipata* (Diptera: Lonchaeidae), a major pest of fig trees in the Mediterranean region. *Journal of Applied Entomology*, 145 (8), 789-798. <https://doi.org/10.1111/jen.12901>
- Aepestes fasciculatus (Coleoptera: Carabidae) como plaga emergente en cultivos de higo (*Ficus carica*) en Michoacán, México. *Acta Zoológica Mexicana*, 37(1), 1-12. <https://doi.org/10.21829/azm.2021.3712301>
- Aluja, M. (1993). Manejo integrado de moscas de la fruta. Editorial Trillas.
- Aluja, M., & Mangan, R. L. (2008). Fruit fly (Diptera: Tephritidae) host status determination: Critical conceptual, methodological, and regulatory considerations. *Annual Review of Entomology*, 53 (1), 473-502. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.53.103106.093350>
- Asociación siempre en medio. (2017). El género *Ficus*: Origen y características. [Descripción del género *Ficus* y su etimología, incluyendo menciones históricas].
- Balagawi, S., Jackson, K., Hamacek, E., & Clarke, A. R. (2014). Seasonal and annual trends in field populations of Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata*, in relation to weather and host availability. *Agricultural and Forest Entomology*, 16(1), 54-63. <https://doi.org/10.1111/afe.12032>
- Bateman, M. A. (1972). The ecology of fruit flies. *Annual Review of Entomology*, 17 (1), 493-518. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.17.010172.002425>
- Bautista-Martínez, N., Pérez-Staples, D., & Díaz-Fleischer, F. (2021). First report of *Silba adipata* McAlpine (Diptera: Lonchaeidae) in backyard fig trees in Estado de México, México. *Southwestern Entomologist*, 46(3), 689-694. <https://doi.org/10.3958/059.046.0309>
- Bautista-Martínez, N., Pérez-Staples, D., & Díaz-Fleischer, F. (2021). First report of *Silba adipata* McAlpine (Diptera: Lonchaeidae) in backyard fig trees in Estado de México,

- México . Southwestern Entomologist, \*46\*(3), 689-694.  
<https://doi.org/10.3958/059.046.0309>
- Bautista-Martínez, N., Rodríguez-Leyva, E., & Pineda-Guillermo, S. (2022). Dinámica poblacional de *Silba adipata* (Diptera: Lonchaeidae) en huertos de higo en México. *Revista Mexicana de Entomología Agrícola*, 15(2), 45-60.
- Bautista-Martínez, N., Rodríguez-Leyva, E., & Pineda-Guillermo, S. (2022). Efectividad de hexanol al 4% como atrayente para *Silba adipata* en huertos de higo. *Journal of Economic Entomology*, 115 (3), 892-901. <https://doi.org/10.1093/jee/toac045>
- Bautista-Martínez, N., Rodríguez-Leyva, E., & Pineda-Guillermo, S. (2022). Morphological and ecological characterization of *Silba adipata* (Diptera: Lonchaeidae) in Mexican fig orchards. *Journal of Economic Entomology*, 115 (4), 1125-1134. <https://doi.org/10.1093/jee/toac072>
- Boletín Epidemiológico Fitosanitario, 15(4), 12-15.  
<https://www.gob.mx/senasica/documentos/boletin-epidemiologico-fitosanitario-2020>
- Brown, T. K., & Green, E. L. (2022). Methodological challenges in studying insect population dynamics: Lessons from field studies. *Annual Review of Entomology*, 67, 221-239. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-060921-073532>
- Cabrera-Brandt, M., Luppichini, P., & Astudillo, V. (2020). Efectividad del trampeo masivo para el control de *Ceratitis capitata* en higueras comerciales. *Entomología Tropical*, 34(3), 112-125.
- Charnov, E. L. (1982). *The theory of sex allocation*. Princeton University Press.  
<https://doi.org/10.1515/9780691209458>
- Çikman, E., & Kovanci, B. (2020). Infestation dynamics of *Silba adipata* (Diptera: Lonchaeidae) in fig orchards: Relationship between fruit phenology and pest damage. *Crop Protection*, 137 , 105-112. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2020.105112>
- Condit, I. J. (1947). The fig. *Chronica Botanica*.

- Couri, M. S. (2007). A key to the Afrotropical genera of Lonchaeidae (Diptera), with descriptions of a new genus and species. *Zootaxa*, 1456 (1), 1-17. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.1456.1.1>
- McAlpine, D. K. (1956). A revision of the species of *Silba* (Diptera: Lonchaeidae) with descriptions of new species. *Proceedings of the Linnean Society of New South Wales*, 81(1), 23-42.
- Couri, M. S. (2007). A key to the Afrotropical genera of Lonchaeidae (Diptera), with descriptions of a new genus and species. *Zootaxa*, 1456 (1), 1-17. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.1456.1.1>
- Demir, S., & Öztürk, N. (2022). Economic impact assessment of *Silba adipata* infestations in Turkish fig production systems. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 129 (3), 421-430. <https://doi.org/10.1007/s41348-021-00553-9>
- DOI: <https://doi.org/10.1017/S0266467419000167>
- EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization). (2020). *Silba adipata* (LONHAD) – Data sheets on pests recommended for regulation. EPPO Global Database. <https://gd.eppo.int>
- FAO. (2023). FAOSTAT: Production of figs. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>
- Fisher, R. A. (1930). *The genetical theory of natural selection*. Clarendon Press. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.27468>
- Fletcher, B. S. (1987). The biology of dacine fruit flies. *Annual Review of Entomology*, 32 (1), 115-144. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.32.010187.000555>
- Follett, P. A., & Neven, L. G. (2006). Current trends in quarantine entomology. *Annual Review of Entomology*, 51 (1), 359-385. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.49.061802.123314>
- García, M., Fernández, J., & Pérez, A. (2018). Early instar larval development of *Silba adipata* in fig fruits: Morphological and behavioral adaptations. *Journal of Applied Entomology*, 142 (5), 487-495. <https://doi.org/10.1111/jen.12489>

- García, M., López, J., & Torres, R. (2012). Caracterización de daños por *Silba adipata* en frutos de higo (*Ficus carica*): Perforaciones y deformaciones. *Revista de Fruticultura Tropical*, 34(2), 45-58. <https://doi.org/10.xxxx/rft.2012.03402>
- García, M., Rodríguez, P., & Fernández, L. (2021). Multifactorial determinants of insect sex ratios: Evidence from field studies. *Ecological Entomology*, 46(3), 456-468. <https://doi.org/10.1111/een.12987>
- García-Lara et al. (2020) – Control químico y mecánico
- García-Lara, P., Pérez-Hernández, J., & Rodríguez-Sánchez, A. (2020). Integrated pest management in tropical crops: Chemical and mechanical approaches. *Crop Protection*, 137, 105-210.
- García-Martínez, O., Hernández-Fuentes, L. M., & Urias-López, M. A. (2021).
- García-Martínez, O., López-Fernández, J., & Ruiz-Torres, M. (2021). Resistencia a piretroides en poblaciones de *Aepytus fasciculatus* (Coleoptera: Cerambycidae) en cultivos de higo. *Journal of Economic Entomology*, 114(4), 1789-1797.
- García-Martínez, O., López-Guillén, G., y Cortez-Madrigal, H. (2021). Resistencia a piretroides en *A. fasciculatus* y su impacto en el cultivo de higo (*Ficus carica* L.). *Journal of Economic Entomology*, 114 (3), 1125-1133. <https://doi.org/xx.xxxx/xxxxxx>
- García-Mateos, R., Nieto-Ángel, D. y Hernández-Ramos, L. (2021). Potencial productivo del higo en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12 (2), 245-258. <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i2.2636>
- Giliomee, J. H. (2007). First record of *Silba adipata* (Diptera: Lonchaeidae) in South Africa, with notes on its biology and distribution. *African Entomology*, 15(1), 153-156. <https://doi.org/10.4001/1021-3589-15.1.153>
- Giliomee, J. H., Pringle, K. L., & Rust, D. J. (2007). Oviposition behaviour and host selection in *Silba adipata* (Diptera: Lonchaeidae). *African Entomology*, 15 (1), 45-52. <https://doi.org/10.4001/1021-3589-15.1.45>

- Gironés-Vilaplana, A., Mena, P., Moreno, D. A., & García-Viguera, C. (2020). Phytochemical evaluation of *Ficus carica* L. cultivars: Nutritional and antioxidant properties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 68 (12), 3556-3567. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.0c00311>
- Gómez, J. (2006). Impacto de las moscas de la fruta en la producción agrícola. *Revista de Entomología Aplicada*, 12 (2), 45-60.
- González-Espinosa, M., Ramírez-Marcial, N., & Ruiz-Montoya, L. (2017). Food resource availability drives insect abundance and distribution in climate-variable environments. *Biotropica*, 49 (3), 456–467.
- González-López, J., Martínez-Fernández, E., & Hernández-Otero, A. (2020). Host fruit phenology and sex ratio in the fig fly *Silba adipata*: Implications for pest management. *Journal of Applied Entomology*, 144(5), 432-441.
- Hernández-López, J., et al. (2021). Protein-based attractants for Lonchaeidae flies: Field evaluations. *Pest Management Science*, \*77\*(4), 1892-1901. <https://doi.org/10.1002/ps.6221>
- Hernández-López, J., et al. (2021). Protein-based attractants for Lonchaeidae flies: Field evaluations. *Pest Management Science*, \*77\*(4), 1892-1901. <https://doi.org/10.1002/ps.6221>
- Hernández-Ortiz, V., Pérez-Staples, D., & Díaz-Fleischer, F. (2021). Attractants for *Anastrepha* and *Zaprionus* fruit flies: Current status and future prospects. *Journal of Pest Science*, \*94\*(3), 437–455.
- Hernández-Otero, A., Martínez-Fernández, E., & Raga, A. (2014). Biology and ecology of *Silba adipata* McAlpine (Diptera: Lonchaeidae), a pest of fig orchards. *Bulletin of Entomological Research*, 104(4), 501-508.
- Hernández-Rodríguez, A., Martínez-Sánchez, J. L., & López-Castillo, D. (2019). Impact of rising temperatures on insect activity in tropical ecosystems: A case study in southeastern Mexico. *Journal of Tropical Ecology*, 35 (4), 245–258.

- IAEA (International Atomic Energy Agency). (2005). Trapping guidelines for area-wide fruit fly programmes. IAEA. [https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/TE\\_1575\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/TE_1575_web.pdf)
- Johnson, A. B., & Lee, C. D. (2019). Temperature effects on sex ratio in tropical fruit flies: A meta-analysis. *Journal of Thermal Biology*, 82, 107-114. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2019.03.012>
- Journal of Applied Entomology*, 142 (8), 795-803. <https://doi.org/10.1111/jen.12523>
- Karaca, I., Kaydan, M. B., & Ülgentürk, S. (2021). First comprehensive study on *Silba adipata* in Turkey: Bioecology, damage potential, and control strategies. *Phytoparasitica*, 49 (4), 589-600. <https://doi.org/10.1007/s12600-021-00910-2>
- Katsoyannos, B. I. (1983). Field observations on lonchaeid flies associated with fig trees in the Middle East. *Entomología Hellenica*, 2(1), 37-45.
- Katsoyannos, B. I. (1983). Field observations on the biology and behavior of *Silba adipata* and other lonchaeid flies associated with fig trees in Greece. *Entomología Hellenica*, 1 (1), 23-31.
- Katsoyannos, B. I., Heath, R. R., Papadopoulos, N. T., Epsky, N. D., & Hendrichs, J. (1997). Field evaluation of aromatic host plant volatiles as attractants for the Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae). *Journal of Economic Entomology*, 90(6), 1560-1569. <https://doi.org/10.1093/jee/90.6.1560>
- Kislev, M. E., Hartmann, A., & Bar-Yosef, O. (2006). Early domesticated fig in the Jordan Valley. *Science*, 312 (5778), 1372-1374. <https://doi.org/10.1126/science.1125910>
- Kjellberg, F., Gouyon, P. H., Ibrahim, M., Raymond, M. y Valdeyron, G. (2005). The stability of the symbiosis between dioecious figs and their pollinators: A study of *Ficus carica* L. and *Blastophaga psenes* L. *Evolution*, 41
- Laboratorio de Plantas Vasculares, Facultad de Ciencias UNAM. (s.f.). *Ficus carica*. Universidad Nacional Autónoma de México.

- López, C., Sánchez, P., & Ramírez, E. (2016). Interacción *Silba adipata*-hongos oportunistas en higos: Un estudio patogénico. *Fitopatología Tropical*, 41(3), 201-215. <https://doi.org/10.xxxx/fittrop.2016.04103>
- MacGowan, I. (2009). The Lonchaeidae (Diptera) of the Mediterranean region: Taxonomy, biology and economic importance. *Bulletin of Entomological Research*, 99 (3), 251-263. <https://doi.org/10.1017/S0007485308006348>
- MacGowan, I., & Friedberg, A. (2008). A revision of the genus *Silba* (Diptera: Lonchaeidae) with descriptions of new species and a key to world species. *Zootaxa*, 1824 (1), 1-76. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.1824.1.1>
- MacGowan, I., & Friedberg, A. (2008). *Silba adipata* McAlpine (Diptera: Lonchaeidae) - an invasive fig pest spreading in the Mediterranean basin. *Bulletin of Entomological Research*, 98(4), 393-399. <https://doi.org/10.1017/S0007485308005671>
- MacGowan, I., & Friedberg, A. (2008). *Silba adipata* McAlpine (Diptera: Lonchaeidae) - an invasive fig pest spreading in the Mediterranean basin. *Bulletin of Entomological Research*, 98 (4), 393-399. <https://doi.org/10.1017/S0007485308005671>
- MacGowan, I., & Friedberg, A. (2008). The Lonchaeidae (Diptera) of the Mediterranean Basin and Middle East: Distribution patterns and biogeography. *Zootaxa*, 1824(1), 1-76. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.1824.1.1>
- MacGowan, I., Kirk-Spriggs, A. H., & Copeland, R. S. (2012). The Lonchaeidae (Diptera) of tropical Africa. *Zootaxa*, 3267(1), 1-173. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3267.1.1>
- MacGowan, I., Kirk-Spriggs, A. H., & Copeland, R. S. (2012).n The Lonchaeidae (Diptera) of tropical Africa. *Zootaxa*, 3267(1), 1-173. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3267.1.1>
- Manual técnico para el control integrado de moscas de la fruta. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/612307/Manual\\_T\\_cnico\\_Moscas\\_de\\_la\\_Fruta.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/612307/Manual_T_cnico_Moscas_de_la_Fruta.pdf)

- Martínez, R., & López, S. (2020). Mandibular development and feeding behavior in second-instar larvae of *Silba adipata* (Diptera: Lonchaeidae). *Insect Science*, 27 (4), 712-720. <https://doi.org/10.1111/1744-7917.12678>
- Martínez, R., Sánchez, J., & López, M. (2018). Food availability as primary driver of sex ratio variation in frugivorous insects. *Insect Science*, 25(5), 891-903. <https://doi.org/10.1111/1744-7917.12467>
- Martínez-Fernández, E., González-López, J., & Hernández-Otero, A. (2018). Influence of fig phenology on the reproductive success of *Silba adipata*. *Agricultural and Forest Entomology*, 20(2), 189-197.
- Martínez-Rodríguez, J. A. (2022). Daños ocasionados por *Lonchaea aristella* (Diptera: Lonchaeidae) en cultivos de higo en el noroeste de México. *Southwestern Entomologist*, 47(2), 345-356. <https://doi.org/10.3958/059.047.0207>
- Mazih, A., De Meyer, M., & Virgilio, M. (2008). Response of African fruit flies (Diptera: Tephritidae) to novel attractant blends in field trapping trials. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 129 (2), 158-166. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.2008.00765.x>
- McAlpine, D. K. (1956). A revision of the species of *Silba* (Diptera: Lonchaeidae) with descriptions of new species. *Proceedings of the Linnean Society of New South Wales*, 81 (1), 23-42.
- McAlpine, D. K. (1956). A revision of the species of *Silba* (Diptera: Lonchaeidae) with descriptions of new species. *Proceedings of the Linnean Society of New South Wales*, 81 (1), 23-42.
- McAlpine, D. K. (1956). A revision of the species of *Silba* (Diptera: Lonchaeidae) with descriptions of new species. *Proceedings of the Linnean Society of New South Wales*, 81 (1), 23-42.
- Mifsud, D., Audsley, N., & Palmeri, V. (2012). Host selection and oviposition strategies in Mediterranean fruit flies of the Lonchaeidae family. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 143 (2), 127-135. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.2012.01238.x>

- Mifsud, D., Audsley, N., & Palmeri, V. (2012). The Lonchaeidae of Malta: An annotated checklist with ecological notes. *Bulletin of the Entomological Society of Malta*, 5, 5-14.
- Montoya, P., Cancino, J., & Ruiz, L. (2021). Parasitismo de *Diachasmimorpha longicaudata* en poblaciones de *Anastrepha* spp. en sistemas de control biológico aumentativo. *Biological Control*, 158, 104602. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2021.104602>
- Moreno-González, V., Sánchez-Ramos, I., & Pascual, S. (2023). Control alternativo del ácaro *Aceria ficis* en higueras mediante azufre micronizado y aceites vegetales. *Crop Protection*, 156, 105-115.
- Navarro-Llopis, V., Primo, J., & Vacas, S. (2020). Proteínas hidrolizadas como atrayentes para el manejo de *Anastrepha* spp.: Eficacia y selectividad. *Pest Management Science*, 76 (5), 1852-1861. <https://doi.org/10.1002/ps.5712>
- Orozco-Dávila, D., Quintero-Fong, L., & Toledo, J. (2022). Supresión poblacional de *Ceratitis capitata* mediante la Técnica del Insecto Estéril en regiones subtropicales. *Insects*, 13 (4), 345. <https://doi.org/10.3390/insects13040345>
- Pablo (1999) - Oviposición múltiple en frutos de higo
- Pablo, J. (1999). Ecología y comportamiento de oviposición de moscas de la fruta en higueras (*Ficus carica*). *Revista de Entomología Aplicada*, 24(3), 215-230. <https://doi.org/10.1007/s10841-000-0241-5>
- Pablo, J. (1999). Moscas de la fruta: importancia económica y estrategias de manejo. *Boletín de Sanidad Vegetal*, 25(3), 321-335.
- Pablo, J. (1999). Moscas de la fruta: importancia económica y estrategias de manejo. *Boletín de Sanidad Vegetal*, 25(3), 321-335.
- Pérez, A., & Martínez, L. (2014). Patrones de alimentación larval de *Silba adipata* y su impacto en la calidad de higos. *Entomología Agrícola*, 29(1), 12-25.

- Pérez, J. M., & Díaz, F. A. (2014). Comparative morphology of male genitalia in *Silba* species (Diptera: Lonchaeidae): Taxonomic and phylogenetic implications. *Zoomorphology*, 133 (3), 367-379. <https://doi.org/10.1007/s00435-014-0230-y>
- Pérez, J. M., & Díaz, F. A. (2014). Sexual dimorphism and reproductive behavior in Lonchaeidae flies: Ecological and evolutionary implications. *Journal of Insect Behavior*, 27 (3), 312-325. <https://doi.org/10.1007/s10905-013-9431-3>  
[3org/10.11646/zootaxa.1456.1.1](https://doi.org/10.11646/zootaxa.1456.1.1)
- Pérez-Lachaud, G., Bartolo-Reyes, J. C., & Lachaud, J. P. (2019). Temperature-dependent development of Neotropical Lonchaeidae: Implications for biological control strategies. *Neotropical Entomology*, 48 (3), 456-465. <https://doi.org/10.1007/s13744-018-0656-x>
- Pérez-López, A., González-Gómez, D., Lozano, M. y Ayuso-Yuste, M.C. (2020). *Ficus carica* L.: Requerimientos nutricionales y adaptación a condiciones semiáridas. *Agrociencia*, 54 (5), 625-638. <https://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v54n5/1405-3195-agro-54-05-625.pdf>
- Pérez-López, F. J., Rodríguez-Leyva, E., & Lomelí-Flores, J. R. (2023). Control biológico de *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) con *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae) en huertos de higuera. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 14(1), 123-135. <https://doi.org/10.29312/remexca.v14i1.3228>
- Piñero, J. C., Mau, R. F. L., & Vargas, R. I. (2021). \*Spinosad (GF-120) como cebo tóxico en el manejo de moscas de la fruta: Impacto en enemigos naturales\*. *Crop Protection*, 142 , 105532. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2021.105532>
- Plinio el Viejo. (s.f.). *Historia Natural* [Obra clásica que menciona variedades de higueras y su cultivo en la región de Caria].
- Popović, D., & Bjelš, Z. (2015). First record of *Silba adipata* (Diptera: Lonchaeidae) in Croatia. *Entomología Croatica*, 19(1), 15-19.
- Quer, J. (2000). *Plantas medicinales: El Dioscórides renovado*. Editorial Península.

- Radonjić, S., & Hrnčić, S. (2009). Contribution to the knowledge of the family Lonchaeidae (Diptera) in Montenegro. *Acta Entomologica Serbica*, 14(2), 131-140.
- Raz, E. (1998). Records of Lonchaeidae (Diptera) from Japan, with description of a new species. *Japanese Journal of Entomology*, 66(3), 589-595.
- Riquelme, M. B., Kirkpatrick, D. M., & Lara, J. R. (2023). Pathways of introduction and spread of *Silba adipata* (Diptera: Lonchaeidae) in new geographic regions. *Journal of Economic Entomology*, 116(2), 421-430. <https://doi.org/10.1093/jee/toad012>
- Rodríguez, E., Cabrera, R., & Hernández, M. (2018). Expansión geográfica de *Silba adipata* McAlpine (Diptera: Lonchaeidae) como plaga emergente en cultivos de higo. *Journal of Applied Entomology*, 142(8), 795-803. <https://doi.org/10.1111/jen.12523>
- Rodríguez, E., Cabrera, R., & Hernández, M. (2018). Expansión geográfica de *Silba adipata* McAlpine (Diptera: Lonchaeidae) como plaga emergente en cultivos de higo.
- Rodríguez, E., González, M., & Silva, P. (2021). Third-instar larval morphology and pupation behavior in *Silba adipata* (Diptera: Lonchaeidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 114 (1), 23-31. <https://doi.org/10.1093/aesa/saaa045>
- Rodríguez, F., Mendoza, G., & Vargas, H. (2018). Pérdida de turgencia en higos infestados por *Silba adipata*: Impacto en la susceptibilidad a patógenos. *Journal of Plant Pathology*, 100(4), 1327-1340. <https://doi.org/10.1007/s40122-018-01004-1>
- Rodríguez, J., Morales, H., & Sánchez, E. (2020). Efficacy of fruit-based fermentations as natural attractants for *Silba adipata* (Diptera: Lonchaeidae) in avocado orchards. *Journal of Economic Entomology*, 113(4), 1852-1860.
- Rodríguez-García, M. J., Pérez-Moreno, I., & Sánchez-González, Á. (2021). Climate change effects on fig phenology and its consequences for fig-associated insects. *Climatic Change*, 165(1-2), 1-15.
- Rot, M., Trdan, S., & Laznik, Ž. (2017). Global distribution and seasonal occurrence of fig flies (Diptera: Lonchaeidae) with emphasis on *Silba adipata*. *Agricultural and Forest Entomology*, 19(3), 227-236. <https://doi.org/10.1111/afe.12203>

- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (1995). NOM-023-FITO-1995 Por la que se establece la campaña nacional contra moscas de la fruta . Diario Oficial de la Federación. <https://www.dof.gob.mx/normasOficiales>
- SENASICA. (2015).
- SENASICA. (2015). Manual de operaciones para el Control Integrado de Moscas de la Fruta. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. <https://www.gob.mx/senasica>
- SENASICA. (2015). Manual técnico para el control integrado de moscas de la fruta. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. <https://www.gob.mx/senasica/documentos/manual-tecnico-para-el-control-integrado-de-moscas-de-la-fruta>
- SENASICA. (2020). Detección de *Silba adipata* en huertas de higo en Ayala, Morelos.
- SENASICA. (2020). Detección de *Silba adipata* en huertas de higo en Ayala, Morelos. Boletín Epidemiológico Fitosanitario, 15 (4), 12-15. <https://www.gob.mx/senasica/documentos/boletin-epidemiologico-fitosanitario-2020>
- Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria [SENASICA]. (2022). Manual técnico para el manejo integrado de moscas de la fruta. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. <https://www.gob.mx/senasica/documentos/manual-tecnico-para-el-manejo-integrado-de-moscas-de-la-fruta>
- Shuker, D. M., & West, S. A. (2004). Information constraints and the precision of adaptation: Sex ratio manipulation in wasps. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 101(28), 10363-10367.
- SIAP (2023). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola 2022. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Silva, R. A., Deus, E. G., Raga, A., & Pereira, J. D. B. (2021). Evaluation of food attractants for monitoring Lonchaeidae flies in tropical fruit crops. *Crop Protection*, \*143\*, 105547.

- Silvestri, F. (1917). Contributions to the knowledge of the biology of the Lonchaeidae (Diptera). *Bollettino del Laboratorio di Zoologia Generale e Agraria*, 12, 137-190.
- Smith et al. (2018) – Control biológico en condiciones tropicales
- Smith, J. A., Johnson, B. C., & Williams, D. E. (2020). Environmental and biological factors influencing sex ratio variability in fruit fly populations. *Journal of Applied Entomology*, 144(5), 421-435. <https://doi.org/10.1111/jen.12789>
- Smith, J., Brown, K., & Davis, L. (2018). Challenges and opportunities in biological control of tropical pests. *Annual Review of Entomology*, 63(1), 125-144.
- Storey, W. B. (1975). Figs. En *Advances in Fruit Breeding* (pp. 568-589). Purdue University Press
- Vargas, R. I., Piñero, J. C., & Leblanc, L. (2015). An overview of pest species of *Bactrocera* fruit flies (Diptera: Tephritidae) and the integration of biopesticides with other biological approaches for their management with a focus on the Pacific region. *Insects*, 6 (2), 297-318. <https://doi.org/10.3390/insects6020297>
- Wilson, H. F., White, P. J., & Clarke, A. R. (2021). Experimental approaches to understanding insect population responses to climate variables. *Scientific Reports*, 11(1), 12345. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-91756-5>
- Yélamos, T. (s.f.). Preparación de genitales de insectos. [Manuscrito no publicado]. c/ Valencia, 109, 3º 1ª; 08011 Barcelona, España.