



Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales

La mosca negra del higo, *Silba adipata* McAlpine: parámetros bioecológicos y efecto del embolsado en la calidad del sicono

TESIS

Que presenta:

Eduardo Paniagua Jasso

Como requisito para obtener el grado de:

Maestro en Producción Agropecuaria con Opción Terminal en el área Agrícola

Director de tesis:

Dr. Samuel Pineda Guillermo

Co-Director de tesis:

Dr. Carlos Patricio Illescas Riquelme

Tarímbaro, Michoacán, a septiembre de 2024.



Agradecimientos

A la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo y al Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales por haberme dado la oportunidad de realizar este proyecto.

Al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías por haberme apoyado económicamente para poder llevar a cabo este proyecto.

A la Coordinación de la Investigación Científica, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo por el financiamiento de los proyectos de investigación 2023 y 2024 y al Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación del Estado de Michoacán por el financiamiento de los proyectos FCCHTI23_ME-4.1.-0065 UMSNH/DVSS/116/2023 e ICTI-PICIR23-122.

A mi asesor, el Dr. Samuel Pineda Guillermo, por brindarme la oportunidad y la confianza, por todas las horas de trabajo, por su conocimiento y por todos aquellos consejos que han contribuido a mi persona para poder realizar este proyecto.

A mi co-asesor, el Dr. Carlos Patricio Illescas Riquelme, por todo su apoyo y conocimientos brindados, los cuales contribuyeron a la mejora de este proyecto.

A mis sinodales, la Dra. Ana Mabel Martínez Castillo, el Dr. José Isaac Figueroa de la Rosa y la M.C. Diana Vely García Banderas, por el conocimiento, comentarios y sugerencias aportados para la mejora de este trabajo.

A los productores de higo del estado de Michoacán y en especial al Sr. Antonio Ávila Rodríguez y la Ing. Paola Ávila Yépez, por permitirme realizar este proyecto en sus predios de cultivo, ya que sin ellos no hubiera sido posible la realización del mismo.

A todos mis compañeros del Laboratorio de Entomología Agrícola, por el apoyo y conocimientos brindados durante mi estancia en este laboratorio. Muchas Gracias

Dedicatoria

Sé paciente contigo mismo.

Nada en la naturaleza florece todo el año.

Anónimo.

Dedico este logro a mi familia, fuente de amor, apoyo y fortaleza, en especial a mis padres, cuyo apoyo y sacrificio han sido la base de mi éxito profesional. Gracias por siempre creer en mí, por animarme a perseguir mis sueños y por estar siempre a mi lado. Esta tesis es un logro que compartimos juntos, y espero que les haga sentir orgullosos. También a esos verdaderos amigos que siempre han estado y que seguirán estando, su amistad ha sido un regalo invaluable en mi vida.

Una dedicatoria muy especial a mis abuelos, quienes me enseñaron el valor de la familia y la alegría de vivir. Aunque hoy ya no están físicamente presentes, sus enseñanzas y cariño continúan inspirando mi camino. Este logro es un reflejo de la influencia que tuvieron en mi vida.

Contenido

Índice de figuras	i
Índice de cuadros	ii
Resumen	iii
Abstract	v
CAPÍTULO I.....	1
1. Introducción	1
2. Antecedentes.....	3
2.1. El cultivo de higo	3
2.2. Origen y distribución de <i>S. adipata</i>	4
2.3. Biología y morfología de <i>S. adipata</i>	5
2.4. Daños e importancia económica	6
2.5. Métodos de control.....	8
2.6. Embolsado de frutos	9
Literatura citada.....	10
Hipótesis de Investigación	15
Objetivos	15
CAPÍTULO II.....	16
Bioecological parameters of <i>Silba adipata</i> (Diptera: Lonchaeidae)	16
Abstract	16
1. Introduction.....	17
2. Materials and Methods	19
2.1. Insect Collection.....	19
2.2. Infestation percentage, infested figs size, number of larvae per fig, presence of pupae and adults in figs, larval and pupal survival, and sex ratio	19
2.3. Duration of Larval and Pupal Stages and Survival and Longevity of Adults	21
2.4. Data Analysis	21
3. Results	22
3.1. Infestation percentages	22
3.2. Size of infested figs	22
3.3. Number of larvae per fig and percentage of pupae and adults in figs.....	23
3.4. Larval and pupal survival and sex ratio	24
3.5. Larval and pupal duration.....	25
3.6. Adult survival and longevity.....	25
4. Discussion	26

References	32
CAPÍTULO III.....	38
Determination of larval instars and larval growth ratio of <i>Silba adipata</i> (Diptera: Lonchaeidae) through morphometry.....	38
Abstract	38
1. Introduction.....	39
2. Materials and Methods	41
2.1. Insect collection	41
2.2. Determination of larval instars.....	42
2.3. Larval growth ratio.....	44
3. Results	44
3.1. Larval instars.....	44
3.2. Larval growth ratio.....	47
4. Discussion	48
References	51
CAPÍTULO IV	56
Efecto del embolsado de sicono en la incidencia de <i>Silba adipata</i> (Diptera: Lonchaeidae) y la calidad de los higos.....	56
Resumen	56
Abstract	57
1. Introducción.....	58
2. Materiales y métodos.....	59
Análisis de datos	62
3. Resultados	62
3.1. Crecimiento del fruto	62
3.2. Coloración del fruto	64
3.3. Porcentajes de infestación y pudrición de higos.....	65
3.4. Peso fresco y grados Brix	66
4. Discusión	66
Literatura citada.....	70
Discusión General.....	75
Literatura citada.....	79
Conclusiones Generales	82

Índice de figuras

Capítulo I

Figura 1. Ciclo de vida de la mosca negra del higo, *S. adipata*. **a**, huevos depositados en el ostiolo del fruto de higo; **b**, larva; **c**, pupas sobre vermiculita (a la izquierda, una pupa recién formada, a la derecha, dos pupas con más de tres días de edad); **d**, adulto (hembra).....7

Capítulo II

Figure 1. Survival probability of *Silba adipta* adults derived from figs collected in Los Tejones, municipality of Los Reyes de Salgado, Michoacán, México. (N = 33 females and 27 males from the beginning of the experiment).....25

Capítulo III

Figure 1. Schematic diagram of the measurements to determine the larval instars of *Silba adipata*. a; length (A) and width (B) of the larval body; b; length of the dorsal cornua of the pharyngeal sclerite (C) and length of the cephalopharyngeal skeleton (D).....43

Figure 2. Frequency distribution of the length (a) and the width (b) of the larval body of *Silba adipata*, and proportion factor of these two measurements (c). Normal curves representing this proportion factor, means, and intersection point between the curves and their probability of overlapping (P1-P4) (d). Sub-1, Sub-2,, Sub-n, are the numerical subpopulations.....45

Figure 3. Frequency distribution of the length of the dorsal cornua of the pharyngeal sclerite (a) and length of the cephalopharyngeal skeleton (b) of *Silba adipata* larvae, and proportion factor of these two measurements (c). Normal curves representing this proportion factor, means, and intersection point between the curves and their probability of overlapping (P1-P4) (d). Sub-1, Sub-2,, Sub-n, are the numerical subpopulations.....46

Capítulo IV

Figura 1. Materiales para embolsado de higo. a) tela de organza, b) tela de polipropileno, c) tela de yute, d) higo sin embolsar.....60

Índice de cuadros

Capítulo I

Cuadro 1. Distribución mundial de la mosca negra del higo, <i>S. adipata</i>	5
---	---

Capítulo II

Table 1. Location of collection of figs used in the study.....	20
Table 2. Infestation percentage, size of infested figs, and number of larvae per fig in several collection sites from the states of Michoacán and Morelos, México.....	23
Table 3. Survival of larvae and pupae and adult sex ratio of <i>S. adipata</i> obtained from infested figs collected in different sites in the states of Michoacán and Morelos, México.....	24

Capítulo III

Table 1. Mean (mm $\pm$ SE, standard error) of two proportion factors derived from measurements of four variables on larvae of <i>Silba adipata</i> , according to discriminant analysis, and larval growth ratio.....	48
---	----

Capítulo IV

Cuadro 1. Escala de colores.....	61
Cuadro 2. Efecto del embolsado sobre el crecimiento de frutos de higo.....	63
Cuadro 3. Efecto del embolsado en la coloración del higo en diferentes periodos de tiempo.....	64
Cuadro 4. Efecto de los embolsados en la fitosanidad y calidad de los higos.....	66

Resumen

La mosca negra del higo, *Silba adipata* McAlpine (Diptera: Lonchaeidae), es una de las principales plagas del higo (*Ficus carica* L.; Moraceae) en casi todo el mundo. Existe poca información relacionada con la bioecología (y métodos de control de este insecto, lo que ha motivado la realización de estudios dirigidos a conocer tales aspectos. En el primer objetivo de este estudio se determinaron varios aspectos bioecológicos de *S. adipata*. Para ello, se recolectaron higos en ocho sitios productores de este cultivo en México, incluyendo siete en el estado de Michoacán y uno en el estado de Morelos. En el sitio de Morelos la infestación por *S. adipata* fue significativamente mayor (33%) que en los sitios de Michoacán (2-18%), con excepción de El Carrizal (24%). No se registró infestación en un sitio del estado de Michoacán (Charapendo). Los higos infestados en Plan de Ayala y El Carrizal fueron más grandes (3.5-3.4 cm) y los de Telixtac y Los Tejones fueron más anchos (2.3-2.2 cm). Los higos de El Carrizal y Plan de Ayala tuvieron más larvas (3.5-2.9/higo) que los colectados en Telixtac y Los Tejones (1.6-2.1/higo). Los estados de larva y pupa de los individuos colectados en el sitio Los Tejones tuvieron una duración de 6.1 y 10.9 d, respectivamente. No hubo diferencias significativas en la supervivencia y longevidad de hembras y machos. En un segundo objetivo se determinó el número de instares larvales y la tasa de crecimiento larval de *S. adipata* mediante morfometría y distribución de frecuencias de cuatro variables: longitud (A) y ancho del cuerpo larvario (B), longitud del cuerno dorsal del esclerito faríngeo (C) y la longitud del esqueleto cefalofaríngeo (D). Debido a que la distribución de frecuencias de cada variable medida no expresaron las diferencias entre los instares larvales, se propusieron dos factores de proporción: el primero se obtuvo multiplicando las variables A y B (factor de proporción 1) y el segundo multiplicando las variables C y D (factor de proporción 2). La distribución de frecuencias y un análisis discriminante determinaron que *S. adipata* tiene tres instares larvales. La tasa de crecimiento promedio de larvas de esta especie fue de 1.50 y 1.58 para los factores de proporción 1 y 2, respectivamente.

En el tercer objetivo se evaluó, en condiciones de campo, la influencia del embolsado en el desarrollo, calidad e infestación por *S. adipata* en higos. Los higos embolsados con tela de organza, polipropileno, y los no embolsados (= testigo) fueron los más largos (3.8, 3.7 y 3.9 cm respectivamente) y los embolsados con tela de organza y los del testigo fueron más anchos (3.6 y 3.8 cm respectivamente). La coloración de la piel del higo fue afectada por los diferentes materiales utilizados. Los higos del testigo fueron los únicos que manifestaron la coloración morada oscura típica de la var. Black Mission. No se registró infestación de *S. adipata* en los higos en los diferentes tratamientos de embolsado, pero sí en los del testigo (28.3%). Se registró pudrición en los higos en los diferentes tratamientos de embolsado (yute: 56.7%, polipropileno: 45% y organza: 34.5%). El mayor peso fresco se obtuvo en los higos del testigo (24.1 g) y no hubo diferencias significativas en el porcentaje de grados Brix en todos los tratamientos ensayados. Se concluye que los resultados obtenidos en este estudio son esenciales para diseñar estrategias de control que puedan integrarse en un esquema de manejo integrado para el control de la mosca negra del higo y de esta forma hacer más rentable este cultivo.

Palabras clave: *Ficus carica*, ciclo de vida, regla de Dyar's, manejo integrado de plagas, esqueleto cefalofaríngeo, embolsado de higos

Abstract

The black fig fly, *Silba adipata* McAlpine (Diptera: Lonchaeidae), is one of the most detrimental pest of fig (*Ficus carica* L.) in almost all the world. Little information is available about the bioecology and control methods of this insect, which has motivated studies focused to known such aspects. In the first objective of this study, several bioecological aspects of *S. adipata* were determined. For this, figs were collected from eight sites in two states of Mexico, including seven from Michoacán and one from Morelos. The figs collected from the Morelos site were significantly more infested (33%) by *S. adipata* than those collected in Michoacán sites (2-18%), with exception to El Carrizal (24%). No infestation was recorded in one site of Michoacán (Charapendo). Figs from Plan de Ayala and El Carrizal were larger (3.5-3.4 cm) and those from Telixtac and Los Tejones were wider (2.3-2.2 cm). Figs from El Carrizal and Plan de Ayala had more larvae (3.5-2.9/fig) than those collected in Telixtac and Los Tejones (1.6-2.1/fig). The larval and pupal stages derived from individuals collected in Los Tejones site lasted 6.1 and 10.9 d, respectively. No significant differences were observed in the survival rate and longevity between females and males. In the second objective, the number of larval instars and the larval growth ratio of *S. adipata* were determined using morphometry and plotting the frequency distribution of four variables measured were determined using morphometry and plotting the frequency distribution of four variables: length (A) and width of the larval body (B), length of the dorsal cornua of the pharyngeal sclerite (C), and the length of the cephalopharyngeal skeleton (D). Due to the frequency distribution of each measured variable did not express the differences between the larval instars, two proportion factors were proposed: the first was obtained by multiplying the variables A and B (proportion factor 1) and the second by multiplying the variables C and D (proportion factor 2). The frequency distribution and a discriminant analysis for each proportion factor determined that *S. adipata* has three larval instars. The average growth ratio of larvae of this species was 1.50 and 1.58 for the proportion factors 1 and 2, respectively. In the third objective, the influence of

bagging on the development, quality and infestation by *S. adipata* in figs was evaluated under field conditions. The figs bagged with organza fabric, polypropylene, and those not bagged (= control) were larger (3.8, 3.7 and 3.9 cm respectively) and those bagged with organza fabric and of the control were wider (3.6 and 3.8 cm respectively). The coloration of the fig's skin was affected by the different materials used. The figs of the control were the only ones that showed the dark purple coloration typical of var. Black Mission. No infestation by *S. adipata* was recorded in the figs in the different bagging treatments, but in the control it was 28.3%. Rot was recorded in the figs in the different bagging treatments (jute: 56.7%, polypropylene: 45%, and organza: 34.5%). The highest fresh weight was obtained in the figs of the control (24.1 g) and there were no significant differences in the percentage of degrees Brix in all the tested treatments. As conclusion, the results obtained in this study are essential to design control strategies that can be integrated into an integrated management scheme for the control of the fig black fly and in this way make this crop more profitable.

Keywords: *Ficus carica*, black fig fly, life cycle, Dyar's rule, integrated pest management, cephalopharyngeal skeleton, bagging figs

CAPÍTULO I

1. Introducción

La mosca negra del higo, *Silba adipata* McAlpine (Diptera: Lonchaeidae), es una de las principales plagas del higo (*Ficus carica* L.; Moraceae) en todo el mundo (Britt et al., 2022). Las hembras de este insecto depositan sus huevos en el ostiolo de los pequeños frutos en desarrollo de su hospedero y, después las larvas que emergen se alimentan de los tejidos internos de los mismos (Abbes et al., 2021). El daño causado por las larvas se ve reflejado en la caída prematura de los higos en desarrollo en un 90%, mientras que en los frutos maduros causan pudrición, disminución de calidad y mal sabor (Katsoyannos y Guerin, 1984; Nawade et al., 2020).

Silba adipata puede presentar de 4 a 6 generaciones al año (Katsoyannos, 1983). Los adultos de la mosca negra del higo se alimentan de la savia de las plantas de la higuera y de los exudados de los frutos maduros (Katsoyannos, 1983). Silvestri (1917) mencionó que la duración de los estados de desarrollo de *S. adipata* varían según la época del año: de 3 y 8 días para los huevos, 21 y 7 días para la larva y de 10 y 9 días para la pupa en primavera y verano, respectivamente. Por su parte, Drouet (2015) observó que el estado de larva tiene una duración de entre 22 a 29 y 7 a 22 días en abril y junio, respectivamente. La pupa de 9 a 10 días en julio y agosto; mientras que los adultos pueden vivir hasta seis semanas en condiciones de laboratorio. No obstante, tanto Silvestri (1917) como Drouet (2015) no proporcionaron información detallada sobre el método utilizado para obtener la duración de cada etapa biológica de *S. adipata*. De igual forma, no se dispone de información concluyente sobre el desarrollo larvario de esta especie. Al respecto, Silvestri (1917) mencionó que el estado de larva de *S. adipata* tiene dos instares, mientras que para Abbes et al. (2021) y Britt et al. (2022) este insecto tiene tres instares larvarios. Sin embargo, ninguno de estos autores proporciona información sobre cómo se determinaron estos instares larvarios.

El primer reporte de *S. adipata* en México se realizó en 2019, en huertos comerciales de higo en el municipio de Ayala, Morelos. Posteriormente, se detectó en los municipios de Asientos y Cosío del estado de Aguascalientes; La Paz, en Baja California Sur; Saltillo, Coahuila; Coatepec de Harinas, Estado de México; Ixmiquilpan, Hidalgo; Gabriel Zamora y Nuevo Urecho, Michoacán; Tlayacapan, Ocuilco, Xochitepec, Puente de Ixtla y Tetecala, Morelos y Xochiapulco, Puebla (DGSV, 2021). Con base en las estadísticas del SIAP (2024), en el año 2023, la producción de higo en México fue de 12,490 ton en una superficie de 2,168 ha, por lo que esta plaga representa un riesgo para la producción de este frutal.

En el estado de Michoacán existen 133.5 ha de higo establecidas y su producción se destina principalmente para el mercado de exportación. Las principales zonas productoras se encuentran en los municipios de Los Reyes de Salgado, Buenavista Tomatlán, Tepalcatepec, Gabriel Zamora, Jiquilpan y Parácuaro. Por lo tanto, se tienen diversas condiciones geográficas y ambientales para el desarrollo del cultivo y que por ende pueden influir en el desarrollo de la mosca negra del higo. Aunque existen reportes de la presencia de *S. adipata* en los Municipios de Gabriel Zamora y Nuevo Urecho, Michoacán (DGSV, 2021), se desconoce si esta especie se encuentra en todas las zonas productoras de higo en este estado.

En general, para tratar de controlar las poblaciones de insectos barrenadores de frutos, tradicionalmente los productores realizan aplicaciones de insecticidas químicos de amplio espectro (García-Nava et al., 2016). Sin embargo, estos compuestos pueden provocar daños al ecosistema y a la salud humana (Ordoñez-Beltrán et al., 2019). La técnica de embolsado de frutos es una alternativa para prevenir los daños causados por plagas de insectos barrenadores. Esta técnica consiste en aislar a los frutos en bolsas de distintos materiales (ejemplo; polipropileno, polietileno y papel encerado) (García-Nava et al., 2016) y ha demostrado ser rentable, eficiente y ecológica en la protección de diversos frutos (ejemplo; chirimoya [*Annona cherimola* Mill.], guanábana [*Annona muricata* L.], durazno [*Prunus persicae* L.], níspero [*Eriobotrya japonica* (Thunb.) Lindl.], guayaba [*Psidium guajava* L.], mango [*Mangifera indica* L.],

caimito, [*Pouteria caimito* (Ruiz y Pav.) Radlk.], pera asiática [*Pyrus pyrifolia* (Burm.f.) Nakai], manzana [*Malus domestica* Borkh.] y tomate [*Solanum lycopersicum* Linneo] García-Nava et al., 2016). Además, la técnica del embolsado de frutos favorece el crecimiento, calidad organoléptica y estética de los mismos (Yang et al., 2009; Sharma et al., 2014). Sin embargo, actualmente no existe información sobre la eficiencia de la técnica del embolsado de frutos en el cultivo de higo para el manejo de *S. adipata*.

Con base en lo anterior, la presente investigación tiene como objetivo conocer diferentes parámetros bioecológicos de *S. adipata*, así como evaluar el efecto de distintos materiales para el embolsado de higos en la incidencia de este insecto y en la calidad de los mismos. Lo anterior con el fin de generar las bases para diseñar estrategias de control para *S. adipata* que puedan incluirse en un contexto de manejo integrado de plagas.

2. Antecedentes

2.1. El cultivo de higo

El higo, *Ficus carica* L., es una especie ginodioica (plantas con flores hermafroditas y con flores unisexuales femeninas), considerada como uno de los frutales domesticados más antiguos (Aksoy, 1998). Actualmente, el higo es un cultivo muy rentable que se produce en casi todo el mundo, principalmente en las regiones tropicales y subtropicales y, en menor medida, en zonas templadas (Abbes et al., 2021). La producción de higo en el mundo es de alrededor de 1,256,232 ton en 299,311 ha, de las cuales el 70% se producen en Turquía, Egipto, Argelia, Marruecos, Irán y España (FAOSTAT, 2024). En 2023, en México se produjeron 12,490 ton de higo en 2,168 ha, siendo Morelos el estado con mayor producción, seguido por Baja California Sur, Veracruz, Sonora, Puebla y Michoacán, entre otros (SIAP, 2024). En esta misma base de datos gubernamental, se reporta que en el estado de Michoacán se encuentran establecidas 150 ha del cultivo de higo, distribuidas en las principales zonas productoras en los municipios de Los

Reyes de Salgado, Tangancícuaro, Buenavista Tomatlán, Tepalcatepec, Gabriel Zamora, Jiquilpan y Parácuaro.

En México, los higos se destinan mayoritariamente a la industria de la repostería, panadería o para consumo en fresco, aunque se ha comenzado a comercializar en productos como mermeladas, gelatinas, ate y café de higo (Rodríguez, 2021). Debido al incremento en la producción, la exportación de higo fresco desde México a Estados Unidos de Norteamérica inició en 2015, lo que genera 12,850 mil empleos directos (la mayoría ocupados por mujeres) y una derrama económica de 270 millones de pesos mexicanos.

2.2. Origen y distribución de *S. adipata*

Silba adipata, es endémica de las regiones del Mediterráneo y Medio Oriente (Britt et al., 2022), es la principal plaga del cultivo de higo en todo el mundo (MacGowan et al., 2012). Desde 1998, este insecto se ha dispersado rápidamente a través de las áreas templadas de otros continentes y consiguió establecerse en Europa, África, Asia y Norte América (Raz, 1998; Giliomee et al., 2007; MacGowan y Freidberg, 2008; Abbes et al., 2021; DGSV, 2021) (Cuadro 1). El primer reporte fuera de su área de origen se realizó en el año 2007 en Sudáfrica (Rot et al., 2017; Britt et al., 2022). En México, *S. adipata* se registró por primera vez en 2019 en un huerto comercial de higo en el municipio de Ayala, en el estado de Morelos y desde entonces se ha dispersado a otras regiones productoras de este frutal en el país, tales como los municipios de Asientos y Cosío, Aguascalientes; La Paz, Baja California Sur; Saltillo, Coahuila; Coatepec de Harinas, Estado de México; Ixmiquilpan, Hidalgo; Gabriel Zamora y Nuevo Urecho, Michoacán; Tlayacapan, Ocuilco, Xochitepec, Puente de Ixtla y Tetecala, Morelos y Xochiapulco, Puebla (Bautista-Martínez et al., 2021; DGSV, 2021; Flores-Hernández, 2022). Después de su establecimiento en México, en junio de 2021 se reportó en el sur de California, Estados Unidos de América (Britt et al., 2022).

Cuadro 1. Distribución mundial de la mosca negra del higo, *S. adipata*.

Continente	País	Referencia
Asia	Turquía	Tutmuş y Akşit (2021)
	Chipre	MacGowan y Freidberg (2008)
	Siria	
	Israel	
	Jordania	
	Japón	Raz (1998)
	Irak	Katsoyannos (1983)
Europa	España	MacGowan y Freidberg (2008)
	Italia	
	Grecia	
	Islas canarias	
	Malta	Mifsud et al. (2012)
	Croacia	Popović y Bjelš (2015)
	Francia	Turinetti (1921)
	Montenegro	Radonjić y Hrnčić (2009)
	Eslovenia	Rot et al. (2017)
África	Egipto	MacGowan y Freidberg (2008)
	Túnez	Abbes et al. (2021)
	Sudáfrica	Giliomee et al. (2007)
América	México	DGSV (2021)
	Estados Unidos (California)	CDFA (2021)

2.3. Biología y morfología de *S. adipata*

La mosca negra del higo, *S. adipata*, presenta metamorfosis completa; es decir tiene cuatro estados de desarrollo: huevo, larva, pupa y adulto. Los huevos son alargados, de color blanco, con los extremos terminados en punta y de tamaño aproximado de 0.9×0.22 mm (Figura 1a) (Rot et al., 2017). Las larvas son muscidiformes; es decir, no presentan patas ni cabeza y su extremo posterior es más ancho que el anterior; posee un par de ganchos bucales, los cuales

utiliza para su alimentación y movilidad (Figura 1b). Las larvas más desarrolladas abandonan el fruto, a través de una perforación que realizan en la pared del mismo, para llevar a cabo la pupación (Abbes et al., 2021). La pupa es de color marrón amarillento, tiene forma de barril y mide aproximadamente 8 mm de longitud (Figura 1c) (Rot et al., 2017). Generalmente, la formación de la pupa tiene lugar en el suelo a una profundidad de 5 a 10 cm (Abbes et al., 2021), sin embargo, las pupas también se pueden formar dentro de los higos, pero en este caso, después de la emergencia los adultos mueren debido a que no pueden abandonar el sicono. Los adultos miden entre 3.5 y 4.5 mm de longitud, tienen ojos grandes de color rojo y el cuerpo es de color negro brillante (Figura 1d) (Rot et al., 2017). El tórax y abdomen presentan un aspecto grasoso brillante, la parte dorsal del cuerpo es piloso de color blanquecino, el cual puesto a la luz muestra un reflejo verdoso metálico; sus patas son de color café negruzco; alas hialinas-opacas con venaciones de color amarillo pálido y abdomen completamente cubierto de vellosidades (MacGowan, 2009). Después de la emergencia, los adultos no presentan la coloración negra que los caracteriza y sus alas no están desplegadas; para lo cual deben transcurrir aproximadamente entre 14 y 16 min para desplegar completamente sus alas y 45 min para obtener la coloración negra de su cuerpo; posteriormente, emprenden el vuelo para alimentarse (Drouet, 2015). En condiciones del Mediterráneo, la mosca negra del higo tiene seis generaciones al año y puede hibernar como pupa en el suelo (Katsoyannos, 1983). Los adultos de la mosca negra del higo se alimentan de la savia de las plantas de la higuera y de los exudados de los frutos maduros (Katsoyannos, 1983).

2.4. Daños e importancia económica

De acuerdo con Rot et al. (2017), las hembras de *S. adipata* depositan de 2 a 3 huevos en el ostiolo (la abertura natural en la base distal del higo que se encuentra cubierta por escamas). Después de 3 a 8 días de la oviposición, las larvas eclosionan e inmediatamente se introducen en los siconos inmaduros donde se alimentan del parénquima entre la epidermis y las inflorescencias (Drouet, 2015). El daño causado por las larvas de *S. adipata* se ve reflejado en la

caída prematura de los siconos inmaduros, mientras que en los maduros causan pudrición, disminución de calidad y mal sabor (Nawade et al., 2020).

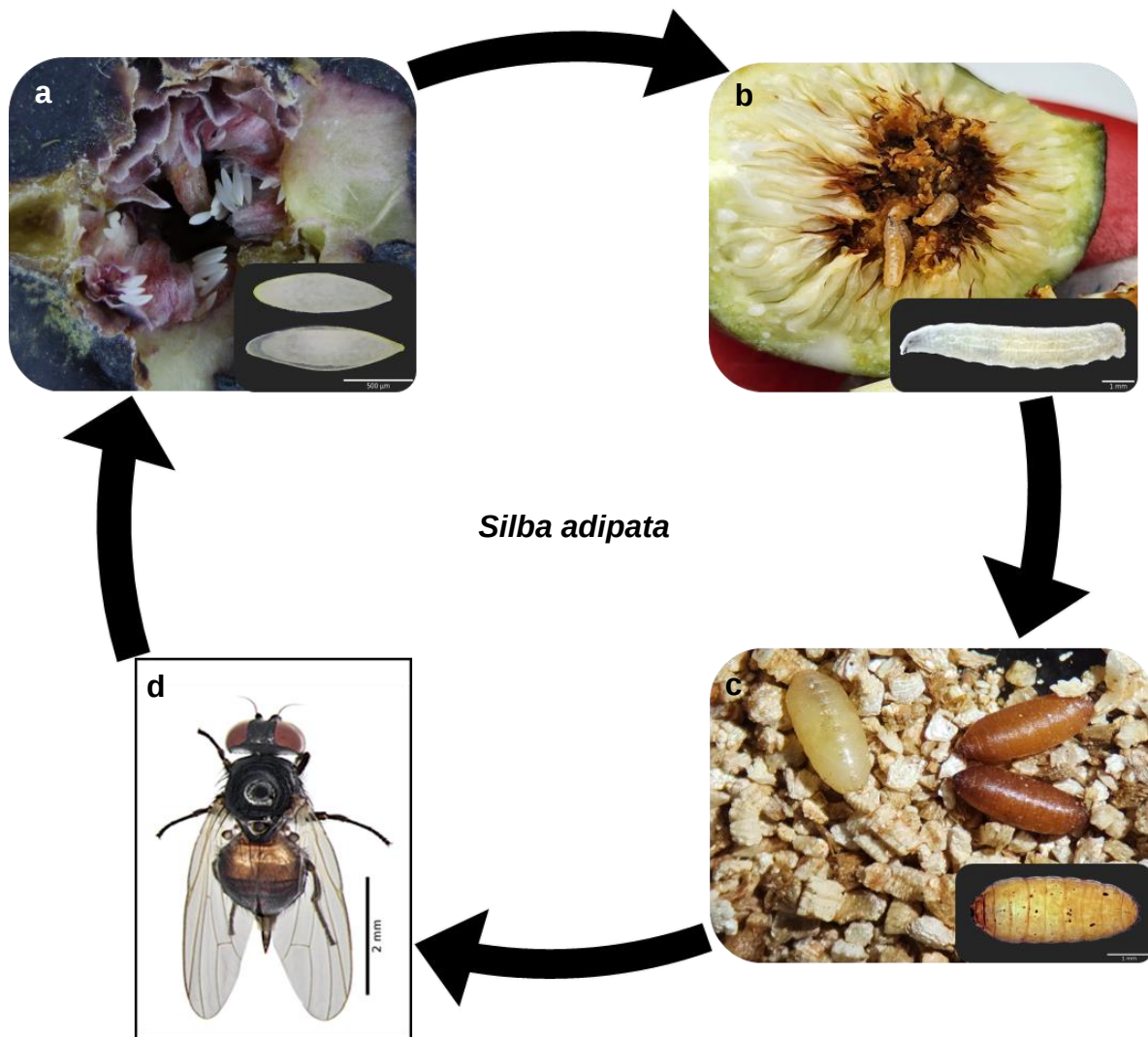


Figura 1. Ciclo de vida de la mosca negra del higo, *S. adipata*. **a**, huevos depositados en el ostiolo del fruto de higo; **b**, larva en el interior del sicono; **c**, pupas sobre vermiculita (a la izquierda, una pupa recién formada, a la derecha, dos pupas con más de tres días de edad); **d**, adulto (hembra).

Fotografías: Eduardo Paniagua Jasso.

A nivel mundial se han reportado pérdidas desde 50% hasta 95% debido al daño causado por *S. adipata* (Katsoyannos y Guerin, 1984). En Turquía, Abbes et al. (2021) mencionan infestaciones de hasta el 81% en higos del cultivar Wedlani en la región de Medenine, mientras que los cultivares Whachi Thibar, Thguegli Thibar y Khenziri, mostraron infestaciones de 88, 74 y 44%, respectivamente, en la región de Chott-Mariem. Además, la caída de higos inmaduros es frecuentemente confundida por los productores con una caída natural de los mismos. Algunos frutos infestados pueden permanecer adheridos al árbol, los que finalmente se momifican (Abbes et al., 2021). En México, en altas infestaciones causadas por *S. adipta*, los productores se ven obligados a abandonar sus cultivos de higos aún antes de la temporada de cosecha (S. Pineda; observación personal). Sin embargo, debido a la presencia de *S. adipata* en México (NAPPO, 2020; DGSV, 2021), el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, a través del Servicio de Inspección de Sanidad Animal y Protección Vegetal (USDA-APHIS por sus siglas en inglés), impuso requerimientos para la importación de higo fresco mexicano, limitando su comercialización a huertos certificados y exigiendo tratamientos cuarentenarios de radiación a cargo del productor (USDA, 2021).

2.5. Métodos de control

Control químico. Debido a la falta de información sobre la biología y ecología de *S. adipata*, el control químico, a través del uso de insecticidas de diferentes clases, ha sido el método más práctico para reducir las poblaciones de este insecto. Sin embargo, las aplicaciones de insecticidas de amplio espectro no deben realizarse en los huertos de higos debido a que eliminan a su agente polinizador, la avispa *Blastophaga psenes* L. (Hymenoptera: Agaonidae) (Abbes et al., 2021). Además, en general, los insecticidas químicos son responsables de una lista extensiva de efectos adversos sobre la salud de los humanos y el ambiente, incluyendo la disminución de poblaciones de artrópodos benéficos y polinizadores, resurgimiento de plagas secundarias (Cloyd y Bethke, 2011; Pimentel y Burgess, 2014) e incremento en los costos de producción de los cultivos donde *S. adipata* debe de ser controlada. Por lo tanto, es necesario encontrar

alternativas para el control de este insecto que sean compatibles con las prácticas de manejo integrado (MIP).

Enemigos naturales de *S. adipata*. Con respecto a los enemigos naturales de *S. adipata*, se conoce que las hormigas del género *Cremastogaster* (Hymenoptera: Formicidae) se alimentan de las larvas de este insecto que salían del fruto para pupar en el suelo y, además, las pueden transportar a sus nidos (Tutmuş y Akşit, 2021). Estos mismos autores reportaron a *Pachycrepoideus vindemmiae* Rondani (Hymenoptera: Pteromalidae) parasitando a pupas de *S. adipata* en Francia y Grecia. De igual forma, Katsoyannos (1983) obtuvo especímenes de este parasitoide a partir de pupas de la mosca negra del higo en Chios, Grecia. Por su parte, en Bali, Indonesia, Yuliadhi et al. (2021) reportaron a tres especies de parasitoides (Hymenoptera: Braconidae) asociadas con *S. adipata*: *Asobara japonica* Belokobylskij, *Fopius arisanus* Sonan y *Diachasmimorpha longicaudata* Ashmead. Sin embargo, ninguna especie de los enemigos naturales antes mencionados se han evaluado como posibles agentes de control biológico de *S. adipata*.

2.6. Embolsado de frutos

La técnica del embolsado de fruta consiste principalmente en colocar una barrera física que proteja los frutos del ataque de los insectos plaga; sin embargo, el material utilizado puede influir en el crecimiento y desarrollo del fruto o en la aparición de microorganismos (Morera-Montoya y Blanco-Metzler, 2009). Entre los materiales utilizados para el embolsado de frutos son bolsas a base de tela de nylon cristal color blanco, papel encerado, papel tipo hoja de directorio telefónico (Morera-Montoya y Blanco-Metzler, 2009), bolsas de polietileno y bolsas de polipropileno (García-Nava et al., 2016).

Esta técnica ha demostrado ser eficiente en la reducción de enfermedades y daños físicos en frutos como la manzana (*Malus domestica* Borkh), mango (*Mangifera indica* L.), litchi (*Litchi chinensis* Sonn), fresa (*Fragaria x ananassa* Duchesne ex Weston) y uva (*Vitis vinifera* L.) (Jia et al., 2004), así como para reducir los daños causados por moscas de la fruta (Morera-Montoya y

Blanco-Metzler, 2009). En Taiwán se usa para proteger frutos como el mango, maracuyá (*Passiflora edulis* Sims) y guayaba (*Psidium guajava* L.) de los daños causados por la mosca oriental de la fruta (*Bactrocera dorsalis* Hendle) (Abbasi et al., 2014). En precosecha, la técnica del embolsado de frutos redujo los efectos residuales de los agroquímicos y las quemaduras de sol de los frutos (Abbasi et al., 2014). En contraste, esta técnica también puede afectar las propiedades organolépticas de los frutos, tales como coloración, dulzura y la acidez de la fruta (Huang et al., 2009).

Literatura citada

- Abbasi, N. A., Chaudhary, M. A., Ali, M. I., Hussain, A. y Ali, I. (2014). On tree fruit bagging influences quality of guava harvested at different maturity stages during summer. *International Journal of Agriculture & Biology*, 16, 543-549.
- Abbes, K., Hafsi, A., Harbi, A., Mars, M. y Chermiti, B. (2021). The black fig fly *Silba adipata* (Diptera: Lonchaeidae) as an emerging pest in Tunisia: preliminary data on geographic distribution, bioecology and damage. *Phytoparasitica*, 49, 49-59.
- Aksoy, U. (1998). Why fig? An old taste and a new perspective. *Acta Horticulturae*, 480: 25-35.
- Bautista-Martínez, N., Meraz, A. R., Valdez, C. J. M. y López, B. E. (2021). Black fig fly, *Silba adipata* McAlpine, in backyards of the State of Mexico. *Southwestern Entomologist*, 46, 793-796.
- Britt, K. E., Gordon, P. E., Faber, B. A., Rios, S. I. y Wilson, H. (2022). First report of black fig fly, *Silba adipata* (Diptera: Lonchaeidae), in the United States. *Journal of Integrated Pest Management*, 13(1): 12, 1-5.
- CDFA, California Department of Food and Agriculture. (2021). California pest rating proposal: *Silba adipata* McAlpine-black fig fly. <https://blogs.cdfa.ca.gov/Section3162/wp-content/uploads/2021/07/Silba-adipata.pdf> Consultado el 25 de noviembre del 2023.

- Cloyd, R. A. y Bethke, J. A. (2011). Impact of neonicotinoid insecticides on natural enemies in greenhouse and interiorscape environments. *Pest Management Science*, 67(1), 3-9.
- DGSV, Dirección General de Sanidad Vegetal. (2021). Estrategia operativa para el manejo fitosanitario de la mosca del higo negro, *Silba adipata* (Diptera: Lonchaeidae). 17 p.
- Drouet, F. (2015). *Silba adipata* McAlpine. En línea: <http://www.silba-adipata.fr/2-Biologie.html> Consultado el 3 de junio de 2024.
- FAOSTAT. (2024). Organización de las Naciones Unidad para la Alimentación y la Agricultura. FAOSTAT. Datos sobre alimentación y agricultura. En línea: <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL> Consultado el 6 de junio de 2024.
- Flores-Hernández, M. Á. (2022). Biología y atrayentes alimenticios de la mosca negra del higo *Silba adipata* McAlpine (Diptera: Lonchaeidae). Tesis de Maestría en Ciencias. Instituto de Fitosanidad, Colegio de Posgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México.
- García-Nava, E. S., Castañeda-Vildozola, A., Franco-Mora, O., Sánchez-Pele, J. R., Vaca-Paulín, R., y Hernández-Fuentes, L. M. (2016). Control de *Talponia batesi* Henrich (Lepidoptera: Tortricidae) mediante embolsado de frutos en chirimoya (*Annona cherimola* Mill.). *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle*, 17(1), 1-7.
- Giliomee, J. H., Venter, E. y Wohlfarter, M. (2007). Mediterranean black fig fly, *Silba adipata* McAlpine (Diptera: Lonchaeidae), recorded from South Africa. *African Entomology*, 15, 383-384.
- Huang, C., Yu, B., Teng, Y., Su, J., Shu, Q., Cheng, Z. y Zeng, L. (2009). Effects of fruit bagging on coloring and related physiology, and qualities of red Chinese sand pears during fruit maturation. *Scientia Horticulturae*, 121, 149-158.
- Jia, H.-J., Araki, A. y Okamoto, G. (2004). Influence of fruit bagging on aroma volatiles and skin coloration of 'Hakuho' peach (*Prunus persica* Batsch). *Postharvest Biology and Technology*, 35, 61-68.

- Katsoyannos, B. I. (1983). Field observations on the biology and behavior of the black fig fly *Silba adipata* McAlpine (Diptera, Lonchaeidae) and trapping experiments. *Zeitschrift für angewandte Entomologie*, 95, 471-476.
- Katsoyannos, B. I. y Guerin, P. M. (1984). Hexanol: a potent attractant for the black fig fly, *Silba adipata*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 35, 71-74.
- MacGowan, I. y Freidberg, A. (2008). The Lonchaeidae (Diptera) of Israel, with descriptions of three new species. *Israel Journal of Entomology*, 38, 61-92.
- MacGowan, I. (2009). *Silba adipata* In: Lonchaeidae Online En línea:
<https://lonchaeidae.myspecies.info/taxonomy/term/1726/descriptions> Consultado el 4 de junio del 2024.
- MacGowan, I., Razak, N., Rotheray, G. E. y Ahmad I. (2012). A new species of fig-feeding Lonchaeidae (Diptera: Schizophora) from India and a checklist for the family in the Indian sub-continent. *Zootaxa*, 3242, 47-52.
- Mifsud, D., Falzon, A., Malumphy, C., Lillo, E., Vovlas, N. y Porcelli, F. (2012). On some arthropods associated with *Ficus* species (Moraceae) in the Maltese Islands. *Bulletin of the entomological Society of Malta*, 5, 5-34.
- Morera-Montoya, R. y Blanco-Metzler, H. (2009). Microorganismos asociados a frutos embolsados de guayaba taiwanesa variedad Tai Kuo. *Agronomía Mesoamericana*, 20(2), 339-349.
- NAPPO, North American Plant Protection Organization. (2020). Detection of black fig fly *Silba adipata* McAlpine in the municipality of Ayala State of Morelos. Phytosanitary Alert System.
<https://www.pestalerts.org/nappo/official-pest-reports/926/> Consultado el 29 de mayo del 2024.
- Nawade, B., Shaltiel-Harpaz, L., Yahyaa, M., Kabaha, A., Kedoshim, R., Bosamia, T. C. y Ibdah, M. (2020). Characterization of terpene synthase genes potentially involved in black fig fly (*Silba adipata*) interactions with *Ficus carica*. *Plant Science*, 298(110549).

- Ordoñez-Beltrán, V.; Frías-Moreno, M.N.; Parra-Acosta, H. y Martínez-Tapia, M.E. (2019). Estudio sobre el uso de plaguicidas y su posible relación con daños a la salud. *Revista de Toxicología*, 36(2), 147-162.
- Pimentel, D. y Burgess, M. (2014). Environmental and economic costs of the application of pesticides primarily in the United States. En: Pimentel D, Peshin R (Eds.). *Integrated Pest Management*, Springer, Dordrecht, The Netherlands, pp. 47-71.
- Popović, L., Bjeliš, M. (2015). Black fig fly – *Silba adipata* McAlpin (Diptera: Lonchaeidae), pest of growing importance in Croatian fig cultivation. V: TRDAN, Stanislav (ur.). *Izvečki referatov: Abstract volume*, 12. slovensko posvetovanje o varstvu rastlin z mednarodno udeležbo, Ptuj, 3.-4. marec 2015. Ljubljana: *Društvo za varstvo rastlin Slovenije: Plant Protection Society of Slovenia*. str. 95.
- Radonjić, S. y Hrnčić, S. (2009). The black fig fly *Silba adipata* McAlpine (Diptera, Lonchaeidae), a little known fig pest in Montenegro. *Agrozanjanje-Agro-knowledge Journal*, 10(4), 31-40.
- Raz, D. (1998). The phenology of the black fig fly and its control. *Acta Horticulturae* 380, 207-208.
- Rodríguez, P. N. Y. (2021). Estrategia de gestión para la red de valor-higo. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma Chapingo. Repositorio Chapingo <https://repositorio.chapingo.edu.mx/items/9e6f6765-7495-4355-8700-06aff79ab03e>
- Rot, M., Žežlina, I., Jančar, M. y Seljak, G. (2017). Črna figova muha (*Silba adipata* mcalpine, 1956 [Diptera, Lonchaeidae]) je zastopana tudi v Sloveniji. Slovenskega posvetovanja o varstvu rastlin z mednarodno udeležbo. *Rimske Toplice*, 13, 47-52.
- Sharma, R. R., Reddy, S. V. R., y Jhalegar, M. J. (2014). Pre-harvest fruit bagging: a useful approach for plant protection and improved post-harvest fruit quality – a review. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 89(2), 101-113. <https://doi.org/10.1080/14620316.2014.11513055>
- SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2024). Avance de siembras y cosechas. Resumen nacional por estado. Servicio de información agroalimentaria y

- Pesquera. Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural. Ciudad de México. En línea: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> Fecha de consulta 26 de junio de 202.
- Silvestri, F. (1917). Sulla *Lonchaea aristella* Beck. (Diptera: Lonchaeidae) dannosa alle infiorescenze e fruttescenze del caprificio e del fico. *Bolletino del Laboratorio di Zoologia Generale e Agraria della R. Scuola Superiore d' Agricoltura in Portici*, 12, 123-146.
- Turinetti, L. (1921). Sur la présence en France du *Lonchaea aristella* Beck. [Dipt. Lonchaeidae]. *Bulletin de la Société Entomologique de France*, 26, 195-196.
- Tutmuş, E. y Akşit, T. (2021). Siyah İncir Sineği'nin (*Silba adipata* Mcalpine, Diptera: Lonchaeidae) Aydın İlinde İncir Bahçelerinde Bulunma Oranı, Popülasyon Değişimi ve Bazı Biyolojik Özellikleri. *Adü Ziraat Derg*, 18(2), 311-319p.
- USDA. (2021). Import restrictions on fig fruit from Mexico. DA-2021-18. United States Department of Agriculture. Disponible en: <https://www.aphis.usda.gov/sites/default/files/da-2021-18.pdf>
- Yang, W.-H., Zhu, X.-C., Bu, J.-H., Hu, G.-B., Wang, H.-C., y Huang, X.-M. (2009). Effects of bagging on fruit development and quality in cross-winter off-season longan. *Scientia Horticulturae*, 120(2), 194-200. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2008.10.009>
- Yuliadhi, K. A., Supartha, I. W., Darmiati, N. N., Bangun, A., Yudha, I. K. W., Utama, I. W. E. K. y Wiradana, P. A. (2021). *Silba adipata* (Diptera: Lonchaeidae) parasitoids on cayenne pepper (*Capsicum frutescens*) in Bali, Indonesia. *Biodiversitas*, 22, 3929-3935.

Hipótesis de Investigación

H1. Las condiciones del sitio de colecta influyen en los parámetros ecológicos y biológicos de *Silba adipata*.

H2. Mediante la morfometría del cuerpo y los ganchos bucales de larvas es posible inferir el número de instares larvales de *S. adipata*.

H3. Los materiales utilizados para el embolsado de siconos influyen en el desarrollo y calidad del producto.

Objetivos

Objetivo General

Determinar diferentes parámetros bioecológicos de *S. adipata*, y conocer el efecto y viabilidad del embolsado en la incidencia de *S. adipata* y su efecto en el higo.

Objetivos Específicos

- Determinar diferentes parámetros ecológicos (porcentaje de infestación, tamaño de los frutos infestados y número de larvas por fruto) y biológicos (biología, sobrevivencia de larvas y pupas, longevidad y sobrevivencia de adultos y proporción de sexos) de *S. adipata* (Capítulo II).
- Determinar el número de instares larvales y la tasa de crecimiento de *S. adipata* (Capítulo III).
- Determinar el efecto de la técnica del embolsado de frutos sobre la incidencia de *S. adipata* y sobre el desarrollo y la calidad del higo (Capítulo IV).

CAPÍTULO II

Bioecological parameters of *Silba adipata* (Diptera: Lonchaeidae)

Abstract

This study assessed several bioecological aspects of the black fig fly, *Silba adipata* McAlpine (Diptera: Lonchaeidae), the most detrimental pest of fig (*Ficus carica* L.) around the world. Figs (cultivar Black Mission) were collected from eight sites in two states of Mexico (seven from Michoacán: Plan de Ayala, Los Tejones, Antúnez, Tangancícuaro, Indaparapeo, El Carrizal, and Charapendo; and one from Morelos: Telixtac). The figs collected from the Morelos site were significantly more infested (33%) by *S. adipata* than those collected in Michoacán sites (2-18%), with exception to El Carrizal (24%). No infestation was recorded in the Charapendo. Figs from Plan de Ayala and El Carrizal were larger (3.5-3.4 cm) and those from Telixtac and Los Tejones were wider (2.3-2.2 cm). Figs from El Carrizal and Plan de Ayala had more larvae (3.5-2.9/fig) than those collected in Telixtac and Los Tejones (1.6-2.1/fig). There were no significant differences in larval and pupal survival nor in the sex ratio in individual from Telixtac, El Carrizal, Plan de Ayala, and Los Tejones sites. In the second part of this study, the larval and pupal duration, as well as survival and longevity of *S. adipata* adults derived from individuals collected in Los Tejones site, were determined. Larva and pupa lasted 6.1 ± 0.3 and 10.9 ± 0.06 d, respectively. No significant differences were observed in the survival rate and longevity between females and males. Our results could help to design a program of integrated pest management against *S. adipata*.

Keywords: black fig fly, invasive pest, *Ficus carica*, cultivar Black Mission

1. Introduction

The fig (*Ficus carica* L.) has its center of origin, diversity, and domestication in the Middle East (Aksoy, 1998); however, due to its adaptability, it is cultivated in the subtropical, tropical, and temperate regions of the world (Aksoy, 1998; Nawade et al., 2020). The global production of fig is approximately 1,361,981 tons in 302,116 ha of cultivated land, with Turkey, Egypt, Morocco, and Algeria being the countries responsible for 65% of the total world production (FAOSTAT, 2023). Figs are consumed in fresh and dried, but are also processed into bread, jams, jelly, candy (commonly known as “ate”), fig coffee, and fillings for sweet treats (Gallego et al., 1996; Rodríguez, 2021).

The black fig fly, *Silba adipata* McAlpine (Diptera: Lonchaeidae), a severe invasive pest, is considered one of the most important economic threats to figs worldwide (Giliomee et al., 2007; Drouet, 2015; Abbes et al., 2021; DGSV, 2021). This insect is native to the Mediterranean and Middle East (Britt et al., 2022) and since 2000 it has spread rapidly through the temperate areas and got established in Europe, Africa, Asia, and North America (MacGowan and Freidberg, 2008). In Mexico, *S. adipata* was detected for the first time in commercial fig orchards, in 2019, in the Ayala municipality, in the state of Morelos; but actually, it is present in the main fig production regions (NAPPO, 2020; Bautista-Martínez et al., 2021; DGSV, 2021; Flores-Hernández, 2022; López et al., 2024). To date, there are 1,834 ha of fig crop, which produce 11,505 tons per year, with Morelos being the state responsible for 33% of the total national production (SIAP, 2023). This crop is an important source of employment, with approximately 5,500 jobs in all Mexican regions where it is cultivated (Paniagua-Jasso, E., Unpublished data). In addition, the exportation of fresh fig from Mexico to the United States of America started in 2015, the same year when both countries signed the Appendix of the operational work plan (SENASICA, 2020).

Silba adipata is a monophagous species that attack wild and cultivated figs (Nawade et al., 2020; Abbes et al., 2021). Females of this insect oviposit exclusively beneath the scales protecting the ostiole of the syconium (i.e., the fig), preferably in those unripe figs (Katsoyannos,

1983). After emergence, the larvae enter the fig where feed on the immature receptacle tissue, just beneath the skin of the fig (Drouet, 2015; Britt et al., 2022). The effects of feeding of *S. adipata* larvae results in premature figs drop, which can be frequently confused by the growers as natural fig shedding (Abbes et al., 2021; Giliomee et al., 2007). Larvae of this insect also feed on ripe figs, causing rot (Nawade et al., 2020) and their rejection for marketing. *Silba adipata* pupate in the soil (Drouet, 2015) where it can overwinter (Katsoyannos, 2004). This species is multivoltine and can have between 4–6 generations per year (Katsoyannos, 1983).

To combat *S. adipata*, growers often use broad-spectrum insecticides singly or in cocktails at weekly intervals (Illescas-Riquelme, C.P.; personal communication; CESAVESIN, 2021). However, the control achieved has been unsatisfactory and, in some cases, growers are forced to abandon their fig crops even before of the harvest season (Paniagua-Jasso E., personal observation). In addition, in the Mediterranean basin, it has been recognized that applications of chemical compounds cannot be performed in fig orchards because can result in the elimination of its pollinator wasp, *Blastophaga psenes* L. (Hymenoptera: Agaonidae) (Abbes et al., 2021). Thus, improvement of the application technology and a better knowledge of the basic bioecological characteristics of *S. adipata* are very much needed.

Being *S. adipata* one of the most important pests in fig cultivation worldwide, to date there are few studies that address the issue of the biology and ecology of this insect, knowing aspects such as the size of fruit preferred by the females to oviposit, or the duration of each of their development stages and the longevity of the adults, allows us to develop adequate and efficient strategies for their control.

The first objective of this study was to determine several bioecological aspects of *S. adipata* when a survey was taken in eight different sites in the states of Michoacán and Morelos. The bioecological aspects investigated included fig infestation, size of infested figs, number of larvae per fig, percentage of figs with presence of pupae and adults, larval and pupal survival, and sex ratio. The second objective was to determine the duration of larval and pupal stages, as well

as the survival and longevity of adults of individuals collected in one of the collection sites. This knowledge is essential to generate the bases for an efficient monitoring and management program for this species.

2. Materials and Methods

Unless different conditions are specifically detailed below, the experiments were conducted in a controlled environmental chamber at $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$, $70 \pm 5\%$ relative humidity, and a photoperiod of 16:8 h (L:D).

2.1. Insect Collection

From January to October 2023, unripe figs (cultivar Black Mission) were collected from field in eight sites in two states of Mexico, including seven sites from Michoacán and one from Morelos (Table 1). These collection sites were selected due they are the main areas of fig production in these Mexican states. In each collection, figs were selected arbitrarily from trees while walking through the field. Following collection, figs were placed in plastic boxes and transported to the Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IIAF), Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), in El Trébol, Tarímbaro, Michoacán State, Mexico.

2.2. Infestation percentage, infested figs size, number of larvae per fig, presence of pupae and adults in figs, larval and pupal survival, and sex ratio

In the laboratory, figs from each collection site were individually placed into ventilated plastic cups (5.5×5.5 cm), which contained vermiculite as pupation substrate to *S. adipata* larvae, in case of they were infested. These cups were examined daily; then, the number of larvae that leave the figs to pupate in the vermiculite was recorded. The infestation percentage was determined taking into account the number of figs from which at least one larva came out to pupate from the total figs collected in each collection site.

Table 1. Location of collection of figs used in the study.

Collection site	Municipality	Coordinates (Meters above sea level)	Collection date
Plan de Ayala	Los Reyes de Salgado	19° 32' 53.6" N, 102° 28' 22.9" W (1,347)	04 January 2023
Charapendo	Gabriel Zamora	19° 15' 43.2" N, 102° 03' 27.6" W (974)	14 January 2023
Indaparapeo,	Indaparapeo	19° 47' 35.6" N, 100° 58' 46.2" W (1,889)	17 January 2023
Antúnez,	Parácuaro	18° 59' 36.2" N, 102° 12' 18.1" W (340)	06 February 2023
El Carrizal,	Susupuato	19° 13' 35.7" N, 100° 26' 13.5" W (1,177)	08 February 2023
Tangancícuaro,	Tangancícuaro	19° 51' 22.9" N, 102° 11' 37.5" W (1,733)	20 March 2023
Los Tejones,	Los Reyes de Salgado	19° 32' 01" N, 102° 34' 41" W (1,053)	22 August 2023
Telixtac	Axochiapan	18° 34' 10" N, 98° 46' 38" W (1,115)	02 October 2023

All collection sites belong to the Michoacán state, with the exception of Telixtac, which belongs to Morelos state.

To know the size of the infested figs, the length and width of all collected figs were measured using a Vernier, previous that they were placed into the ventilated plastic cups described above. The number of larvae per fig as well as the total number of larvae per each collection site was also assessed. After larvae emerged from the figs to pupate on the vermiculite, each fig was dissected to register, if present, the number of larvae, pupae or adults into them.

After 6-8 h of pupation, pupae were individually placed into 2 cm² cylindrical well Castor tissue cultures plates, which contained a vermiculite bed, and checked daily until adult

emergence. With data of the total number of larvae per each collection site, the larval and pupal survival was calculated. After adult emergence, the sex ratio was calculated as the percentage of females [females/ (females + males) × 100].

2.3. Duration of Larval and Pupal Stages and Survival and Longevity of Adults

Larval and pupal duration, as well as the survival and longevity of *S. adipata* adults, were determined in individuals collected in the site Los Tejones because in this site the number of recovered larvae was highest (n = 103) compared to all remaining sites. The total duration of larval development was measured as the difference between the day on which the pupation occurred and the day on which infested figs were collected in the field. To determine pupal duration, pupae were checked daily.

After emergence, adults were released into a frame box (25 × 25 × 25 cm) entirely covered by a mesh screen and fed semisynthetic diet based on sugar and hydrolyzed protein (3:1). The diet was placed in a Petri dish (9 cm diameter × 1.5 cm height) and it was replaced every 7 days. Purified water was also offered continuously to adults in a Petri dish (5 cm in diameter by 1.5 cm in height) with a piece of cotton. When adults were 15 days old, four ripe figs were offered as oviposition substrate, which were replaced every 2 days during one month. To determine survival and longevity, *S. adipata* adults (distinguishing between males and females) were assessed every 24 h until they died. Development of adults was followed under laboratory conditions of ~25 °C, 56% of relative humidity and a photoperiod of 12:12 h (L:D), with daylight entering from the room windows, as in Katsoyannos (1983). In addition, previous test had shown that, at environmental controlled conditions mentioned above, *S. adipata* adults died at second or third day after emergence.

2.4. Data Analysis

A generalized linear model procedure (PROC GLM), with the LSMEANS test (P < 0.05) to separate means, was used for all analyses, which were performed using the SAS/STAT statistical software package (version 9.4; SAS Institute, Cary, NC). Data on size of infested figs and number

of larvae per fig were subjected to analysis of variance (ANOVA). For evaluating the infestation percentage, larval and pupal survival (taking into account only those collection sites where the number of larvae was higher 35 individuals), and the sex ratio in adults, a binomial distribution model was used. All the analyses were performed without transforming data because they met the assumption of normality (PROC UNIVARIATE) and homoscedasticity (PROC GLM).

We used Gehan-Breslow Kaplan-Meier (K-M) survival analysis and the non-parametric procedure LIFETEST to compare survival curves between sexes of *S. adipata* adults. A pairwise multi comparison procedure (Long-Rank test, $P < 0.05$) was used to detect significant differences. We considered all female or male survivors from the beginning to the end of the experiment. Data on the adult longevity were subjected to a Student's *t*-test.

3. Results

3.1. Infestation percentages

In the Charapendo site, there was no figs infestation by *S. adipata*. However, significant differences were observed in the infestation percentage among the remaining surveyed sites ($F_{6,866} = 11.6$; $P < 0.0001$; Table 2). The infestation percentage of figs was significantly higher in Telixtac site (33%) than that recorded in the remaining collection sites, with exception to El Carrizal, where a 24% was recorded. The infestation percentage in the sites Plan de Ayala and Los Tejones was very similar (17-18%), whereas in Antúnez, Tangancícuaro e Indaparapeo it was very low ($\leq 6.0\%$).

3.2. Size of infested figs

Significant differences were observed in the length of the infested figs that were collected in the different collection sites ($F_{3,97} = 10.51$; $P < 0.0001$, Table 2). The length of figs collected in the sites El Carrizal and Plan de Ayala was significantly larger (3.4-3.5 cm) compared to those collected in Telixtac and Los Tejones (2.9-3.0 cm).

As for the length of the infested figs, significant differences were also observed in their width among the different collection sites ($F_{3,97} = 5.95$, $P = 0.0009$; Table 2). Figs collected in the sites Los Tejones and Telixtac were significantly wider (2.2-2.3 cm) than that collected at El Carrizal and Plan de Ayala (1.9 and 2.0 cm).

Table 2. Infestation percentage, size of infested figs, and number of larvae per fig in several collection sites from the states of Michoacán and Morelos, México.

Collection site	Infestation (%; <i>N</i>)	Size of infested figs (cm)		Larvae/fig
		Length	Width	
Telixtac	33.3 ± 5.8(66)a	2.9 ± 0.07b	2.3 ± 0.06a	1.6 ± 0.30b
El Carrizal	24.5 ± 6.2(49)ab	3.4 ± 0.10a	1.9 ± 0.08b	3.5 ± 0.40a
Plan de Ayala	18.4 ± 3.8(103)b	3.5 ± 0.08a	2.0 ± 0.06b	2.9 ± 0.32a
Los Tejones	17.5 ± 2.3(275)b	3.0 ± 0.05b	2.2 ± 0.04a	2.1 ± 0.20b
Antúnez	5.8 ± 2.0(139)c	ND	ND	ND
Tangancícuaro	5.0 ± 2.0(119)c	ND	ND	ND
Indaparapeo	1.6 ± 1.2(122)c	ND	ND	ND

Means within columns followed by the same letter are not significantly different (mean separation by LSMeans test, $P > 0.05$).

N, the total number of collected figs.

ND, not determined because infestation was ≤6%.

3.3. Number of larvae per fig and percentage of pupae and adults in figs

Figs collected in the sites Plan de Ayala and El Carrizal had significantly ($F_{3,97} = 6.13$; $P = 0.0007$) more larvae (2.9 and 3.5 larvae per fig, respectively) compared to those collected on Telixtac and Los Tejones (1.6 and 2.1 larvae per fig, respectively; Table 2).

After figs were dissected, only pupae or adults were found inside some of them. In the Telixtac site, 18.2% of the figs had both development stages (two and nine figs had two pupae and one pupa each, respectively; whereas one fig had an adult). Three figs (1.1%) from the Los

Tejones site had one pupa each, whereas 1.4% of figs collected in Antúnez had pupae or adults (one of them had a pupa and another had an adult). The 2.4% of the figs collected in the Indaparapeo site had pupae or adults (one of them had a pupa and the other two had an adult each).

3.4. Larval and pupal survival and sex ratio

No significant differences were observed in the larval ($F_{3,233} = 0.58$; $P = 0.6285$) and pupal ($F_{3,217} = 0.62$; $P = 0.6008$) survival. This biological parameter was very high in both development stages for the individuals obtained from the figs collected in the sites El Carrizal, Plan de Ayala, Los Tejones, and Telixtac: between 90% and 97% for larvae and between 86% and 94% for pupae (Table 3).

No significant differences were detected in the adult sex ratio of the individual obtained in the sites El Carrizal, Plan de Ayala, Los Tejones, and Telixtac ($F_{7,374} = 0.5$; $P = 0.837$). The proportion of females ranged between 40.0% - 53.5% (Table 3).

Table 3. Survival of larvae and pupae and adult sex ratio of *S. adipata* obtained from infested figs collected in different sites in the states of Michoacán and Morelos, México.

Collection site	Larva (n)	Survival (%)		Sex ratio (% female)
		Larva	Pupa	
Telixtac	36	97.2 ± 4.2a	85.7 ± 5.0a	40.0 ± 9.1a
El Carrizal	42	90.5 ± 3.9a	89.5 ± 4.8a	52.9 ± 8.7a
Plan de Ayala	56	94.6 ± 3.4a	94.3 ± 4.0a	51.2 ± 7.9a
Los Tejones	103	92.2 ± 2.5a	90.5 ± 3.0a	53.5 ± 5.4a

n, number of specimens whose development was followed.

3.5. Larval and pupal duration

Ninety seven larvae were recovered from figs collected in Los Tejones. Preliminary observations demonstrated that the duration of larval stage of these individuals was 6.1 ± 0.3 d. The pupal stage lasted 10.90 ± 0.06 d (range from 10 to 13 d).

3.6. Adult survival and longevity

No significant differences were observed in the survival between males and females of *S. adipta* derived from figs collected from the site Los Tejones (Log-rank test, $\chi^2 = 1.4657$, $P = 0.6902$). The estimation of the survival rates of adults of this insect indicated that the probability of survival of an individual to 12 days was 100% in both sexes (Fig. 1). A similar survival of males and females was observed from day 13 to day 39 (96-70 and 100-69% for males and females, respectively).

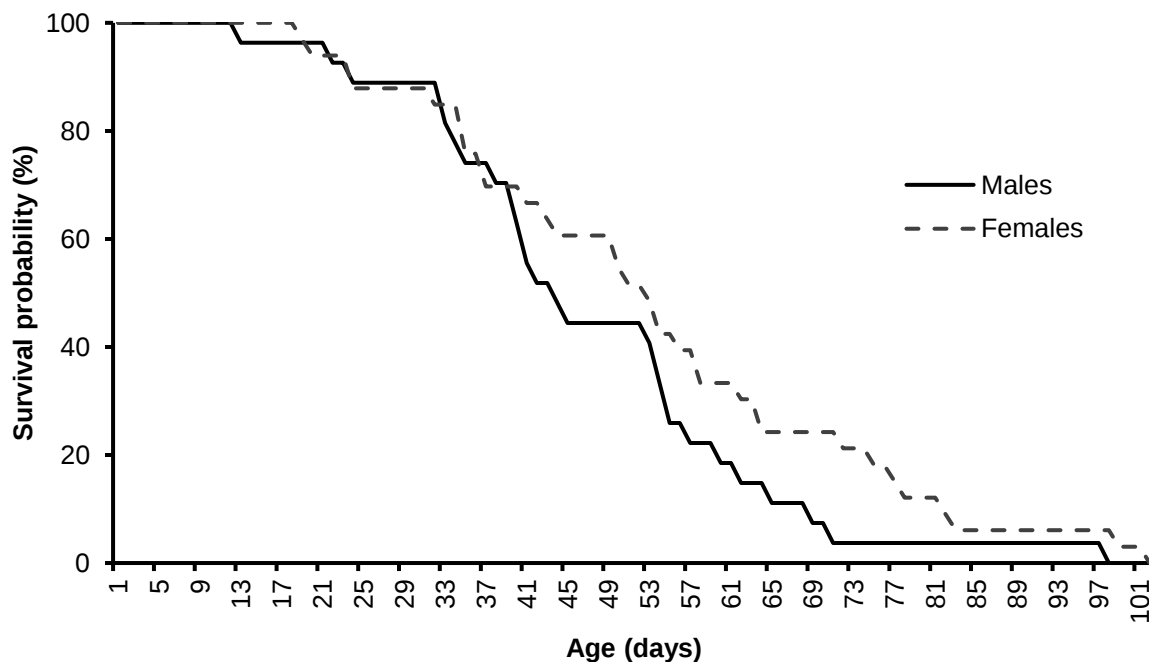


Fig. 1. Survival probability of *Silba adipta* adults derived from figs collected in Los Tejones, municipality of Los Reyes de Salgado, Michoacán, México. (N = 33 females and 27 males from the beginning of the experiment).

Afterward, survival decreased with variation depending on the sex of the insect. At 50 days, the survival of females was 10% higher than that of the males (54.5% vs. 44.4%). A 10% survival threshold was reached at 65 and 82 days for males and females, respectively. One male survived until day 97, while a single female survived 101 days.

No significant differences ($t = -1.21$, $P = 0.2311$) were observed in the longevity of adult males and females of *S. adipata*. The female ($n = 33$) and male ($n = 27$) adults lived for 52.6 ± 3.7 and 46.3 ± 3.4 days, respectively.

4. Discussion

Information about the infestation caused by *S. adipata* on figs in Mexico is very limited. The only available study (Flores-Hernández, 2022) shows that the infestation was much higher (between 38 and 90%) in figs (cultivar Black Mission) collected in six sites in the Mexican states of Morelos and Estado de México than that found in the present study (between 2 and 33%). In Tunisia, the infestation caused by this insect on figs depended on the fig cultivar and studied sites. For example, in the regions of Djebba, Chott-Mariem, and Medenine, the infestation ranged from 2 to 56%, 12 to 88%, and 0.01 to 81%, respectively, on several cultivars of figs (Abbes et al., 2021). Brow Turkey is the only other fig cultivar of economic importance in Mexico (Rodríguez, 2021) but the infestation caused by this insect on this cultivar is unknown. Therefore, it is important to conduct studies to determine if this cultivar is more or less susceptible than the Black Mission cultivar.

Katsoyannos (1983) mentioned that *S. adipata* preferably infests unripe small and hard figs; however, the size of the attacked figs was not given. In the present study, we found that larger (~3.5 cm) and wider (~2.3 cm) unripe figs were the most suitable to be infested by this insect. This coincides with the size of the most infested unripe figs (3.2-3.8 cm in length $\times$ 2.6-3.0 cm in width) by *S. adipata* (Flores-Hernández, 2022) or by the related species *Silba virescens* Macquart (1-2.5 cm in width; Awadallah et al., 1982). It is well known that *S. adipata* prefers to

infest unripe figs (Katsoyannos, 1983; Drouet, 2015; Abbes et al., 2021); however, the ripening ones can be also infested (Katsoyannos, 1983). This has also been observed by our research group either in field conditions or under laboratory conditions where females of this insect laid eggs on ripening figs that were offered as oviposition substrate. Surprisingly, in the field females of *S. adipata* laid eggs in the exit holes that the larvae have drilled in the unripe figs. We have not an explanation about this oviposition behavior; therefore, this merits further study.

The presence of the greatest number of larvae per fig coincides with the biggest figs, which were collected in the sites of Plan de Ayala and El Carrizal. It is possible that a larger volume of tissue can provide enough food for a larger number of individuals. For instance, a greater number of larvae of the lonchaeids *Dasiops inedulis* Steysdal and *Dasiops* spp. were found in larger ovaries than in the smaller ones of the passion fruit (*Passiflora edulis flavicarpa* Degener) (Ambrecht et al., 1986) and sweet granadilla (*Passiflora ligularis* Juss) (Santos et al., 2009), respectively.

It is well known that when *S. adipata* larvae have reached their maximum development, they achieve a circular exit hole in the fig at the end of the mine, where they have fed and then jump outside to pupate in the soil (Abbes et al., 2021; Britt et al., 2022). However, when larvae do not leave the figs, they can pupate into them and follow their development until adulthood. We recorded a minimum percentage of figs with the presence of pupae or adults of *S. adipata* (less than 2.5%) in the four sites in which the presence of both development stages was assessed, except for the Telixtac site (18%). It is important to point out that adults found inside the figs were dead and deforms (i.e., they were unable to shed from the pupal exuvium or did not have normal wings). Similarly, less than 1% of figs had pupae inside when 1,000 and 5,000 figs were dissected by Drouet (2015) and Silvestri (1917), respectively. The reasons why *S. adipata* pupate inside the figs are unknown; however, we suppose that these pupae are those formed from larvae with delayed development. In addition, the figs can become dehydrated, which prevents the larvae leave them to pupate in the soil.

We have found a high survival rate of larvae and pupae of *S. adipata* (up to 97% and 94%, respectively) in the individuals derived from four of the collection sites (El Carrizal, Plan de Ayala, Los Tejones, and Telixtac). This insect is a monophagous species; therefore, the high survival rate of these development stages could mean a high adaptation to fig because it is its single host. From the practical point of view this finding could have negative implications because the damage to fig crops caused by larval feeding would be increased. In addition, it is plausible to suppose that if there is a high survival rate of pupae, then there will also be a high rate of adult emergence and, consequently, an increase in the offspring in the next generation. Survival of larvae and pupae of our studied species was higher than that reported for the lonchaeid *D. inedulius* (84% and 32% for larvae and pupae, respectively; Carrero, 2013) and for other Tephritoidea species (superfamily to which *S. adipata* belongs) such as *Anastrepha ludens* (Loew), *Anastrepha obliqua* (Macquart), and *Anastrepha serpentina* (Wied) ($\leq 57\%$ and $\leq 62\%$ for larvae and pupae, respectively, in the three species) when fed fruits of mango (*Mangifera indica* L.) or yellow sapote (*Pouteria campechiana* [Kunth] Baehni), with exception to *A. serpentina* where the survival of pupae was 96% (Celedonio-Hurtado et al., 2014). Differences between the survival percentages of larvae and pupae obtained in our study and those obtained by Carrero (2013) in *D. inedulius* and Celedonio-Hurtado et al. (2014) in these *Anastrepha* spp. could be intraspecific.

Our results about the sex ratio are similar to that reported in other studies with lonchaeids species: 50% in *D. inedulius* (Ambrecht et al., 1986) and *Dasiops* spp. (Santos et al., 2009) fed ovaries of passion fruit and sweet granadilla, respectively; and 60% in *Dasiops saltans* (Townsend) when fed flower buds yellow pitaya (*Selenicereus megalanthus* [Haw]; Delgado et al., 2010).

The biology of *S. adipata* is poorly understood. It is important to point out that the results about larval duration obtained in the present study do not represent the total duration time of this development stage because there was a big variability in the duration time (between 2 and 15 d) among the individuals at which development was followed. This variability in the duration time

among individuals is due to the presence of different larval instars into the figs at the moment at which they were collected. Therefore, it is plausible to suppose that at a minor duration time, the larvae were in the last instar, whereas those with the highest duration time were in the earlier instar. In this regard, 57 larvae came out of figs to pupate in the vermiculite at 5 d or less after the figs were placed on this substrate (4, 12, 13, and 28 larvae at days 2, 3, 4, and 5, respectively), while 32 larvae did between 6 and 11 d (12, 5, 4, 4, 5, and 2 larvae at days 6, 7, 8, 9, 10, and 11, respectively). Only eight larvae had the longest duration (six of them came out of the figs at 13 d after collection and the other two larvae at 15 d after collection). Assuming that these larvae could be the smallest ones at the moment at which they were collected, then they represent those of the earlier larval stage. Therefore, we suppose that the time of larval duration of *S. adipata* could be between 13 and 15 d. Currently, we are realizing studies under lab conditions aimed to improve the rearing method of this insect to ascertain the real duration of this development stage.

It is well known that environmental conditions, especially temperature (Drouet, 2015) and type of diet (Gislotti and do Prado, 2013), can strongly influence the development of insects. High temperatures within the optimal developmental range may accelerate the metabolism and shorten development time. Moreover, the nutritional value of proteins, carbohydrates, and other dietary components influences the efficacy of their utilization and affects insect development (Viñuela and Arroyo, 1983). The influence of these factors is species dependent. Currently, the duration of the larval stage of *S. adipata* is unknown. In this regard, Silvestri (1917) mentioned that in spring, the larva had a duration of 24 d, while in summer, it was 6-7 d. For Drouet (2015), in spring, the larva had a duration from 22 to 29 d, while in summer it was from 7 to 22 d. However, data reported by these two authors are only based on observations; therefore, no information is provided on how this biological parameter was determined. In other lonchaeid species, the duration of the larval stage depended on both temperature and food. In *S. virescens* was 32, 18, 10, and 7 d at 15, 20, 25, and 30°C, respectively, when fed on green figs (Awadallah et al., 1982); in *Lonchaea chorea* Fabricius was 60-72 and 12 d at 4.5-10 and 21-25 °C, respectively, when fed on fresh cow-dung

(Cameron, 1912); and in *Neosilba perezii* (Romero and Ruppel) was 15.8 d at $22 \pm 1^\circ\text{C}$ when fed on artificial diet composed of cassava flour, water, and brewer's yeast (Gislotti and do Prado, 2013). In addition, it is important to point out that when *N. perezii* larvae were fed two different artificial diets, one of them consisting essentially of brewer's yeast + water + casein + agar and the other one of cassava flour + water, there was high mortality (46-52%), suggesting that the food supplied to this species was of low quality (Gislotti and do Prado, 2013).

In their observations, Silvestri (1917) and Drouet (2015) mentioned that duration of pupal stage was very similar both spring and summer (9-10 d), but in the autumn it was 16 d (Drouet, 2015). As for larval stage, the duration of pupal stage in other species of loncheids was dependent of the environmental conditions: in *S. virescens*, 33, 21, 10, and 9 d at 15, 20, 25, and 30°C , respectively (Awadallah et al., 1982); in *L. chorea*, 10 d at $21-25^\circ\text{C}$ (Cameron, 1912); and in *N. perezii*, 23 d at $22 \pm 1^\circ\text{C}$ (Gislotti and do Prado, 2013). The results on the duration of the pupal stage in *S. virescens* (Awadallah et al., 1982) and *L. chorea* (Cameron, 1912) (10 d in both cases) when recorded at 25°C and $21-25^\circ\text{C}$, respectively, are very similar to that obtained in our study at this same temperature.

To the best of our knowledge, there are no references about the survival of *S. adipata*. In the current study, the survival probability of females of this species under our conditions ($\sim 25^\circ\text{C}$) dropped below 50% from the age of 53 d old. In other tephritoids, this survival percentage was reached when the females were younger than our studied species: 19 d in *A. ludens*, 24 d in *A. obliqua*; and 27 d in *A. serpentina* (Celedonio-Hurtado et al., 2014). In contrast, a 50% survival threshold was obtained in females of *Anastrepha distincta* (Greene) when they were 140 d old (Oropeza-Cabrera et al., 2015). It has been reported that long survival has a clear influence on the reproductive parameters in insects (Carey et al., 2008; Celedonio-Hurtado et al., 2014; Mariano-Macedo et al., 2020). For example, in the tephritids *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann), *Ceratitis capitata* (Wied), and *Bactrocera dorsalis* (Hendel), the number of eggs laid by a female during her lifetime was 336, 706, and 1,244, respectively (Vargas et al., 2000; Oviedo et al., 2020).

In addition, a high fertility (88%) was recorded both in *A. fraterculus* and *C. capitata* (Oviedo et al., 2020). The fecundity and fertility of *S. adipata* have not been studied thus far. In preliminary tests, we recovered 30 eggs from one of the four ripening figs that were offered as oviposition substrate to the females of this insect. These eggs, however, could have come from more than one female, and they did not hatch. This can be due that females of this insect were unmated, as was suggested by Katsoyannos (1983) when recovered 2000 not viable eggs of *S. adipata* from unripe figs. Further research should be implemented in order to completely ascertain this aspect.

In the present study, no differences were observed in the longevity between males and females of *S. adipata*. This is different from what is usually observed in most insect species, where females live longer than males probably because of the different physiological and biochemical characteristics associated to the different genotype (Fox et al., 2003). Although without significant differences, in the present study, *S. adipata* females lived, on average, seven days more than males when they were provided with semisynthetic diet based on sugar and hydrolyzed protein + water. Similarly, females of *C. capitata* also lived six days more than males (32 vs 24 d) when they fed with a diet based on autolyzed yeast and sugar (1:99) (Davies et al., 2005). In contrast, the longevity of males and females of *A. obliqua* was very similar (29-31 d) when fed diet based on powdered milk, hydrolyzed protein, calcium caseinate, and sugar (1:1:1:2) (Chaverri et al., 1999). Sugar and hydrolyzed protein provide different types of nutrients, as the former is carbohydrates sources, and the latter are proteins sources. This could have contributed to the prolonged longevity of adults of both sexes of *S. adipata* in the present study. In field, the adults of this species can obtain significant amount of carbohydrates from the exudates of the ripe figs (Katsoyannos, 1983), which has been confirmed by our observations done either in field or under laboratory conditions where ripe figs were offered for oviposition. However, if ripe figs are not available, *S. adipata* adults can obtain carbohydrates from milky fig-tree sap or flowers of the trumpet-creeper plant (*Campsis [Tecoma] radicans* Juss.; Bignoniaceae) and citrus and olive trees (Katsoyannos, 1983).

In conclusion, our study has shown several important ecological features of *S. adipata* derived from individuals collected from field in eight sites in two states of Mexico (Michoacán and Morelos). One of the main findings was that the fig infestation was higher in the Morelos site compared to the figs collected in Michoacán sites, with exception to one of them and that larger and wider figs were the most infested and had more larvae per fig. Besides, this is the first study where the duration of pupal stage as well as the survival and longevity of *S. adipata* has been more accurately determined. *Silba adipata* is a serious challenge to the ongoing development of integrated pest management in fig crops. Therefore, currently we are realizing more studies to develop a semisynthetic diet to determine the duration of development stages of egg and larva of this insect as well as its reproductive parameters of fecundity and fertility.

References

- Abbes, K., Hafsi, A., Harbi, A., Mars, M. & Chermiti, B. (2021). The black fig fly *Silba adipata* (Diptera: Lonchaeidae) as an emerging pest in Tunisia: preliminary data on geographic distribution, bioecology and damage. *Phytoparasitica*, 49, 49–59.
- Aksoy, U. (1998). Why figs? An old taste and a new perspective. *Acta Horticulturae*, 480: 25-26.
- Ambrecht, de P., Chacón, de U. P. & Rojas, de H. M. (1986). Biología de la mosca de los botones florales del Maracuya *Dasiops inedulis* (Diptera: Lonchaeidae) en el Valle del Cauca. *Revista Colombiana de Entomología*, 12(1), 16-22.
- Awadallah, A. M., Kira, M. T. & El-Borollosy, F. M. (1982). Some biological aspects on the fig fruit fly, *Silba virescens* Maquart. *Agricultural research review*, 58(1), 239-246.
- Bautista-Martínez, N., Meraz, A. R., Valdez, C. J. M. & López, B. E. (2021). Black fig fly, *Silba adipata* McAlpine, in backyards of the State of Mexico. *Southwestern Entomologist*, 46, 793-796.

- Britt, K. E., Gordon, P. E., Faber, B. A., Ríos, S. I. & Wilson, H. (2022). First report of black fig fly, *Silba adipata* (Diptera: Lonchaeidae), in the United States. *Journal of Integrated Pest Management*, 13(1): 12;1-5. <https://doi.org/10.1093/jipm/pmac009>
- Cameron, A. E., M. A., B. Sc. (1912). X. On the Life-history of *Lonchaea chorea*, Fabricius. Government Research Scholar, and Honorary Research Fellow, the University of Manchester. Plate XI.
- Carey, J. R., Harshman, L. G., Liedo, P., Müller, H. G., Wang, J. L. & Zhang, Z. (2008). Longevity-fertility trade-offs in the tephritid fruit fly, *Anastrepha ludens*, across dietary-restriction gradients. *Aging Cell*, 7, 470-477.
- Carrero, D. A. C. (2013). Fluctuaciones poblacionales del insecto *Dasiops inedulis* (Diptera: Lonchaeidae) en cultivos de granadilla en Boyacá, Colombia. Tesis de Maestría en Ciencia-Entomología. Facultad de Ciencias, Escuela de Posgrados, Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia.
- Celedonio-Hurtado, H., Liedo, P., Aluja, M., Guillen, J., Berrigan, D. & Carey, J. (2014). Demography of *Anastrepha ludens*, *A. obliqua* and *A. serpentina* (Diptera: Tephritidae) in Mexico. *The Florida Entomologist*, 71(2), 111-120.
- CESAVESIN, Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Sinaloa. (2021). Mosca negra del higo; biología, hábitos, prevención y control. <https://www.cesavesin.mx/mosca-negra-del-higo-biologia-habitos-prevencion-y-control/> (accessed 15 may 2024).
- Chaverri, G. L., Soto, M. J. & Jirón L. F. (1999). Notas sobre biología y ecología de *Anastrepha obliqua* (Diptera: Tephritidae), plagas de plantas anacardiáceasen América tropical. II. Formas adultas. *Agronomía Mesoamericana*, 10(2), 99-102.
- Davies, S., Kattel, R., Bhatia, B., Petherwick, A. & Chapman, T. (2005). The effect of diet, sex and mating status on longevity in Mediterranean fruit flies (*Ceratitis capitata*), Diptera: Tephritidae. *Experimental Gerontology*, 40, 784–792. <https://doi:10.1016/j.exger.2005.07.009>

- Delgado, A., Kondo, T., López, K. I., Quintero, E. M., Manrique, B. M. B. & Medina, S. J. A. (2010). Biología y algunos datos morfológicos de la mosca del botón floral de la pitaya amarilla, *Dasiops saltans* (Townsend) (Diptera: Lonchaeidae) en el Valle del Cauca, Colombia. *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle*, 11(2), 1-10.
- DGSV, Dirección General de Sanidad Vegetal. (2021). Estrategia operativa para el manejo fitosanitario de la mosca del higo negro, *Silba adipata* (Diptera: Lonchaeidae). 17 p.
- Drouet, F. (2015). *Silba adipata* McAlpine. <http://www.silba-adipata.fr/index.html> (accessed 26 october 2023).
- FAOSTAT, 2023. Organización de las Naciones Unidad para la Alimentación y la Agricultura. FAOSTAT. Datos sobre alimentación y agricultura. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL> (accessed 6 december 2023).
- Flores-Hernández, M. Á. (2022). Biología y atrayentes alimenticios de la mosca negra del higo *Silba adipata* McAlpine (Diptera: Lonchaeidae). Tesis de Maestría en Ciencias. Instituto de Fitosanidad, Colegio de Posgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México.
- Fox, C. W., Dublin, L. & Pollitt, S. J. (2003). Gender differences in lifespan and mortality rates in two seed beetle species. *Functional Ecology*, 17, 619–626.
- Gallego, M. C., Angulo, R., Serrano, S. & Jodral, M. (1996). Estudio espacio-temporal del consumo de higos. *Journal of Food*, 1(3), 43-48.
- Giliomee, J. H., Venter, E. & Wohlfarter, M. (2007). Mediterranean black fig fly, *Silba adipata* McAlpine (Diptera: Lonchaeidae), recorded from South Africa. *African Entomology*, 15, 383–384.
- Gislotti, J. L. & do Prado, P. A. (2013). Aspectos da biologia e morfologia de machos da mosca-dos-brotos (Diptera: Lonchaeidae). *Arquivos do Instituto Biologico, São Paulo*, 80(4), 416-423.

- Katsoyannos, B. I. (1983). Field observations on the biology and behavior of the black fig fly *Silba adipata* McAlpine (Diptera, Lonchaeidae), and trapping experiments. *Zeitschrift für Angewandte Entomologie*, 95, 471-476.
- Katsoyannos, B. (2004). Black fig fly (Diptera; Lonchaeidae). In: Capinera, J.L. (Ed.) *Encyclopedia of Entomology*. 319. Kluwer Academic Publishers, Doordrecht.
- López, B. E., García, S. A. N., Sierra, G. U. A., Tejeda, R. M. A. & Illescas, R. C. P. (2024). Efecto nulo de trampas y cebos en la captura de la mosca negra del higo, *Silba adipata*. In R. Soto, O., S. M. Avilés, M., J. G. Brígido, M., M. I. Escobosa, G. (Eds), *Avances en agricultura sostenible y cambio climático* (pp. 443-447). Astra Editorial.
- Mariano-Macedo, A., Vázquez-González, Y. M., Martínez, A. M., Rebollar-Alviter, A., Figueroa, J. I., Morales, S. I. & Pineda, S. (2020). Biological traits of a *Pachycrepoideus vindemiae* Mexican population on the host *Drosophila suzukii*. *Bulletin of Insectology*, 73(2), 241-248.
- MacGowan, I. & Freidberg, A. (2008). The Lonchaeidae (Diptera) of Israel, with descriptions of three new species. *Israel Journal of Entomology*, 38, 61-92.
- NAPPO, North American Plant Protection Organization. (2020). Detection of black fig fly *Silba adipata* McAlpine in the municipality of Ayala state of Morelos. Phytosanitary alert system. <https://www.pestalerts.org/official-pest-report/detection-black-fig-fly-silba-adipata-mcalpine-municipality-ayala-stat> (accessed 25 october 2023).
- Nawade, B., Shaltiel-Harpaz, L., Yahyaa, M., Kabaha, A., Kedoshim, R., Bosamia, T. C. & Ibdah, M. (2020). Characterization of terpene synthase genes potentially involved in black fig fly (*Silba adipata*) interactions with *Ficus carica*. *Plant Science*, 298(110549).
- Oropeza-Cabrera, A., Liedo, P., Hernández, E. & Toledo, J. (2015). Demografía y desarrollo ovárico de *Anastrepha distincta* (Diptera: Tephritidae) en su hospedero natural *Inga spuria* (Fabaceae) y en mango (*Mangifera indica* L.) infestado en condiciones de laboratorio. *Acta Zoológica Mexicana* (n. s.), 31(2), 149-158.

- Oviedo, A., Van, N. G., Van, N. C. & Rull, J. (2020). Exposure to essential oils and ethanol vapors affect fecundity and survival of two frugivorous fruit fly (Diptera: Tephritidae) pest species. *Bulletin of Entomological Research*, 1–8. <https://doi.org/10.1017/S0007485320000085>
- Rodríguez, P. N. Y. (2021). Estrategia de gestión para la red de valor-higo (Tesis de Maestría, Universidad Autónoma Chapingo). Repositorio institucional de la Universidad Autónoma Chapingo <https://repositorio.chapingo.edu.mx/server/api/core/bitstreams/f4297aad-5639-444d-9906-733b0cad23b8/content>
- Santos, A. O., Varón, D. E. & Salamanca, J. (2009). Prueba de extractos vegetales para el control de *Dasiops* spp., en granadilla (*Passiflora ligularis* Juss.) en el Huila, Colombia. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuarias*, 10(2), 141-151.
- SENASICA, Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. (2020). Autoriza EUA la importación de higos y tejocotes mexicanos. <https://www.gob.mx/senasica/prensa/autoriza-eua-la-importacion-dehigos-y-tejocotes-mexicanos-20681> (accessed 10 september 2023).
- SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2023). Avance de siembras y cosechas. Resumen nacional por estado. Servicio de información agroalimentaria y Pesquera. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Ciudad de México. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> (accessed 10 december 2023).
- Silvestri, F. (1917). Sulla *Lonchaea aristella* Beck. (Diptera: Lonchaeidae) dannosa alle infiorescenze e fruttescenze del capririco e del fico. *Bolletino del Laboratorio di Zoologia Generale e Agraria della R. Scuola Superiore d' Agricoltura in Portici*, 12, 123–146.
- Vargas, R. I., Walsh, W. A., Kanehisa, D., Stark, J. D. & Nishida, T. (2000). Comparative Demography of Three Hawaiian Fruit Flies (Diptera: Tephritidae) at Alternating Temperatures. *Annals of the Entomological Society of America*, 93(1), 75-81.

Viñuela, E. & A. Arroyo. (1983). Effect of nutrition on the susceptibility of *Ceratitis capitata* Wied. (Dip.: Tephritidae) adults to malathion. Influence of adult food, physiological stage and age. *Acta Oecologica Oecologia Applicata*, 4, 123-130.

CAPÍTULO III

Determination of larval instars and larval growth ratio of *Silba adipata* (Diptera: Lonchaeidae) through morphometry

Abstract

The number of larval instars insect pests undergo is very important from a practical perspective. Currently, for *Silba adipata* McAlpine (Diptera: Lonchaeidae), the most destructive insect pest of fig (*Ficus carica* L.) around the world, the number of larval instars is not very well defined. In this study, the number of larval instars and the larval growth ratio of this insect were determined using morphometry and plotting the frequency distribution of four variables measured: length (A) and width of the larval body (B), length of the dorsal cornua of the pharyngeal sclerite (C), and the length of the cephalopharyngeal skeleton (D). The frequency distribution of each measured variable did not clearly express the differences between the larval instars. Therefore, two proportion factors were proposed to locate individuals in the corresponding instar: the first was obtained by multiplying the variables A and B (= proportion factor 1) and the second by multiplying the variables C and D (= proportion factor 2). Frequency distribution and a discriminant analysis for each proportion factor determined that *S. adipata* has three larval instars. The average growth ratios of larvae of this species were very similar for both proportion factors (1.50 and 1.58 for proportion factor 1 and proportion factor 2, respectively), and they are consistent with the growth constant of Dyar's rule. The results of our study are essential to developing a better monitoring and management program for the black fig fly.

Keywords: black fig fly, cornua of pharyngeal sclerite, cephalopharyngeal skeleton, proportion factor, Dyar's rule, frequency distribution.

1. Introduction

Silba adipata McAlpine (Diptera: Lonchaeidae), commonly known as the black fig fly, was described by McAlpine (1956). Individuals collected in Portici and Cilento, Italy, had previously been misidentified as *Lonchaea aristella* Becker by Silvestri (1917). It is an invasive exotic species endemic to the Mediterranean and the Middle East (Britt et al., 2022). Since 1998, *S. adipata* has spread rapidly through the temperate areas of other continents and successfully established in Europe, Africa, Asia, and North America (Raz, 1998; Giliomee et al., 2007; MacGowan and Freidberg, 2008; NAPPO, 2020; DGSV, 2021).

The black fig fly is a monophagous species because it exclusively feeds on *Ficus carica* L. (fig) and is considered the most important economic threat to this crop worldwide (Katsoyannos, 1983; Ismail et al., 2016). The fig fruit is a syconium, a fleshy hollow receptacle containing fig flowers of both sexes (Britt et al., 2022). Females of this insect oviposit in the ostiole, the natural scale-lined opening at the base (distal end) of the fig, of unripe cultivated and wild figs (Nawade et al., 2020). After emergence, *S. adipata* larvae enter the syconium and feed on the stiles and ovaries of the flowers and the receptacle (Drouet, 2015; Britt et al., 2022). In addition, according to observations done for our research group, larvae of all ages can be found inside the syconium. At the first symptoms of infestation, unripe figs become purplish; they can remain attached to the tree and finally dry and become “mummified”. The extensive damage often results in immature fig drop of up to 90% (Abbes et al., 2021). *Silba adipata* larvae also feed on ripe figs, causing rot (Nawade et al., 2020) and their rejection for marketing. Adult *S. adipata* feed on exudates from ripe figs; however, before fig maturity, the milky fig-tree sap serves as food for the flies (Katsoyannos, 1983; Katsoyannos and Guerin, 1984).

Knowledge of the biology of any insect pest, including the number of instars, is essential to develop better monitoring and management programs to minimize damage. Little information is available about the biology of *S. adipata*, and such information is based only on field observations done by Silvestri (1917) and Drouet (2015), who have mentioned that the biology of

this insect is dependent on the season. For Silvestri (1917), in spring, the egg, larva, and pupa had a duration of 8, 24, and 10 d, respectively, while in summer, it was 3, 6-7, and 9-10 d, respectively. This author also mentioned that, in the autumn, the pupa lasts 16 d and that the adults can live more than one month. For Drouet (2015), in spring and summer, the larva of *S. adipata* had a duration from 22 to 29 d and 7 to 22 d, respectively, and the pupa lasted from 9 to 10 d in the latter season.

Studying the larval development of *S. adipata* in nature is difficult due to two main factors: the insect's cryptic habit and the possible presence of other species of fruit flies that attack figs, including drosophilids, tephritids, and other lonchaeids (Gonçalves et al., 2008; Bautista-Martínez et al., 2017; Singh et al., 2022). Consequently, no conclusive information is available on the larval development of this species. According to Silvestri (1917), Abbes et al. (2021), and Britt et al. (2022), *S. adipata* passes through two or three larval instars. However, none of these authors explained how the number of larval instars was determined. We assume that the information given by Abbes et al. (2021) and Britt et al. (2022) is based on reports in the literature on the presence of three larval instars in Tephritoidea species (Harman and Wallace, 1971; Gislotti and do Prado, 2013; Amur et al., 2017), the superfamily to which *S. adipata* belongs. Therefore, this needs to be corroborated.

There are two commonly used methods for determining the number of larval instars: direct and indirect (= morphometry). The first is direct observation of larval molts when individuals are fed semisynthetic or natural diets under controlled conditions (Vázquez et al., 2014; Amur et al., 2017; Zhang et al., 2023). The second method consists in the analysis of the frequency distribution based on a visual examination of the histograms of measurements of different body parts, including the sclerotized structures (Harman and Wallace, 1971; Petitt, 1990; Tran and Takagi, 2005). However, if the frequency distribution of the measured variables did not clearly express the differences between the larval instars, then a proportion factor, which is generated by multiplying two measured variables of the same structure, followed by a discriminant analysis, can

be used to locate individuals in the corresponding instar. Rodríguez-Quiroz et al. (2000) first proposed this methodology to determine the number of larval instars of *Zabrotes subfasciatus* (Boheman) (Coleoptera: Bruchidae). Later, Ambríz-Guerrero (2020) and Aragón-Sánchez et al. (2021) used it to know the number of larval and nymphal instars of *Psyrassa* nr. *Nigroaenea* (currently identified as *Psyrassa cylindricollis* Linsley) (Coleoptera: Cerambycidae) and *Falconia poetica* Distant (Hemiptera: Miridae), respectively.

Through morphometry, it has also been possible to determine the larval growth ratio of several species of holometabolous insects using Dyar's rule by mainly assessing the size of the head capsule (Dyar and Rhinebeck, 1890; see the deep review of Cole, 1980; Rodríguez-Quiroz et al., 2000; Vázquez et al., 2014; Sukovata, 2019). This rule states that after sclerotization, the body part's size remains more or less constant during the same larval instar with a regular geometric progression from one molt to the next (Dyar and Rhinebeck, 1890). However, other sclerotized parts of the insect's body (e.g., the pharyngeal sclerite, the mouthhooks, the cephalopharyngeal skeleton, siphon, labium, femora or tibiae), as well as the body size, have also been analyzed to determine the growth of larvae and nymphs of several species of insects (Cole, 1980; Klingenberg and Zimmermann, 1992; Vázquez et al., 2014; Vázquez-González, 2015; Aragón-Sánchez et al., 2021).

To contribute to a better understanding of *S. adipata*, this study determined the number of larval instars and larval growth ratio of this insect through morphometry.

2. Materials and Methods

2.1. Insect collection

On 19 February 2023, 78 unripe figs (variety Black Mission) with apparent infestation by *S. adipata* were collected in an urban zone of Morelia, state of Michoacán, Mexico (19° 46'06" N, 101° 11'22" W and 1,920 m altitude). Following collection, figs were placed in plastic boxes and transported

to the Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IIAF), Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), in El Trébol, Tarímbaro, Michoacán, Mexico.

2.2. Determination of larval instars

In the laboratory, the 78 figs were dissected, and all larvae inside were recovered (n = 221). Afterward, larvae were placed in water at 80 °C for 3 min and then preserved in 70% ethyl alcohol for less than 24 h before being processed. Keys in Teskey (1987) were used to identify specimens to family level (Lonchaeidae). Species identification was made by comparing the cytochrome oxidase I (COI) barcode of two larvae, randomly selected from all recovered larvae from figs, with *S. adipata* sequences obtained from GenBank (Ramos-Ortiz, S.; Unpublished data).

The number of larval instars of *S. adipata* was determined by the methodology developed by Rodríguez-Quiroz et al. (2000) for *Z. subfasciatus*. For this, four variables were selected for consistency of measurement (Fig. 1): length (A; Fig. 1a) and width (B; Fig. 1b) of the larval body, length of the dorsal cornua of the pharyngeal sclerite (C; Fig. 1c) and length of the cephalopharyngeal skeleton (D; Fig. 1d). Larval body length was measured from the furthest part of the head to the last abdominal segment in the lateral position, whereas the width, also laterally, was measured from the widest part of the body between the ventral and dorsal surfaces at the junction at the sixth and seventh abdominal segments. All measurements were performed using a micrometer adapted to a stereoscopic microscope Stemi-2000C and are given in millimeters.

To measure the length of the dorsal cornua of the pharyngeal sclerite and the length of the cephalopharyngeal skeleton, the latter structure was recovered following the methodology developed by Vázquez-González (2015) for the spotted wing drosophila, *Drosophila suzukii* Matsumura (Diptera: Drosophilidae), with some modifications. Larvae were placed in a 10% KOH solution at 120 °C for 40 min. The larvae were then washed with distilled water, and the cephalopharyngeal skeletons were separated from the rest of the body using fine forceps and a fine bristle brush under a stereoscopic microscope. After, the cephalopharyngeal skeletons were placed in 70% ethyl alcohol until measurement.

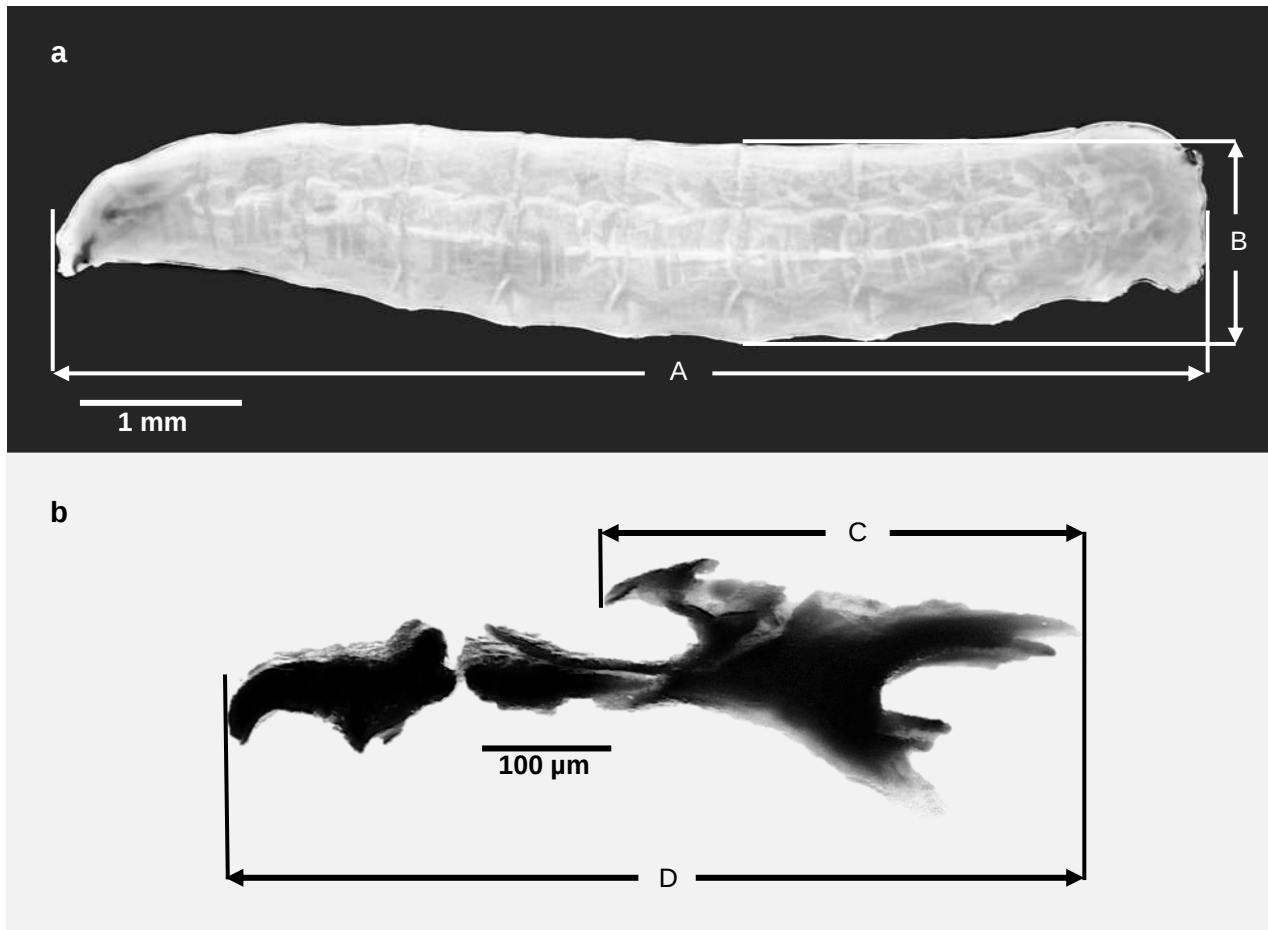


Fig. 1 Schematic diagram of the measurements to determine the larval instars of *Silba adipata*. a; length (A) and width (B) of the larval body; b; length of the dorsal cornua of the pharyngeal sclerite (C) and length of the cephalopharyngeal skeleton (D).

A separate frequency distribution was generated for each of the four measured variables to predict the number of instars. If these frequency distributions did not separate the different larval instars, then two proportion factors were obtained, as in Rodríguez-Quiroz et al. (2000). The first was obtained by multiplying the length by the width of the larval body (= proportion factor 1) and the second by multiplying the length of the dorsal cornua of the pharyngeal sclerite by the length of the cephalopharyngeal skeleton (= proportion factor 2). Afterward, a separate frequency distribution and a discriminant analysis were developed for each proportion factor. With this discriminant analysis, the values of both proportion factors belonging to each instar were grouped,

and the means and the standard errors were calculated. After, the normal curves representing the total instars and their relative positions were obtained. However, if the curves obtained overlapped, then the probability of overlap between each instar was calculated using the intersection point as the limit between numerical subpopulations with the formula proposed by Infante and Zarate (1986):

$$P[X > X_0] \cong \left[Z > \frac{X_0 - \mu}{\sigma} \right]$$

where X is a normal variable with mean μ and standard error σ , X_0 is the value of X where the normality curves intersect, and Z is the normal standard.

In addition, mean values of the proportion factors 1 and 2 were linearly regressed on respective instars, and the coefficient of determination R^2 was used to assess the model's goodness of fit. All statistical tests were performed using Statgraphics Centurion XVI.I software.

2.3. Larval growth ratio

Once the number of larval instars of *S. adipata* was determined, its larval growth ratio was estimated to determine if it proceeds according to Dyar's rule. The growth ratio for each instar was calculated as the quotient between the mean of one instar and the mean of the previous instar for the proportion factors 1 and 2.

3. Results

3.1. Larval instars

In the frequency distributions of the four variables measured, there were three or four numerical subpopulations, which could correspond to the number of larval instars. The peaks of the numerical subpopulations corresponding to the second and third instars for the length of the larval body (Fig. 2a) and those of the first and second instars for the width of the larval body were well defined (Fig. 2b) but not those of the following or previous instars. When either the length of the dorsal cornua of the pharyngeal sclerite or the length of the cephalopharyngeal skeleton was measured, only the peak of the first instar was well defined (Fig. 3ab).

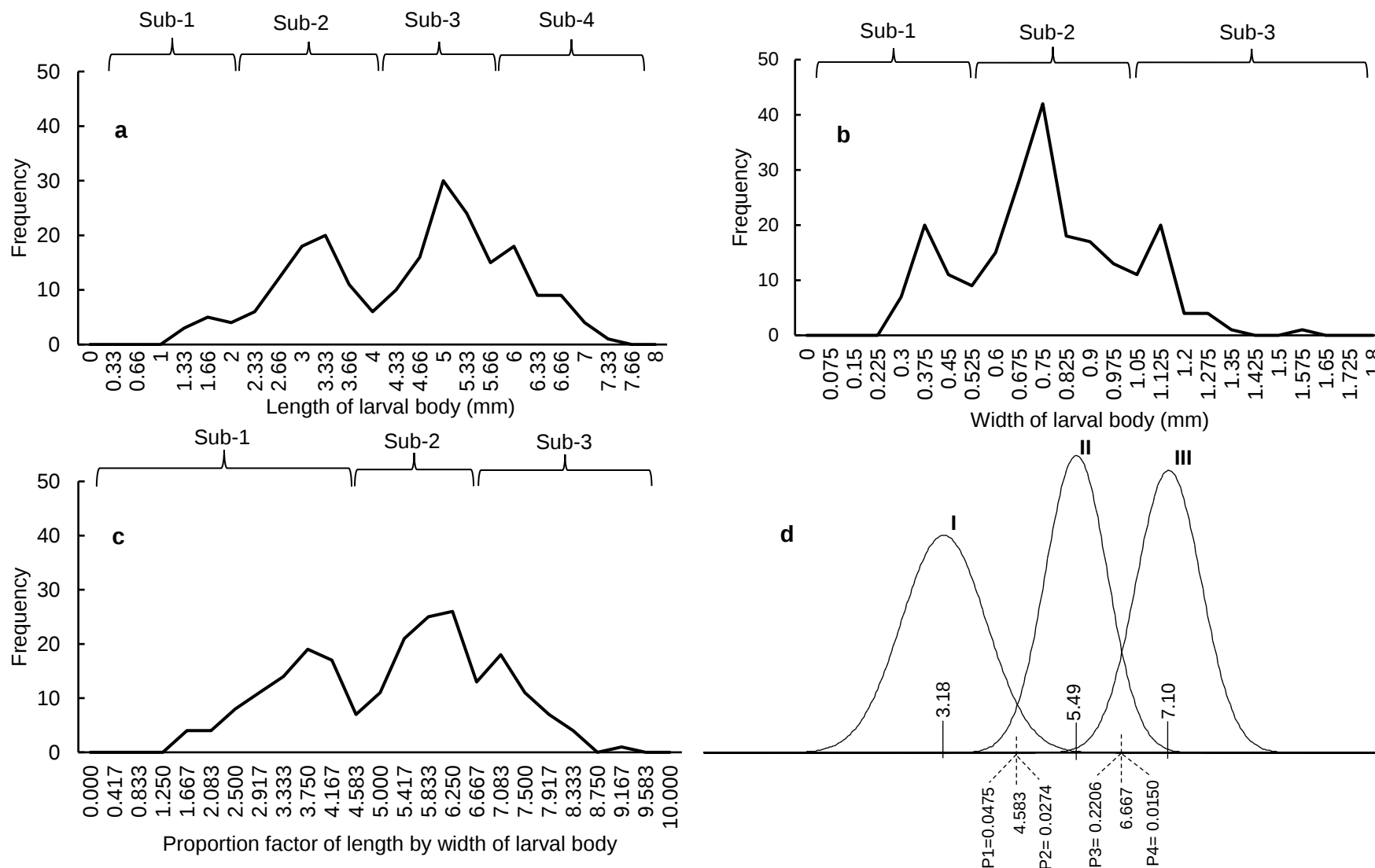


Fig. 2. Frequency distribution of the length (a) and the width (b) of the larval body of *Silba adipata*, and proportion factor of these two measurements (c). Normal curves representing this proportion factor, means, and intersection point between the curves and their probability of overlapping (P1-P4) (d). Sub-1, Sub-2,, Sub-n, are the numerical subpopulations.

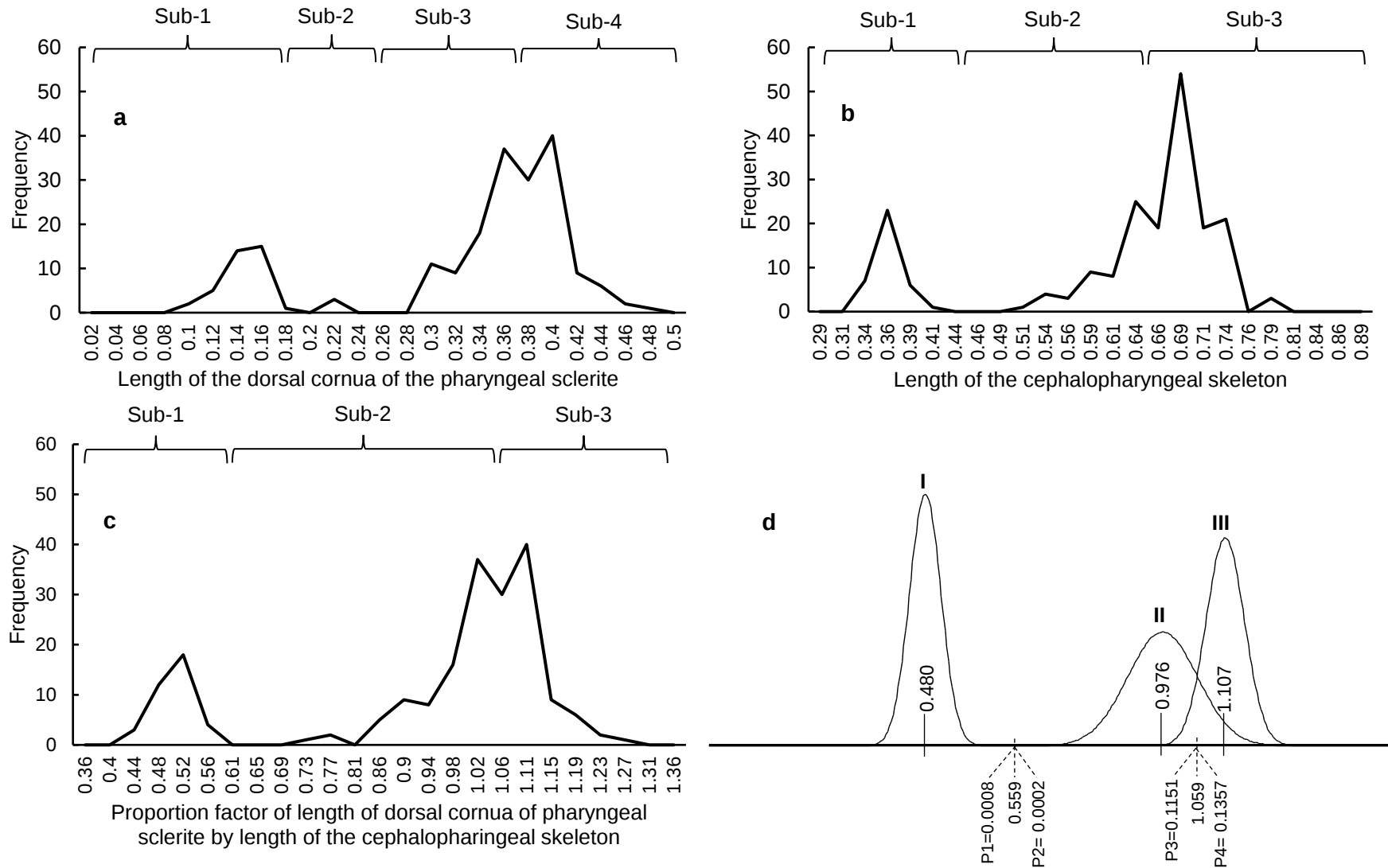


Fig. 3. Frequency distribution of the length of the dorsal cornua of the pharyngeal sclerite (a) and length of the cephalopharyngeal skeleton (b) of *Silba adipata* larvae, and proportion factor of these two measurements (c). Normal curves representing this proportion factor, means, and intersection point between the curves and their probability of overlapping (P1-P4) (d). Sub-1, Sub-2,, Sub-n, are the numerical subpopulations.

With the proportion factors 1 (Fig. 2c) and 2 (Fig. 3c), we more clearly observed three numerical subpopulations that could be correlated with the three larval instars of *S. adipata*. The discriminant analysis of each of the two proportion factors confirmed that this fly species has three larval instars (Table 1). In addition, the coefficient of determination R^2 for a regression line fitted to the means plotted against the instars for the proportion factors 1 and 2 had very high values (0.99 and 0.90, respectively). Table 1 shows the minimum and maximum values for each proportion factor. However, the normality curves that represent the three larval instars overlapped (Figs. 2d and 3d). According to normal curves representing the proportion factor 1, there is a low probability ($P \leq 5$ individuals in 100; P1, P2, and P4) that an individual from two successive instars might be grouped into one or the other, with only one exception, probability P3 (Fig. 2d). In this case, the probability that one individual of the third instar might be grouped into the second instar is approximately 22 in 100 individuals. On the other hand, normal curves representing the proportion factor 2 separated the first instar from the second and third instars; however, the latter two instars were not separated (Fig. 3d). The probability (P2) that an individual of the first instar confuses with one of the second instar and vice versa (P1) is practically zero. The probability that one individual of the second instar might be grouped into the third instar is approximately 13 in 100 individuals (P4), and in the opposite case, the probability is 11 in 100 individuals (P3).

3.2. Larval growth ratio

The mean values of the first, second, and third instar of *S. adipata* derived from the proportion factor 1 were 3.18, 5.49, and 7.10 mm, respectively. In contrast, those derived from the proportion factor 2 were 0.48, 0.98, and 1.11 mm, respectively (Table 1). The growth ratio of larvae of this species was approximately constant from one instar to the next.

Table 1. Mean (mm $\pm$ SE, standard error) of two proportion factors derived from measurements of four variables on larvae of *Silba adipata*, according to discriminant analysis, and larval growth ratio.

Proportion factor	Variables	Instar	n	Mean $\pm$ SE	Range	Dyar's ratio
1	A $\times$ B	I	79	3.18 $\pm$ 0.73	1.38-4.58	
		II	88	5.49 $\pm$ 0.54	4.59-6.66	1.72
		III	54	7.10 $\pm$ 0.56	6.67-9.58	1.29
		Average				1.50
2	C $\times$ D	I	37	0.48 $\pm$ 0.03	0.402-0.610	
		II	108	0.98 $\pm$ 0.07	0.611-1.068	2.04
		III	58	1.11 $\pm$ 0.04	1.069-1.360	1.13
		Average				1.58

Length of the larval body (A), width of the larval body (B), length of the dorsal cornua of the pharyngeal sclerite (C), and length of the cephalopharyngeal skeleton (D).

4. Discussion

Most of the studies on the determination of the number of larval instars in species of holometabolous insects have used the direct method (Cole, 1980; Loerch and Cameron, 1983; Hernández-Martínez and Martínez, 2003; Villa-Castorena and Catalán-Valencia, 2004; Vázquez et al., 2014; Amur et al., 2017; Zhang et al., 2023). In *S. adipata*, this biological parameter has not been determined using this method due to two factors. First, there is no a semisynthetic diet for this insect that can be used to follow its development under laboratory conditions. Second, although it is possible to use figs to follow its development, larvae feed inside them, making it difficult to observe when they molt from one instar to the next.

In the present study, we determined the presence of three larval instars in *S. adipata*. using the frequency distribution and the discriminant analysis of each proposed proportion factor. Using

the same methodology, the number of larval or nymphal instars of *Z. subfasciatus* (Rodríguez-Quiroz et al., 2000), *P. nr. nigroaenea* (Ambriz-Guerrero, 2020), and *F. poetica* (Aragón-Sánchez et al., 2021) was successfully assessed. Therefore, the two proportion factors proposed here are reliable tools for identifying the number of larval instars of our studied species.

Morphometry has been widely used to separate larval instars in several species of Muscomorpha, infraorden to which *S. adipata* belongs. As in our study, three larval instars were also separated in the lonchaeid *L. cortices* (Harman and Wallace, 1971), the tephritid *Bactrocera dorsalis* Hendle (Amur et al., 2017), the agromyzids *Liriomyza chinensis* Kato (Tran and Takagi, 2005) and *Liriomyza sativa* Blanchard (Diptera) (Petitt, 1990), and the sarcophagid *Tricholioproctia impatiens* (Walker) (Roberts, 1976) when body length, mouth hooks, cephalopharyngeal skeleton or posterior spiracles were measured. However, it is very important to point out that, unlike our study, the sclerotized structures measured were extracted from the larval bodies of known instars in all these studies.

Our results have implications from a practical perspective because they can be used in population sampling records to design control strategies by determining when the maximum proportion of larval instars are present. In commercial fig orchards, growers attempt to control *S. adipata* infestations by applying broad-spectrum insecticides singly or in cocktails at weekly intervals, but the control achieved is not completely successful (Illescas-Riquelme, C.P.; personal communication). Cultural control, through the collection and destruction of infested and dropped frigs, can be implemented because the most proportion of larvae of this pest are in the late third instar and close to pupate. On the other hand, in the international trade of fresh agricultural products, thermal treatments (hot water dipping or hot air treatment) are accepted quarantine procedures to avoid the risk of inadvertently transporting quarantine pests to countries or regions where they do not occur (USDA-APHIS, 2016). Although there are currently no specific thermal treatment guidelines for the black fig fly, these treatments could be used in managing the risk of introducing this insect to other countries, assuming that first and second instar larvae are more

susceptible to hydrothermal treatment than third instar larvae, as has been observed in the Mexican fruit fly *Anastrepha ludens* (Loew) (Diptera: Tephritidae) (Tanabe et al., 1994).

In the present study, the average growth ratios were very similar for both proportion factors that were calculated (1.50 for the proportion factor 1 and 1.58 for the proportion factor 2). These values are consistent with the growth constant of Dyar's rule, which states that larval growth increases geometrically after each molt, with an average constant ratio of 1.52 (Cole, 1980). Similar values (1.56-1.65) have been reported for other Dipteran species, such as *L. sativa* (Petitt, 1990), *Hedria mixta* Steyskal (Sciomyzidae) (Foote, 1971), and *Rhagoletis conversa* (Bréthes) (Tephritidae) (Frías, 2001). However, not all insect species follow Dyar's rule; known exceptions are found (between 1.84 and 7.09) in the tephritid *B. dorsalis* (Amur et al., 2017; Shi et al., 2017), the lonchaeid *L. corticis* (Harman and Wallace, 1971), and the agromyzids *L. sativa* (Petitt, 1990) and *L. chinensis* (Tran and Takagi, 2005) when several variables were measured (the length and width of body, length and width of the pharyngeal sclerite, length and width of the mouth hook or the cephalopharyngeal skeleton). These differences may be due to interspecific characteristics conditioned by geographic and environmental factors and the type and quality of food supplied (Calvo and Molina, 2008).

In conclusion, our study has demonstrated for the first time that, by plotting the frequency distribution of two proportion factors obtained from four variables measured and with a discriminant analysis generated for each proportion factor, *S. adipata* has three larval instars. In addition, the larval growth ratio of this species was consistent with the growth constant of Dyar's rule. *Silba adipata* is a serious challenge to the ongoing development of integrated pest management in the field; therefore, to make the fig crop more economically profitable, the results of our study will help to implement control strategies for this pest.

References

- Abbes, K., Hafsi, A., Harbi, A., Mars, M. & Chermiti, B. (2021). The black fig fly *Silba adipata* (Diptera: Lonchaeidae) as an emerging pest in Tunisia: preliminary data on geographic distribution, bioecology and damage. *Phytoparasitica*, 49, 49-59.
- Ambriz-Guerrero, J. S. (2020). Identificación y abundancia relativa de insectos barrenadores de las ramas de los cítricos en el Valle de Apatzingán, Michoacán: determinación de instares larvales de *Psyrassa* cercana a *nigroaenea*. Tesis de Maestría en Producción Agropecuaria. Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México.
- Amur, A., Memon, N., Shah, M. A., Ansari, A., Solangi, D. A. & Mal, B. (2017). Biology and morphometric of different life stages of the oriental fruit fly (*Bactrocera dorsalis* Hendle) (Diptera: Tephritidae) on three varieties of mango of Sindh, Pakistan. *The Journal of Animal and Plant Science*, 27(5),1711-1718.
- Aragón-Sánchez, M., Figueroa, J. I., Martínez, A. M., Henry, T. J. & Pineda, S. (2021). *Falconia poetica* Distant: first host record, new distribution in Mexico, and determination of nymphal instars. *Southwestern Entomologist*, 45(4), 1069-1078.
- Bautista-Martínez, N., Illescas, R. C. P., López, B. E., Velázquez, M. L. J. & García, Á. C. J. (2017). Presence of Drosophilidae (Diptera: Ephydroidea) flies associated with fig fruits in Morelos, Mexico. *Florida Entomologist*, 100(4), 813-816.
- Britt, K. E., Gordon, P. E., Faber, B. A., Ríos, S. I. & Wilson, H. (2022). First report of black fig fly, *Silba adipata* (Diptera: Lonchaeidae), in the United States. *Journal of Integrated Pest Management*, 13(1),1-5.
- Calvo, D. & Molina, J. M. (2008). Head capsule width and instar determination for larvae of *Streblote panda* (Lepidoptera: Lasiocampidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 101(5), 881-886.

- Cole, B. J. (1980). Growth ratios in holometabolous and hemimetabolous insects. *Annals of the Entomological Society of America*, 73(4), 489-491.
- Dyar, H. G. & Rhinebeck, N. Y. (1890). The number of moles of lepidopterous larvae. *Psyche*, 5, 420-422.
- DGSV, Dirección General de Sanidad Vegetal. (2021). Estrategia operativa para el manejo fitosanitario de la mosca del higo negro, *Silba adipata* (Diptera: Lonchaeidae). 17 p.
- Drouet, F. (2015). *Silba adipata* McAlpine. Available from URL: <http://www.silba-adipata.fr/index.html>. Accessed 25 May 2024.
- Foote, B. A. (1971). Biology of *Hedria mixta* (Diptera: Sciomyzidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 64(4), 931-941.
- Frías, D. A. (2001). Diferencias genéticas y morfológicas de los estados inmaduros de dos razas de *Rhagoletis conversa* (Bréthes) (Diptera: Tephritidae) asociadas a plantas *Solanum*: distribución geográfica y posible origen en simpatría de una nueva especie. *Revista Chilena de Historia Natural*, 74, 73-90.
- Giliomee, J. H., Venter, E. & Wohlfarter, M. (2007). Mediterranean black fig fly, *Silba adipata* McAlpine (Diptera: Lonchaeidae), recorded from South Africa. *African Entomology*, 15, 383-384.
- Gisloti, J. L. & do Prado, P. A. (2013). Aspectos da biologia e morfologia de machos da mosca-dos-brotos (Diptera: Lonchaeidae). *Arquivos do Instituto Biológico, São Paulo*, 80(4), 416-423.
- Gonçalves, M. A., Andrade, L. & Almeida, L. (2008). Study of *Ceratitis capitata* and *Lonchaea aristella* on fig trees. *Acta Horticulture*, 798, 263-267.
- Harman, D. M. & Wallace, J. B. (1971). Description of the immature stages of *Lonchaea corticis*, with notes on its role as a predator of the white pine weevil, *Pissodes strobi*. *Annals of the Entomological Society of America*, 64(6), 1221-1226.

- Hernández-Martínez, G. & Martínez, I. (2003). Desarrollo larval de *Canthon cyanellus cyanellus* LeConte, 1859 (Coleoptera: Scarabaeidae). *Acta Zoológica Mexicana* (nueva serie), 89, 185-200.
- Infante, G. & Zárate, G. (1986). Métodos Estadísticos. Un Enfoque Interdisciplinario 2nd edn. Trillas. México.
- Ismail, I. A., Abdel-Rahman, R. S. & Abdel-Raheem, M. A. (2016). Utilization of certain plant extracts and entomopathogenic fungi for controlling the black fig fly, *Lonchaea aristella* on fig trees. *International Journal of ChemTech Research*, 9(4), 35-42.
- Katsoyannos, B. I. (1983). Field observations on the biology and behavior of the black fig fly *Silba adipata* McAlpine (Diptera, Lonchaeidae), and trapping experiments. *Zeitschrift für Angewandte Entomologie*, 95, 471-476.
- Katsoyannos, B. I. & Guerin, P. M. (1984). Hexanol: a potent attractant for the black fig fly, *Silba adipata*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 35, 71-74.
- Klingenberg, C. P. & Zimmermann, M. (1992). Dyar's rule and multivariate allometric growth in nine species of waterstriders (Heteroptera: Gerridae). *Journal of Zoology*, 227, 453-464.
- Loerch, C. R. & Cameron, E. A. (1983). Determination of larval instars of the bronze birch borer, *Agilus anxius* (Coleoptera: Buprestidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 76, 948-952.
- MacGowan, I. & Freidberg, A. (2008). The Lonchaeidae (Diptera) of Israel, with descriptions of three new species. *Israel Journal of Entomology*, 38, 61-92.
- McAlpine, J. F. (1956). Old world lonchaeids of the genus *Silba* Macquart (= *Carpolonchae bezzii*) with descriptions of six new species (Diptera: Lonchaeidae). *The Canadian Entomologist*, LXXXVIII (9).
- NAPPO, North American Plant Protection Organization. (2020). Detection of black fig fly *Silba adipata* McAlpine in the municipality of Ayala state of Morelos. Phytosanitary alert system.

- Available from URL: <https://www.pestalerts.org/official-pest-report/detection-black-fig-fly-silba-adipata-mcalpine-municipality-ayala-stat>. Accessed 25 May 2024.
- Nawade, B., Shaltiel-Harpaz, L., Yahyaa, M., Kabaha, A., Kedoshim, R., Bosamia, T. C. & Ibdah, M. (2020). Characterization of terpene synthase genes potentially involved in black fig fly (*Silba adipata*) interactions with *Ficus carica*. *Plant Science*, 298(110549).
- Petitt, F. L. (1990). Distinguishing larval instars of the vegetable leafminer, *Liriomyza sativa* (Diptera: Agromyzidae). *Florida Entomologist*, 73(2), 280-286.
- Raz, D. (1998). The phenology of the black fig fly and its control. *Acta Horticulture*, 380, 207-208.
- Roberts, B. (1976). Larval development in the Australian flesh fly *Tricholioproctia impatiens*. *Annals of the Entomological Society of America*, 69(2), 158-164.
- Rodríguez-Quiroz, M., Valdez-Carrasco, J., Vera-Graziano, J. & Castillo-Morales, A. (2000). Larval instar identification of *Zabrotes subfasciatus* (BOH.) (Coleoptera: Bruchidae) using head capsule size. *Agrociencia*, 34, 83-90.
- Shi, Y., Wang, L., Dou, W., Jiang, H. B., Wei, D. D., Wei, D., Niu, J. Z. & Wang, J. J. (2017). Determination of instars of *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae). *Florida Entomologist*, 100(2), 270-275.
- Silvestri, F. (1917). Sulla *Lonchaea aristella* Beck. (Diptera: Lonchaeidae) dannosa alle infiorescenze e fruttescenze del caprificio e del fico. *Bolletino del Laboratorio di Zoologia Generale e Agraria della R. Scuola Superiore d' Agricoltura in Portici*, 12, 123-146.
- Singh, S., Li, Z., Zhang, Y., Grieshop, M. J., Giliomee, J., Cocuzza, M. G. E. & Sandhu, R. K. (2022). Arthropod pests of fig and their management. In: Sarkhosh A, Yavari A, Ferguson L (eds) The fig: botany, production and uses. CAB International. pp 332-366.
- Sukovata, L. (2019). A comparison of three approaches for larval instar separation in insects - A case study of *Dendrolimus pini*. *Insects*, 10(384).

- Tanabe, K., Dohino, T., Kumagai, M., Iwaizumi, R. & Iwata, M. (1994). Thermal death of immature stages of Mexican fruit fly, *Anastrepha ludens* (Loew) (Diptera: Tephritidae). *Research Bulletin of the Plant Protection Service Japan*, 30, 35-41.
- Teskey, H. J. (1987). Diptera. Key to families of larvae. In: Stehr FW (ed) Immature Insects. Kendall/Hunt Publishing Company. Dubuque, pp. 144-658.
- Tran, D. H. & Takagi, M. (2005). Developmental biology of *Liriomyza chinensis* (Diptera: Agromyzidae) on onion. *Journal of the Faculty of Agriculture Kyushu University*, 50(2), 375-382.
- USDA-APHIS, United States Department of Agriculture-Animal and Plant Health Inspection-Service, Plant Protection and Quarantine. (2016). Treatment Manual. 2nd edn.
- Vázquez, Y. M., Martínez, A. M., Valdez, J. M., Figueroa, J. I., Rebollar, A., Chavarrieta, J. M., Sánchez, J. A., Viñuela, E. & Pineda, S. (2014). Life history, diagnosis, and parasitoids of *Zale phaeograpt* (Lepidoptera: Erebiidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 107(1), 170-177.
- Vázquez-González, Y. M. (2015). Parámetros biológicos y parasitoides de la mosca de las alas manchadas, *Drosophila suzukii* Matsumura (Diptera: Drosophilidae). Tesis de Maestría en Producción Agropecuaria. Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Tarímbaro, Michoacán, México.
- Villa-Castorena, M. M. & Catalán-Valencia, E. A. (2004). Determinación de estadios larvales de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) para un modelo de predicción. *Folia Entomológica Mexicana*, 43(3), 307-312.
- Zhang, G., Yin, H., Wang, Y., Li, Z., Bi, S., Wang, R., Liu, W. & Wan, F. (2023). Determination of larval instars and duration of the tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Chinese Journal of Biological Control*, 39(2), 340-345.

CAPÍTULO IV

Efecto del embolsado de sicono en la incidencia de *Silba adipata* (Diptera: Lonchaeidae) y la calidad de los higos

Resumen

El embolsado es una técnica utilizada para proteger a los frutos contra el ataque de plagas como las moscas de la fruta, aunque también puede alterar su calidad. En este estudio, se evaluó en condiciones de campo el efecto del embolsado con tela de organza, polipropileno y yute en el desarrollo, calidad e infestación por la mosca negra del higo, *Silba adipata* McAlpine (Diptera: Lonchaeidae), en higos. Los higos embolsados con tela de organza, polipropileno y los del testigo (no embolsados) fueron los más largos (3.8, 3.7 y 3.9 cm respectivamente) y los embolsados con tela de organza y los del testigo fueron los más anchos (3.6 y 3.8 cm respectivamente) a los 50 días después de la instalación. La coloración de la piel del higo se vio afectada por los diferentes materiales utilizados; el polipropileno promovió una coloración en tono café, por su parte, la tela de organza y el yute promovieron tonalidades en verde olivo. Los higos sin embolsar manifestaron la coloración morada oscura típica de la variedad Black Mission. No se obtuvieron infestaciones de *S. adipata* con los diferentes tratamientos de embolsado, a diferencia del 28.3% registrado en los higos del testigo. El embolsado promovió la pudrición de frutos (yute 56.7%, polipropileno 45% y organza 34.5%). El mayor peso fresco se obtuvo en los higos sin embolsar (24.1 g), seguido por los tratamientos de tela de organza, polipropileno y yute (21.9, 21.4 y 16.7 g respectivamente). No se obtuvieron diferencias significativas en el porcentaje de grados Brix entre los tratamientos. El uso del embolsado de frutos en higos favorece el control de *S. adipata*, pero es necesario evaluar algunos otros materiales que también favorezcan el desarrollo y la calidad de los siconos.

Palabras clave: *Ficus carica*, mosca negra del higo, manejo integrado de plagas, calidad del higo.

Abstract

Bagging is a technique used to protect fruits against attacks by pests such as fruit flies, although it can also alter their quality. In this study, the effect of bagging with organza, polypropylene and jute fabric on the development, quality and infestation by the black fig fly, *Silba adipata* McAlpine (Diptera: Lonchaeidae), in figs was evaluated under field conditions. The figs bagged with organza, polypropylene fabric and those of the control (not bagged) were the longest (3.8, 3.7 and 3.9 cm respectively) and those bagged with organza fabric and those of the control were the widest (3.6 and 3.8 cm respectively) at 50 days after installation. The coloration of the fig's skin was affected by the different materials used; Polypropylene promoted a brown color, while organza fabric and jute promoted olive green tones. The unbagged figs showed the dark purple coloration typical of the Black Mission variety. No *S. adipata* infestations were obtained with the different bagging treatments, unlike the 28.3% recorded in the control figs. Bagging promoted fruit rot (jute 56.7%, polypropylene 45% and organza 34.5%). The highest fresh weight was obtained in unbagged figs (24.1 g), followed by the organza, polypropylene and jute fabric treatments (21.9, 21.4 and 16.7 g respectively). No significant differences were obtained in the percentage of degrees Brix between the treatments. The use of fruit bagging in figs favors the control of *S. adipata*, but it is necessary to evaluate some other materials that also favor the development and quality of the sycones.

Keywords: *Ficus carica*, black fig fly, integrated pest management, fig quality.

1. Introducción

La higuera (*Ficus carica* L.) es un árbol caducifolio perteneciente a la familia Moraceae. Esta especie es originaria de Medio Oriente y debido a su capacidad de adaptarse a diferentes tipos de suelo y climas, su aprovechamiento se ha extendido por varias partes del mundo (Stover et al., 2007; Pereira et al., 2015). El principal producto de esta planta es el higo, una infrutescencia particular denominada como sicono que presenta frutos verdaderos llamados aquenios dentro de un receptáculo carnoso (Melgarejo, 2000). El principal uso del higo es para consumo humano, ya sea en fresco, seco o procesado (Rodríguez, 2021).

Las variedades comerciales de higo en México no requieren de polinización para su producción, es decir son partenocarpías, principalmente las variedades “Black Mission” y “Brown Turkey” (comunicación personal Paniagua-Jasso E.). De acuerdo con el SIAP (2024), la superficie cultivada de este frutal en el país se ha incrementado en los últimos 10 años, pasando de 1,204.5 hectáreas cultivadas en el año 2012 a 1,834.0 hectáreas en el año 2022, siendo los estados de Morelos y Michoacán los principales productores y exportadores. En 2023, los países con más compras internacionales a México fueron EE.UU. (US\$5.06M), Canadá (US\$2.52M), Francia (US\$63.9k), Kuwait (US\$11.3k) y los Emiratos Árabes Unidos (US\$2.59k) (SE, 2024).

La higuera es atacada por dos especies exóticas de moscas de la fruta, la mosca africana del higo *Zaprionus indianus* Gupta (Diptera: Drosophilidae), la cual ataca frutos cercanos a la madurez comercial (Bautista-Martínez, 2017) y la mosca negra del higo *Silba adipata* McAlpine (Diptera: Lonchaeidae). Esta última especie es la más devastadora, ya que incide principalmente en higos en desarrollo, ocasionando pérdidas de entre un 44 a un 88% de la producción por la caída de frutos inmaduros (Drouet, 2015; Abbes et al., 2021). Aunado a lo anterior, el higo fresco producido en México debe cosecharse de huertos certificados para su exportación y someterse a un tratamiento de irradiación (SENASICA, 2015) para mitigar riesgos fitosanitarios debido a la presencia de la mosca, lo cual limita su comercialización y encarece los costos de producción.

Hasta el momento existen pocas estrategias para reducir los daños de *S. adipata*, como la aplicación de insecticidas y la recolección de frutos en campo (Abbes et al., 2021; Britt et al., 2022).

El embolsado de fruto, es una técnica utilizada en diversos cultivos, la cual consiste en colocar una barrera física (bolsa) alrededor de la fruta por un determinado periodo de tiempo antes de la cosecha (Sharma et al., 2014). Esta técnica es utilizada para estandarizar o mejorar el color del fruto, reducir daños mecánicos, manchas por quemaduras de sol, residuos de plaguicidas, incidencia de enfermedades y plagas insectiles (Sharma et al., 2014; Frank, 2018; Ali et al., 2021), del mismo modo, embolsar los frutos antes de la cosecha puede favorecer su desarrollo, incrementar su tamaño y peso (Srivastava et al., 2023).

Esta técnica ha sido efectiva para evitar la incidencia de varias especies de moscas de la fruta pertenecientes a la familia Tephritidae (*Bactrocera dorsalis* Hendel; *Bactrocera minax* Enderlein; *Bactrocera tsuneonis* Miyake) (Sarker et al., 2010; Xia et al., 2019; Rashid et al., 2024). Sin embargo, el material utilizado puede influir negativamente en el desarrollo y calidad de los frutos, ya que por la humedad que se filtra puede favorecer el desarrollo de microorganismos causando pudrición o manchas en los frutos, así como reducción de tamaño (Morera-Montoya y Blanco-Metzler, 2009).

El objetivo de la presente investigación fue conocer el efecto de tres materiales para embolsado en la incidencia de *S. adipata*, así como los parámetros físico-químicos relacionados con la calidad comercial del higo.

2. Materiales y métodos

El experimento se estableció el 21 de junio del 2023 en un huerto comercial de higo var. Black Mission de 5 ha ubicado en la localidad Los Tejones, municipio de Los Reyes de Salgado, Michoacán, México (19.53369 °N -102.57792 °W; 1,053 msnm). Los árboles de higo, también conocidos como higueras, tenían cinco años de edad, una altura de 1.8 m y una distancia de

plantación de 2 x 2 m. Esta variedad es bífera (puede fructificar dos veces al año), con higos maduros de color violeta oscuro e interior de color rosa.

En este estudio se probaron los siguientes tratamientos para el embolsado de los siconos:

i) tela de organza, ii) tela de polipropileno, iii) tela de yute, y iv) higos sin embolsar como control (Figura 1). En todos los casos se seleccionaron siconos sanos, de entre 2 y 3 cm de diámetro y sin incidencia de *S. adipata*.



Figura 1. Materiales para embolsado de higo. a) tela de organza, b) tela de polipropileno, c) tela de yute, d) higo sin embolsar. **Fotografías:** Eduardo Paniagua Jasso.

La unidad experimental se conformó de un árbol con cinco siconos de no más de dos semanas de desarrollo, seleccionados aleatoriamente. Cada tratamiento se conformó de diez repeticiones (10 árboles). En total se analizaron 50 siconos por tratamiento, haciendo un total de 200 en todo el experimento. Cada sicono se marcó en su base con un listón anaranjado y una etiqueta donde se señalaba el tratamiento, número de repetición. Las unidades experimentales se distribuyeron en un diseño experimental completamente al azar.

Al momento de la instalación del experimento se tomó la medida de largo y ancho de cada sicono. Posteriormente, cada 10 días, en un horario de las 10:00 h a las 12:00 h, se realizaron revisiones para evaluar crecimiento (largo y ancho) mediante un Vernier digital 6", así como determinar la coloración del sicono con base en las placas y valores de color HSV para microbiología de David Malloch; porcentaje de frutos infestados por *S. adipata* y porcentaje de frutos podridos. En total se realizaron cinco revisiones.

A los 50 días después de la instalación (DDI) del experimento, se cosecharon los siconos y se midió largo, ancho, coloración, peso fresco del fruto y grados Brix. Los grados Brix se midieron mediante un refractómetro digital 0-90 % Brix. Los colores registrados se ordenaron del tono más claro al más intenso y se estableció una escala a partir del número uno hasta el número de colores registrados (Cuadro 1).

Cuadro 1. Escala de colores adaptada de las placas de colores HSV para microbiología de David Malloch.

Número	Color	Número	Color	Número	Color	Número	Color
1		10		19		28	
2		11		20		29	
3		12		21		30	
4		13		22		31	

Número	Color	Número	Color	Número	Color	Número	Color
5		14		23		32	
6		15		24		33	
7		16		25			
8		17		26			
9		18		27			

Análisis de datos

En todos los análisis se utilizó el procedimiento de modelo lineal generalizado (PROC GLM), con la prueba LSMEANS ($P < 0.05$) para separación de medias, mediante el programa estadístico SAS/STAT (versión 9.4; SAS Institute, Cary, NC). Para evaluar el porcentaje de frutos infestados y porcentaje de frutos podridos, se utilizó un modelo de distribución binomial.

3. Resultados

3.1. Crecimiento del fruto

Durante la instalación del ensayo se presentaron diferencias significativas en la longitud de los higos seleccionados para cada tratamiento ($F_{3,196} = 11.32$; $P < 0.0001$; Cuadro 2), los higos no embolsados (T1) y los embolsados con polipropileno (T2) fueron más largos en comparación con los de organza (T3) y yute (T4) (2.5-2.5 cm).

Del mismo modo, existieron diferencias significativas entre tratamientos en la longitud de los higos a los 10 ($F_{3,76} = 5.84$; $P < 0.0012$), 20 ($F_{3,77} = 8.56$; $P < 0.0001$), 30 ($F_{3,88} = 7.28$; $P < 0.0002$) y 40 ($F_{3,90} = 2.88$; $P < 0.0401$) DDI. No obstante, se observó que, en todas las revisiones, las longitudes de los higos de los tratamientos T1, T2 y T3 fueron estadísticamente iguales entre sí, y la longitud de los higos del T4 son estadísticamente menor a la de los T1 y T2, pero no a la de los higos del T3 (Cuadro 2)

A los 50 DDI, únicamente la longitud de los higos del T4 fue significativamente menor que la de todos los demás tratamientos ($F_{3,58} = 10.77$; $P < 0.0001$).

Cuadro 2. Efecto del embolsado sobre el crecimiento de frutos de higo.

Tratamiento	Instalación		1ra revisión		2da revisión		3ra revisión		4ta revisión		5ta revisión	
	Largo	Ancho	Largo	Ancho	Largo	Ancho	Largo	Ancho	Largo	Ancho	Largo	Ancho
(1) Testigo	2.6±0.03a	2.2±0.02a	2.8±0.06a	2.6±0.05a	3.0±0.06a	2.7±0.05a	3.3±0.1a	2.9±0.06a	3.7±0.1a	3.4±0.08a	3.9±0.1a	3.8±0.1a
(2) Polipropileno	2.7±0.03a	2.3±0.02a	3.0±0.06a	2.6±0.05a	3.1±0.06a	2.7±0.05a	3.6±0.1a	3.0±0.05a	3.8±0.1a	3.3±0.08a	3.7±0.1a	3.4±0.1b
(3) Organza	2.5±0.03b	2.2±0.02a	2.7±0.06ab	2.6±0.05a	2.9±0.06ab	2.8±0.05a	3.1±0.1ab	2.9±0.06a	3.5±0.1ab	3.2±0.09a	3.8±0.1a	3.6±0.07ab
(4) Yute	2.5±0.03b	2.2±0.02a	2.6±0.06b	2.6±0.05a	2.7±0.06b	2.7±0.05a	2.9±0.1b	2.9±0.06a	3.4±0.1b	3.1±0.09a	3.3±0.1b	3.2±0.09b

Las medias dentro de las columnas seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes (separación de medias mediante la prueba LSMeans, $P > 0.05$).

No se observaron diferencias significativas en la anchura de los higos durante la instalación del experimento ($F_{3,197} = 1.38$; $P < 0.2512$), del mismo modo que a los 10 ($F_{3,76} = 0.33$; $P < 0.8048$), 20 ($F_{3,77} = 0.42$; $P < 0.7409$), 30 ($F_{3,88} = 0.75$; $P < 0.5246$) y 40 ($F_{3,90} = 1.36$; $P < 0.2598$) DDI. En contraste, a los 50 DDI se presentaron diferencias significativas en el ancho de los frutos ($F_{3,58} = 7.88$; $P < 0.0002$; Cuadro 2), donde la anchura de los higos del T1 fue significativamente mayor que T2 y T4, pero no a los del tratamiento T3.

3.2. Coloración del fruto

A los 10 DDI no se observaron diferencias significativas en la coloración de los higos ($F_{3,75} = 0.11$; $P < 0.9559$; Cuadro 3) manteniendo estos un color uniforme (Cuadro 1, color 9).

Cuadro 3. Efecto del embolsado en la coloración del higo en diferentes periodos de tiempo.

Tratamiento	Color				
	1ª revisión	2ª revisión	3ª revisión	4ª revisión	5ª revisión
(1) Testigo	9.2 ± 0.9 a	14.5 ± 1.4 a	20.7 ± 2.2 a	26.7 ± 1.9 a	33.0 ± 2.9 a
(2) Polipropileno	9.4 ± 0.9 a	13.0 ± 1.4 ab	23.0 ± 2.3 a	27.6 ± 2.2 a	21.8 ± 3.7 b
(3) Organza	9.5 ± 0.9 a	9.2 ± 1.4 b	16.6 ± 2.2 ab	18.9 ± 2.2 b	18.9 ± 2.3 b
(4) Yute	8.8 ± 0.9 a	7.8 ± 1.4 b	11.3 ± 2.3 b	17.5 ± 2.2 b	17.5 ± 2.3 b

Las medias dentro de las columnas seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes (separación de medias mediante la prueba LSMeans, $P > 0,05$).

A los 20 DDI se observó diferencia significativa en los valores de coloración de los higos ($F_{3,77} = 4.59$; $P < 0.0052$; Cuadro 3). Los higos del T1 (Cuadro 1; color 14) presentaron valores estadísticamente iguales a los higos embolsados por el T2 (Cuadro 1, color 13), pero fueron diferentes a los presentados por los higos del T3 y T4, los cuales mantuvieron una coloración verde alimonado (Cuadro 1, colores 9 y 8).

A los 30 DDI se presentaron diferencias significativas en los valores de coloración de los higos ($F_{3,74} = 4.98$; $P < 0.0033$). Los higos de los tratamientos T1, T2 y T3 presentaron valores estadísticamente iguales los dos primeros con tonos cafés (Cuadro 1, colores 21 y 23), y este último en un tono verde olivo (Cuadro 1, color 17). Los higos del T4, con un tono verde (Cuadro 1, color 11) presentaron valores de coloración estadísticamente diferentes a los del T1 y T2, pero no fueron diferentes a los del T3.

A los 40 DDI, se observaron diferencias significativas en los valores de coloración de los higos ($F_{3,76} = 5.97$; $P < 0.0010$). Los higos de los tratamientos T1 y T2 presentaron tonos guindas (Cuadro 1, colores 27 y 28) con valores de coloración significativamente iguales entre sí, pero diferentes a los tratamientos 3 y 4, los cuales manifestaron tonos verdes (Cuadro 1, colores 19 y 17). Entre estos últimos tratamientos no se presentaron diferencias significativas.

A los 50 DDI, se presentaron diferencias significativas en los valores de coloración de los higos ($F_{3,52} = 6.75$; $P < 0.0006$). Los higos del T1, mostraron un tono morado oscuro típico de la variedad (Cuadro 1, color 33), con valores de coloración estadísticamente diferentes a los demás tratamientos. Mientras que los del T2 con un tono café (Cuadro 1, color 22), y los T3 y T4 con tonos verde (Cuadro 1, colores 19 y 17) no presentaron valores de coloración diferentes entre sí.

3.3. Porcentajes de infestación y pudrición de higos

Todos los diferentes materiales utilizados para el embolsado de los higos impidieron la infestación de *S. adipata*, mientras que los higos sin embolsar del tratamiento testigo presentaron una infestación del 28.3%, siendo estadísticamente diferentes en este parámetro ($F_{3,236} = 23.33$; $P < 0.0001$, Cuadro 4).

En cuanto al porcentaje de higos podridos se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos ($F_{3,234} = 19.64$; $P < 0.0001$, Cuadro 4). El mayor porcentaje se obtuvo con los embolsados de yute (56.7%) y polipropileno (45.0%), seguidos por los embolsados en organza (34.5%). Los higos sin embolsar, fueron estadísticamente diferentes a todos los embolsados con un 0.0% de pudrición.

Cuadro 4. Efecto de los embolsados en la fitosanidad y calidad de los higos.

Tratamiento	% frutos	% frutos	Peso fresco	Grados Brix
	infestados	podridos	(g)	(%)
(1) Testigo	28.3 ± 5.2 a	0.0 ± 0.0 c	24.1 ± 1.0 a	20.5 ± 0.8 a
(2) Polipropileno	0.0 ± 0.0 b	45.0 ± 5.5 ab	21.4 ± 1.1 b	21.2 ± 1.0 a
(3) Organza	0.0 ± 0.0 b	34.5 ± 5.6 b	21.9 ± 1.0 ab	20.7 ± 0.9 a
(4) Yute	0.0 ± 0.0 b	56.7 ± 5.5 a	16.7 ± 1.2 c	20.5 ± 1.3 a

Las medias dentro de las columnas seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes (separación de medias mediante la prueba LSMeans, $P > 0,05$).

3.4. Peso fresco y grados Brix

El peso fresco de los higos difirió estadísticamente en la mayoría de los tratamientos ($F_{3,122} = 7.67$; $P < 0.0001$, Cuadro 4) los higos con mayor peso fueron los que permanecieron sin embolsar, aunque sin ser estadísticamente diferentes con los embolsados por la tela de organza. Por otro lado, los higos embolsados con yute fueron significativamente menos pesados en comparación con los demás tratamientos.

En relación con el porcentaje de grados Brix, no se observaron diferencias significativas entre los higos de cada tratamiento ($F_{3,97} = 0.10$; $P < 0.9618$,) este parámetro osciló entre el 20 y el 21% de azúcares en todos los tratamientos.

4. Discusión

De acuerdo con Flaishman (2008), el sicono presenta tres períodos definidos de crecimiento, representados por una curva sigmoidea doble, en la cual las etapas I y III son de crecimiento acelerado, mientras que la II se caracteriza por un periodo de quiescencia, aunque la duración

de estas etapas puede variar entre las diferentes variedades de higo. En el presente estudio, el crecimiento longitudinal se mantuvo proporcionalmente constante en la mayoría de los tratamientos y revisiones, por el contrario, de la cuarta a la quinta revisión los higos embolsados con polipropileno y yute presentaron una reducción en su diámetro.

Los higos sin embolsar, los embolsados con polipropileno y con organza permanecieron sin diferencias significativas en su crecimiento longitudinal hasta los 50 DDI, a diferencia de los embolsados con yute, que generalmente mostraron una longitud menor que los demás tratamientos, siendo siempre menor que los higos sin bolsa.

El ancho de los higos se mantuvo sin reducciones en todas las revisiones y los higos sin embolsar y los embolsados con organza mostraron un mayor crecimiento proporcional de la cuarta a la quinta revisión. Estos datos sugieren que el crecimiento del higo puede verse alterado al embolsarse con algunos materiales, en este caso particularmente el yute influyó en el crecimiento de los siconos haciéndolos más pequeños.

Los higos presentan gran diversidad de colores, que van del oscuro, púrpura y verdes, esta coloración de la piel de los higos es principalmente determinada por las diferentes concentraciones de clorofila, carotenoides y antocianinas (Solomon et al., 2006). Wang et al. (2019), realizaron un estudio donde monitorearon los tipos y contenidos de antocianinas en el higo cultivar 'Zibao' (de piel púrpura) durante el desarrollo del sicono, y observaron que bajo privación de luz, la cáscara era amarillenta con un tono ligeramente verde, lo cual correspondía con una reducción de las antocianinas 11,8 veces en comparación con el control (higo embolsado vs sin embolsar), además, estos mismos autores mencionan que la acumulación de antocianinas en la piel del higo ocurre rápidamente en la fase III de su crecimiento.

Estos resultados son comparables con los nuestros, ya que las diferencias en coloración se presentaron paulatinamente conforme se desarrollaban los higos. En la quinta revisión, los higos sin embolsar manifestaron la piel morada típica del cultivar "Black Mission" y por el contrario

todos los higos embolsados presentaron alteraciones en la coloración, tonos verdes y cafés posiblemente relacionados con la reducción en la producción de antocianinas.

Todos los materiales evaluados para el embolsado de los siconos obstruyeron la infestación de *S. adipata*. Morera-Montoya et al. (2010) evaluaron diferentes materiales de embolsado (papel de agenda, papel encerado, bolsa de Taiwán y nailon) para el control de moscas de la fruta (*Anastrepha* sp.) en el cultivo de guayaba taiwanesa (*Psidium guajava* L.), concluyendo que con el uso de bolsas de nailon se obtiene el menor porcentaje de infestación (0.52%) por moscas de la fruta. En litchi, el uso de bolsas de celofán una semana después del cuajado del fruto, los protege del ataque de los barrenadores del hueso (*Plattypepla* sp. y *Conogethes* sp.) y del barrenador del extremo del tallo, *Conopomorpha cramerella* Snellen (Debnath y Mitra, 2008). En guanábana, *Annona muricata* L., el embolsado de frutos con tela de organza y con bolsas de plástico redujo a 0.0% la infestación por *Bephratelloides cubensis* Ashmead (Hernández-Fuentes et al., 2008).

El embolsado puede ser útil para impedir infestaciones de insectos plaga y por ende reducir la aplicación de agroquímicos (Sharma et al., 2014), sin embargo, en el presente estudio observamos que los materiales evaluados propiciaron la pudrición de los siconos. Esto puede ser debido a que estos materiales aumentaron la humedad y redujeron la aireación entorno a los higos.

Wang et al. (2011) demostraron que al embolsar peras var, Huangguan con bolsas de tres capas la incidencia de la mancha marrón en la cascara fue de 22.5% mientras que en el testigo (sin embolsar) fue del 1.5%. Las bolsas de nailon protegen contra el ataque de insectos, pero no contra microorganismos, las bolsas a base de hojas de directorio provocan la caída de los frutos, esto en el cultivo de guayaba (Morera-Montoya y Blanco-Metzler, 2009).

Es bien sabido que el embolsado de frutos antes de la cosecha puede afectar el peso de estos (Xu et al., 2008; Hudima y Stamper, 2011; Zhou et al., 2012). En el presente estudio se pudo observar que todos los tratamientos con embolsado redujeron el peso del sicono de higo

en comparación con el tratamiento testigo. Estos resultados son similares con los reportados Xu et al. (2010) quienes mencionan que al embolsar frutos de níspero (*Eriobotrya japonica* Lindl.) con bolsas de papel blanco de una sola capa y bolsas de papel de dos capas se redujo el peso del fruto en comparación al tratamiento control (sin embolsar). Este mismo efecto se obtuvo en el cultivo de uva (*Vitis vinífera* L.) de las variedades Cabernet Sauvignon y Carignan, las cuales al ser cubiertas con bolsas para fruta de doble capa negra en el interior redujeron el peso del fruto (Guo et al., 2020). Los materiales utilizados durante el embolsado de frutos pueden mejorar o inhibir las actividades de enzimas clave involucradas en la calidad de los frutos (Sharma et al., 2014). Fan y Mattheis (1998) y Kim et al. (2000), mencionan que el embolsado no solo afecta la calidad externa de la fruta, sino que también afecta su calidad interna al alterar el microclima bajo el cual se desarrolla.

Los azúcares son uno de los componentes principales que determinan el sabor de los frutos (Yang et al., 2009). Hay estudios que demuestran que el material del embolsado puede aumentar la concentración de azúcares o sólidos solubles (Jue et al., 2023), sin embargo, el embolsado también puede afectar de manera negativa la concentración de azúcares en la fruta.

Hudima y Stamper (2011) en un experimento realizado durante el 2006, demostraron que el uso de bolsas de papel de triple capa disminuyó significativamente el porcentaje de sólidos solubles en frutos de pera (*Pyrus communis* L.) var. Conferencia, comparados con el testigo, no obstante, en un experimento previo realizado en el 2005 con los mismos tratamientos, el embolsado no tuvo ningún efecto en estos mismos parámetros. Este mismo resultado es reportado por Yang et al. (2009) quien menciona que el porcentaje de sólidos solubles en Longan (*Dimocarpus longan* Lour.) no es afectado por el material del embolsado. Esto concuerda con los datos obtenidos en nuestra investigación, en la cual el porcentaje de grados Brix (o sólidos solubles) no fue afectado por el material del embolsado.

En el presente estudio, los materiales utilizados para el embolsado de los higos provocaron mayor porcentaje de pérdidas por pudrición que el porcentaje de infestación

ocasionado por *S. adipata*. Será necesario evaluar otros materiales que permita mayor aireación y entrada de luz al sicono. El valor de estos datos es que se obtuvieron parámetros base para mejorar o diseñar posibles materiales con potenciales características para su uso en el embolsado de este frutal.

Literatura citada

- Abbes, K., Hafsi, A., Harbi, A., Mars, M. y Chermiti, B. (2021). The black fig fly *Silba adipata* (Diptera: Lonchaeidae) as an emerging pest in Tunisia: preliminary data on geographic distribution, bioecology and damage. *Phytoparasitica*, 49, 49-59.
- Ali, M. M., Anwar, R., Yousef, A. F., Li, B., Luvisi, A., De Bellis, L., Aprile, A. y Chen, F. (2021). Influence of Bagging on the Development and Quality of Fruits. *Plants*, 10(358). <https://doi.org/10.3390/plants10020358>
- Bautista-Martínez, N., Illescas-Riquelme, C. P., López-Bautista, E., Velazquez-Moreno, L. J., y García-Ávila, C. J. (2017). Presence of *Drosophilidae* (Diptera: Ephydroidea) flies associated with fig fruits in Morelos, Mexico. *Florida Entomologist*, 100, 813-816 <https://doi.org/10.1653/024.100.0409>
- Britt, K. E., Gordon, P. E., Faber, B. A., Ríos, S. I. y Wilson, H. (2022). First report of black fig fly, *Silba adipata* (Diptera: Lonchaeidae), in the United States. *Journal of Integrated Pest Management*, 13(1), 12; 1-5. <https://doi.org/10.1093/jipm/pmac009>
- Debnath, S. y Mitra, S. K. (2008). Panicle bagging for maturity regulation, quality improvement and fruit borer management in litchi (*Litchi chinensis*). *Acta Horticulturae*, (773), 201-208. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2008.773.29>
- Drouet, F. (2015) *Silba adipata* McAlpine. Consultado el 04 de junio del 2024 en <http://www.silba-adipata.fr/Mouche-noire-du-figuier-Silba-adipata-Lonchaea-aristella-piegeage-de-masse-5.html>

- Fan, X., y Mattheis, J. P. (1998). Bagging 'fuji' apples during fruit development affects color development and storage quality. *Hortscience*, 33(7), 1235-1238.
- Flaishman, M. A., Rodov, V. y Stover, E. (2008). The fig: botany, horticulture, and breeding. *Horticultural Reviews*, 34, 113-96.
- Frank, D. L. (2018). Evaluation of fruit bagging as a pest management option for direct pests of apple. *Insects*, 9(178).
- Guo, S. H., Xu, T. F., Shi, T. C., Jin, X. Q., Feng, M- X., Zhao, X. H., Zhang, Z. W. y Meng, J. F. (2020). Cluster bagging promotes melatonin biosynthesis in the berry skins of *Vitis vinifera* cv. Cabernet Sauvignon and Carignan during development and ripening. *Food Chemistry*, 305, 1-9.
- Hernández-Fuentes, L. M., Bautista-Martínez, N., Carrillo-Sánchez, J. L., Sánchez, A. H., Urías-López, M. A. y Salas Araiza, M. D. (2008). Control del barrenador de las semillas, *Bephratelloides cubensis* Ashmead (Hymenoptera: Eurytomidae) en guanábana, *Annona muricata* L. (Annonales: Annonaceae). *Acta Zoológica Mexicana*, 24(1), 199-206.
- Hudima, M. y Stamper, F. (2011). Effect of fruit bagging on quality of 'Conference' pear (*Pyrus communis* L.). *European Journal of Horticultural Science*, 76(5/6), 410-414.
- Jue, D.-W., Sang, X.-L., Li, Z.-X., Zhang, W.-L., Liao, Q.-H. y Tang, J. (2023) Determination of the effects of pre-harvest bagging treatment on kiwifruit appearance and quality via transcriptome and metabolome analyses. *Food Research International*, 173(1).
- Kim, Y. H., Kim, S. K., Lim, S. C., Lee, C. H., Youn, C. K., Kim, H. H. y Choi, K. S. (2000). Effects of bagging material on coloration, maturity, and quality of peach fruits. *Journal of Korean Society of Horticultural Science*, 41, 395-400.
- Malloch, D. HSV Colour plates for mycology. http://website.nbm-mnb.ca/mycologywebpages/EssaysOnFungi/Collecting_mushrooms_for_scientific_study/illustrations/HSV_plates_for_mycology.pdf

- Melgarejo, M. P. (2000). Tratado de fruticultura para zonas áridas y semiáridas. Vol. I. El medio ecológico, la higuera, el alcaparro y el nopal. AMV Ediciones y Mundi Prensa. Madrid. 382 pp
- Morera-Montoya, R., y Blanco-Metzler, H. (2009). Microorganismos asociados a frutos embolsados de guayaba taiwanesa variedad tai kuo. *Agronomía Mesoamericana*, 20(2), 339-349.
- Morera-Montoya, R., Blanco-Metzler, H., y Luis-Loria, C. (2010). Evaluation of different bagging materials for the control of the fruit fly *Anastrepha* sp. (Diptera:Tephritidae) and fruit pathogens in taiwanese guava fruits (*Psidium guajava* L.). *Acta Horticulturae*, (849), 283-292. <https://doi.org/10.17660/actahortic.2010.849.33>
- Pereira, C., Serradilla, M. J., Martín, A., Villalobos, M. C., Pérez-Gragera, F. y López-Corrales, M. (2015). Agronomic behaviour and quality of six fig cultivars for freshconsumption. *Scientia Horticulturae*, 185, 121-128.
- Rashid, S., Faiz, H. Aziz., M. M., Aslam, K., Kausar, H., Khan, O. U. y Bakhsh, A. (2024). Fruit bagging: an approach for control of fruit fly infestation and quality improvement in guava. *Journal of Applied Research in Plant Sciences*, 5, 27-33. <https://doi.org/10.38211/joarps.2024.05.206>
- Rodríguez, P. N. Y. (2021). Estrategia de gestión para la red de valor-higo (Tesis de Maestría, Universidad Autónoma Chapingo). Repositorio institucional de la Universidad Autónoma Chapingo <https://repositorio.chapingo.edu.mx/server/api/core/bitstreams/f4297aad-5639-444d-9906-733b0cad23b8/content>
- Sarker, D., Rahman, M. y Barman, J. (2010). Efficacy of different bagging materials for the control of mango fruit fly. *Bangladesh Journal of Agricultural Research*, 34, 165-168. <https://doi.org/10.3329/bjar.v34i1.5766>

- SE, Secretaría de Economía. (2024). Data México, Higos frescos o secos. Fecha de consulta: 22 de junio de 2024. <https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/product/figs-fresh-or-dried#intercambio-comercial>
- SENASICA, Servicio Nacional de Sanidad e Inocuidad y Calidad Agroalimentaria, (2015). Anexo al plan de trabajo operativo para la exportación de higo fresco (*Ficus carica*) irradiado de México a los Estados Unidos de América.
- https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/167278/Anexo_al_plan_de_trabajo_operacion_al_para_la_exportaci_n_de_higo_fresco__Ficus_carica__irradiado_de_M_xico_a_los_Estados_Unidos_de_Am_rica.pdf
- Sharma, R. R., Reddy, S. V. R., y Jhalegar, M. J. (2014). Pre-harvest fruit bagging: a useful approach for plant protection and improved post-harvest fruit quality – a review. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 89(2), 101-113. <https://doi.org/10.1080/14620316.2014.11513055>
- SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2024). Avance de siembras y cosechas. Resumen nacional por estado. Servicio de información agroalimentaria y Pesquera. Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural. Ciudad de México. Fecha de consulta 28 de mayo de 2024 <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Solomon, A., Golubowicz, S., Yablowicz, Z., Grossman, S., Bergman, M., Gottlieb, H. E., Altman, A., Kerem, Z. y Flaishman, M. A. (2006). Antioxidant activities and anthocyanin content of fresh fruits of common fig (*Ficus carica* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(20), 7717-7723.
- Srivastava, K. K., Sumit, K. S., Kumar, D. y Dwivedi, S. K. (2023). Effect of different bagging materials on guava fruit physiology and its quality attributes. *Plant Physiology Reports*, 28(2), 238-246. <https://doi.org/10.1007/s40502-023-00733-9>
- Stover, E., Aradhya. M., Crisosto, C. y Ferguson, L. (2007), The fig: Overview of an ancient fruit. *HortScience*, 42(5), 1083-1087.

- Wang, Y. T., Li, X., Li, Y., Li, L. L. y Zhang, S. L. (2011). Effects of bagging on browning spot incidence and content of different forms of calcium in 'Huangguan' pear fruits. *Acta Horticulturae Sinica*, 38(8), 1507-1514.
- Wang, Z., Song, M., Li, Y., Chen, S. y Ma, H. (2019). Differential color development and response to light deprivation of fig (*Ficus carica* L.) syconia peel and female flower tissues: transcriptome elucidation. *BMC Plant Biology*, 19(1), 217. <https://doi.org/10.1186/s12870-019-1816-9>
- Xia, Y., Huang, J.-H., Jiang, F., He, J.-Y., Pan, X.-B., Lin, X.-J., Hu, H.-G., Fan, G.-CH., Zhu, S.-F., Hou, B.-H. y Ouyang, G.-CH. (2019). The effectiveness of fruit bagging and culling for risk mitigation of fruit flies affecting citrus in China: a preliminary report. *Florida Entomologist*, 102, 79-84. <https://doi.org/10.1653/024.102.0112>
- Xu, C. X., Chen, H. B., Huang, R.Y. y He, Y. J. (2008). Effects of bagging on fruit growth and quality of carambola. *Acta Horticulturae*, 773, 195-200. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2008.773.28>
- Xu, H. X., Chen, J. W. y Xie, M. (2010). Effect of different light transmittance paper bags on fruit quality and antioxidant capacity in loquat. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90, 1783-1788.
- Yang, W.-H., Zhu, X.-C., Bu, J.-H., Hu, G.-B., Wang, H.-C., y Huang, X.-M. (2009). Effects of bagging on fruit development and quality in cross-winter off-season longan. *Scientia Horticulturae*, 120(2), 194-200. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2008.10.009>
- Zhou, J., Zhong, G., Lin, Z. y Xu, H. L. (2012). The effects of bagging on fresh fruit quality of *Canarium album*. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 10(1), 505-508.

Discusión General

La mosca negra del higo, *Silba adipata* McAlpine (Diptera: Lonchaeidae), es considerada como una de las principales plagas del higo (*Ficus carica*) (Britt et al., 2022), causando pérdidas a nivel mundial de entre un 44% a 88% en la producción de este cultivo (Drouet, 2015; Abbes et al., 2021). Las larvas se alimentan de los siconos inmaduros y causan la caída prematura de los mismos, mientras que en los maduros provocan pudrición y disminución en su calidad (Nawade et al., 2020). A pesar de esto, los estudios sobre este insecto se han centrado, mayormente, en demostrar su presencia en nuevas zonas geográficas (Giliomee et al., 2007; Rot et al., 2017; Bautista-Martínez et al., 2021; Britt et al., 2022), determinar el efecto de algunos atrayentes para su control (Katsoyannos y Guerin, 1984; Rosas et al., 2021) y en determinar algunas de sus características biológicas y daños causados (Katsoyannos, 1983; Abbes et al., 2021; Tutmuş y Akşit, 2021).

En el presente estudio se determinaron aspectos bioecológicos de *S. adipata* provenientes de diferentes sitios del estado de Michoacán y uno del estado de Morelos. El conocimiento de los aspectos biológicos y ecológicos de los insectos permite la elaboración de modelos predictivos que sirven de base a los programas de manejo integrado de plagas (Coria-Avalos, 1999). En el presente estudio, el porcentaje de infestación de *S. adipata* en los siconos fue variable en todos los sitios de recolecta: hasta 33% en el sitio del estado de Morelos, mientras que en los sitios del estado de Michoacán el porcentaje más alto fue 24%, en contraste con uno de los sitios de este estado donde no se registró infestación. La infestación se presentó siempre en frutos inmaduros de tamaño variable, las larvas podían estar presentes en frutos con 2.9 a 3.5 cm de largo y 1.9 a 2.3 cm de ancho. Esto coincide con lo mencionado por Katsoyannos (1983), quien menciona que *S. adipata* prefiere infestar higos verdes pequeños y duros. En su estudio, Flores-Hernández (2022) registró infestaciones variables de *S. adipata*, dependiendo del sitio de colecta desde 38% en estado de Morelos hasta 90% en el Estado de México, siendo la infestación en siconos verdes de entre 3.2-3.8 cm de largo y 2.6-3.0 cm de ancho.

En el presente estudio se registró que los higos más grandes fueron los que presentaron el mayor número de larvas. Esto puede ser debido a que estos higos tienen mayor cantidad de pulpa, lo que favorece el desarrollo y sobrevivencia de un mayor número de larvas en su interior. Datos similares fueron reportados por Santos et al. (2009) quienes observaron que los botones florales más grandes de granadilla (*Passiflora ligularis* Jussun) presentaron un mayor número de larvas de *Dasiops spp.* (Diptera: Lonchaeidae) en comparación con los botones florales más pequeños. Así mismo, se observó que *S. adipata* tiene una alta sobrevivencia de los estados inmaduros de larva y pupa (97% y 94%, respectivamente), condición que favorece una mayor emergencia de adultos, mayor descendencia en la próxima generación y, como consecuencia mayor daños y pérdidas en la producción de higo.

El ciclo de vida de *S. adipata* no se ha estudiado minuciosamente; por ello, se descose la duración de cada uno de sus estados de vida. En el presente estudio se determinó la duración de los estados de larva y pupa (6, 11 días, respectivamente) y la longevidad de los adultos (53 y 46 días para hembras y machos, respectivamente). Es importante mencionar que la duración de estado de larva no representa el tiempo real de este estado de vida debido a que es el promedio de la duración de los individuos desde que se colectaron en campo hasta la pupación. A este respecto, se están realizando más estudios para determinar con mayor certeza este resultado. *Silba adipata* es más longeva que otras especies de moscas de la fruta, como por ejemplo *Anastrepha obliqua* (Macquart) (las hembras y machos tienen una longevidad de 31 y 29 días, respectivamente; Chaverri et al., 1999) o *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (con una longevidad de 32 y 24 días para hembras y machos, respectivamente; Davies et al., 2005). Esta mayor longevidad de los adultos de *S. adipata* puede impactar de manera negativa al cultivo hospedero ya que las hembras pueden ovipositar en un mayor número de higos, incrementando así las poblaciones de la plaga y los daños.

Por otra parte, uno de los principales hallazgos del presente estudio es que, por primera vez, utilizando la morfometría y la distribución de frecuencias de los dos factores de proporción

propuestos (factor 1: multiplicación de longitud por el ancho del cuerpo de la larva; factor 2: multiplicación de la longitud del cuerno dorsal del esclerito faríngeo por la longitud del esqueleto cefalofaríngeo) se determinó que *S. adipata* tiene tres instares larvales, con una tasa de crecimiento de 1.50 para el primer factor y de 1.58 para el segundo factor.

En cultivos de frutales, durante su desarrollo, los frutos son susceptibles de ser infestados por artrópodos plaga, ser invadidos por patógenos y están expuestos a daños mecánicos, lo que reduce su valor comercial e incrementa pérdidas económicas a los productores. A este respecto, la técnica del embolsado de frutos antes de la cosecha se ha convertido en una táctica eficiente en la protección de frutos en varias partes del mundo (Sharma, 2009). En la última parte del presente estudio, se evaluó, en condiciones de campo, el efecto del embolsado del sicono de higo sobre el desarrollo del mismo y, para ello, se utilizaron tres materiales: tela de organza, polipropileno y yute. Los higos de los tratamientos de tela de organza, polipropileno y testigo (higos no embolsados) fueron más largos, mientras que en la tela de organza y los no embolsados fueron mas achos. Resultados similares fueron reportados para el cultivo de pera (*Pyrus communis* L.). A este respecto, Hudima y Stamper (2011) reportaron que el embolsado redujo significativamente el largo y el ancho de los frutos en comparación con el testigo (frutos sin embolsar). En contraste, la técnica de embolsado no afectó el diámetro y longitud de los frutos de pitaya roja (*Hylocereus* spp.) Tran et al. (2015).

Por otra parte, Sharma (2014) mencionó que embolsado de frutos aumenta la sensibilidad de los mismos a la luz y estimula la síntesis de antocianinas cuando se exponen nuevamente a la luz. En nuestro estudio, el material del embolsado afectó negativamente el desarrollo de la coloración del sicono debido a que solamente en el tratamiento testigo los higos obtuvieron la coloración morada oscura típica de la var. Black Mission. Este mismo efecto fue reportado por Murray et al. (2005), quienes informaron que al embolsar frutos de ciruela (*Prunus salicina* Lindell) con bolsas elaboradas con material de maya sombra de diferentes densidades (80%, 50% y

20%), los frutos desarrollaron colores de fondo más verdes y un color sustancialmente menos rojo.

El embolsado de frutos es una técnica que mantiene una barrera física entre el medio ambiente y el fruto y uno de sus efectos más importantes es la protección contra los daños causados por los insectos plaga. Los materiales utilizados en este estudio protegieron los siconos contra el ataque de la mosca negra del higo, pero promovió la pudrición de los frutos hasta 56.7%. Esto puede ser debido a que los materiales utilizados mantuvieron una elevada humedad. En el cultivo de litchi (*Litchi chinensis* Sonn), el uso de bolsas de celofán protegió a los frutos del ataque de los barrenadores del hueso (*Platyteplea* sp. y *Conogethes* sp.) y del barrenador del extremo del tallo (*Conopomorpha cramerella*) (Debnath y Mitra, 2008). De igual forma, se demostró que en el cultivo de guayaba (*Psidium guajava* L.) las bolsas a base de nailon protegen los frutos contra el ataque de insectos, pero no contra microorganismos, y las bolsas elaboradas con hojas de directorio provocan la caída de los mismos (Morera-Montoya y Blanco-Metzler, 2009).

Por otro lado, todos los tratamientos de embolsado redujeron significativamente el peso fresco de los siconos de higo. Esto puede ser debido a que los materiales utilizados durante el embolsado pueden mejorar o inhibir las actividades de enzimas clave involucradas en la calidad de los frutos (Sharma et al., 2014). Este mismo efecto fue observado por Hundima y Stamper (2011) quienes en un experimento realizado durante el 2006 demostraron que el uso de bolsas de papel de triple capa disminuyó significativamente el peso fresco de los frutos de *P. communis* var. Conferencia, comparados con el testigo. No obstante, en un experimento previo realizado en el 2005 con los mismos tratamientos, estos autores reportaron que el embolsado no tuvo ningún efecto en este parámetro. Así mismo, el embolsado no solo afecta la calidad externa de los frutos, también afecta la calidad interna de los mismos al cambiar el microclima bajo el cual se desarrollan (Fan y Mattheis, 1998; Kim et al., 2000). En nuestro estudio, los materiales utilizados para el embolsado de siconos no afectaron la concentración de grados Brix.

Literatura citada

- Abbes, K., Hafsi, A., Harbi, A., Mars, M. y Chermiti, B. (2021). The black fig fly *Silba adipata* (Diptera: Lonchaeidae) as an emerging pest in Tunisia: preliminary data on geographic distribution, bioecology and damage. *Phytoparasitica*, 49, 49-59.
- Bautista-Martínez, N., Meraz, A. R., Valdez, C. J. M. y López, B. E. (2021). Black fig fly, *Silba adipata* McAlpine, in backyards of the State of Mexico. *Southwestern Entomologist*, 46, 793-796.
- Britt, K. E., Gordon, P. E., Faber, B. A., Ríos, S. I. y Wilson, H. (2022). First report of black fig fly, *Silba adipata* (Diptera: Lonchaeidae), in the United States. *Journal of Integrated Pest Management*, 13(1), 12; 1-5. <https://doi.org/10.1093/jipm/pmac009>
- Chaverri, G. L., Soto, M. J. y Jirón L. F. (1999). Notas sobre biología y ecología de *Anastrepha obliqua* (Diptera: Tephritidae), plagas de plantas anacardiáceasen América tropical. II. Formas adultas. *Agronomía Mesoamericana*, 10(2), 99-102.
- Coria-Ávalos, V. M. (1999). Ciclo de vida, fluctuación poblacional y control del barrenador de la semilla del aguacate (*Conotrachelus perseae* Barber, C. aguacatae B.) (Coleóptera: Curculiónidae) en Ziracuaretiro, Michoacán, México. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 5, 313-318.
- Davies, S., Kattel, R., Bhatia, B., Petherwick, A. & Chapman, T. (2005). The effect of diet, sex and mating status on longevity in Mediterranean fruit flies (*Ceratitis capitata*), Diptera: Tephritidae. *Experimental Gerontology*, 40, 784-792. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2005.07.009>
- Debnath, S. y Mitra, S. K. (2008). Panicle bagging for maturity regulation, quality improvement and fruit borer management in litchi (*Litchi chinensis*). *Acta Horticulturae*, (773), 201-208. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2008.773.29>

- Drouet, F. (2015) *Silba adipata* McAlpine. Consultado el 04 de junio del 2024 en <http://www.silba-adipata.fr/Mouche-noire-du-figuier-Silba-adipata-Lonchaea-aristella-piegeage-de-masse-5.html>
- Fan, X., y Mattheis, J. P. (1998). Bagging ‘fuji’ apples during fruit development affects color development and storage quality. *Hortscience*, 33(7), 1235-1238.
- Flores-Hernández, M. Á. (2022). Biología y atrayentes alimenticios de la mosca negra del higo *Silba adipata* McAlpine (Diptera: Lonchaeidae). Tesis de Maestría en Ciencias. Instituto de Fitosanidad, Colegio de Posgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México.
- Giliomee, J. H., Venter, E. y Wohlfarter, M. (2007). Mediterranean black fig fly, *Silba adipata* McAlpine (Diptera: Lonchaeidae), recorded from South Africa. *African Entomology*, 15, 383-384.
- Hudima, M. y Stamper, F. (2011). Effect of fruit bagging on quality of ‘Conference’ pear (*Pyrus communis* L.). *European Journal of Horticultural Science*, 76(5/6), 410-414.
- Katsoyannos, B. I. (1983). Field observations on the biology and behavior of the black fig fly *Silba adipata* McAlpine (Diptera, Lonchaeidae) and trapping experiments. *Zeitschrift für angewandte Entomologie*, 95, 471-476.
- Katsoyannos, B. I. y Guerin, P. M. (1984). Hexanol: a potent attractant for the black fig fly, *Silba adipata*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 35, 71-74.
- Kim, Y. H., Kim, S. K., Lim, S. C., Lee, C. H., Youn, C. K., Kim, H. H. y Choi, K. S. (2000). Effects of bagging material on coloration, maturity, and quality of peach fruits. *Journal of Korean Society of Horticultural Science*, 41, 395-400.
- Morera-Montoya, R., y Blanco-Metzler, H. (2009). Microorganismos asociados a frutos embolsados de guayaba taiwanesa variedad tai kuo. *Agronomía Mesoamericana*, 20(2), 339-349.
- Murray, X. J., Holcroft, D. M., Cook, N. C., y Wand, S. J. E. (2005). Postharvest quality of “Laetitia” and “Songold” (*Prunus salicina* Lindell) plums as affected by preharvest shading

treatments. *Postharvest Biology and Technology*, 37(1), 81–92.

<https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2005.02.014>

- Nawade, B., Shaltiel-Harpaz, L., Yahyaa, M., Kabaha, A., Kedoshim, R., Bosamia, T. C. y Ibdah, M. (2020). Characterization of terpene synthase genes potentially involved in black fig fly (*Silba adipata*) interactions with *Ficus carica*. *Plant Science*, 298(110549).
- Rosas, D. P., Sánchez, D. G., De la Paz, M. V. y Hernández-Pérez, R. (2021). Efectividad biológica de atrayentes para el monitoreo de *Silba adipata* en higo en Morelos, México. *Southwestern Entomologist*, 46(4), 991-1000.
- Rot, M., Žežlina, I., Jančar, M. y Seljak, G. (2017). Črna figova muha (*Silba adipata* mcalpine, 1956 [Diptera, Lonchaeidae]) je zastopana tudi v Sloveniji. Slovenskega posvetovanja o varstvu rastlin z mednarodno udeležbo. *Rimske Toplice*, 13, 47-52.
- Santos, A. O., Varón, D. E. y Salamanca, J. (2009). Prueba de extractos vegetales para el control de *Dasiops* spp., en granadilla (*Passiflora ligularis* Juss.) en el Huila, Colombia. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuarias*, 10(2), 141-151.
- Sharma, R. R. (2009). Fruit Production: Problems and Solutions. International Book Distributing Company, Lucknow, India. 649 pp
- Sharma, R. R., Reddy, S. V. R., y Jhalegar, M. J. (2014). Pre-harvest fruit bagging: a useful approach for plant protection and improved post-harvest fruit quality – a review. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 89(2), 101-113.
<https://doi.org/10.1080/14620316.2014.11513055>
- Tran, D.-H., Yen, CH.-R. y Chen, Y.-K. H. (2015). Effects of bagging on fruit characteristics and physical fruit protection in red pitaya (*Hylocereus* spp.). *Biological Agriculture & Horticulture*, 31(3), 158–166.
- Tutmuş, E. y Akşit, T. (2021). Siyah İncir Sineği'nin (*Silba adipata* Mcalpine, Diptera: Lonchaeidae) Aydın İlinde İncir Bahçelerinde Bulunma Oranı, Popülasyon Değişimi ve Bazı Biyolojik Özellikleri. *Adü Ziraat Derg*, 18(2), 311-319p.

Conclusiones Generales

- El porcentaje de infestación, el tamaño de los frutos infestados, y el número de larvas por fruto de *S. adipata*, dependió del sitio de colecta. Las etapas de larva y pupa de *S. adipata* tienen una supervivencia de hasta un 97% y 94% respectivamente, y un porcentaje de emergencia de hembras de 53.5%.
- En condiciones de laboratorio, la duración del estado de pupa de *S. adipata* fue de 11 días y la longevidad de hembras y machos de 53 y 46 días, respectivamente. Las hembras y machos sobrevivieron hasta 101 y 97 días, respectivamente.
- Por primera vez se demostró que las larvas de *S. adipata* tienen tres instares larvales.
- En condiciones de campo, los siconos embolsados con tela de organza y polipropileno fueron los más largos, muy similares a los del testigo, mientras que los higos más anchos fueron los que se embolsaron con tela de organza y los del testigo. La coloración del sicono fue afectada por los diferentes tratamientos, obteniendo la coloración morada oscura típica de la var. Black Mission únicamente en los higos del testigo.
- La tela de organza, polipropileno y yute protegieron a los siconos de higo contra la infestación de *S. adipata*. Sin embargo, estos mismos materiales propiciaron la pudrición de los higos hasta 57%. En contraste en los higos del testigo se registró 28% de infestación por parte de este insecto. Todos los materiales utilizados en el embolsado de los higos disminuyeron el peso fresco de los mismos en comparación con los del testigo. En contraste, el porcentaje de grados Brix no se vio afectado.

NOMBRE DEL TRABAJO

La mosca negra del higo, *Silba adipata* M
cAlpine: parámetros bioecológicos y efe
cto del embolsado en

AUTOR

Eduardo Paniagua Jasso

RECuento DE PALABRAS

27516 Words

RECuento DE CARACTERES

148001 Characters

RECuento DE PÁGINAS

94 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

1.3MB

FECHA DE ENTREGA

Sep 4, 2024 10:30 AM CST

FECHA DEL INFORME

Sep 4, 2024 10:31 AM CST

● 37% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 35% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 0% Base de datos de trabajos entregados
- 26% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

Formato de Declaración de Originalidad y Uso de Inteligencia Artificial

Coordinación General de Estudios de Posgrado
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo



A quien corresponda,

Por este medio, quien abajo firma, bajo protesta de decir verdad, declara lo siguiente:

- Que presenta para revisión de originalidad el manuscrito cuyos detalles se especifican abajo.
- Que todas las fuentes consultadas para la elaboración del manuscrito están debidamente identificadas dentro del cuerpo del texto, e incluidas en la lista de referencias.
- Que, en caso de haber usado un sistema de inteligencia artificial, en cualquier etapa del desarrollo de su trabajo, lo ha especificado en la tabla que se encuentra en este documento.
- Que conoce la normativa de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, en particular los Incisos IX y XII del artículo 85, y los artículos 88 y 101 del Estatuto Universitario de la UMSNH, además del transitorio tercero del Reglamento General para los Estudios de Posgrado de la UMSNH.

Datos del manuscrito que se presenta a revisión		
Programa educativo	Maestría en producción agropecuaria con opción en el área agrícola	
Título del trabajo	La mosca negra del higo, <i>Silba adipata</i> McAlpine: parámetros bioecológicos y efecto del embolsado en la calidad del sicono	
	Nombre	Correo electrónico
Autor/es	Eduardo Paniagua Jasso	0856956h@umich.mx
Director	Dr. Samuel Pineda Guillermo	samuel.pineda@umich.mx
Codirector	Dr. Carlos Patricio Illescas Riquelme	carlos.illescas@ciqa.edu.mx
Coordinador del programa	Dr. Luis López Pérez	mae.prod.agropecuaria.forestal@umich.mx

Uso de Inteligencia Artificial		
Rubro	Uso (sí/no)	Descripción
Asistencia en la redacción	NO	

Formato de Declaración de Originalidad y Uso de Inteligencia Artificial

Coordinación General de Estudios de Posgrado
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo



Uso de Inteligencia Artificial		
Rubro	Uso (sí/no)	Descripción
Traducción al español	NO	
Traducción a otra lengua	NO	
Revisión y corrección de estilo	NO	
Análisis de datos	NO	
Búsqueda y organización de información	NO	
Formateo de las referencias bibliográficas	NO	
Generación de contenido multimedia	NO	
Otro	NO	

Datos del solicitante	
Nombre y firma	Eduardo Paniagua Jasso 
Lugar y fecha	Morelia, Michoacan, a 02 de septiembre del 2024