



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE FITOSANIDAD

ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA

**BIOLOGIA Y ATRAYENTES
ALIMENTICIOS DE LA MOSCA
NEGRA DEL HIGO *Silba adipata*
MCALPINE (DIPTERA:
LONCHAEIDAE)**

MIGUEL ÁNGEL FLORES HERNÁNDEZ

T E S I S
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO, MÉXICO

2022



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

La presente tesis titulada: “**BIOLOGIA Y ATRAYENTES ALIMENTICIOS DE LA MOSCA NEGRA DEL HIGO *Silba adipata* MCALPINE (DIPTERA: LONCHAEIDAE)**” realizada por el (la) estudiante: “**Miguel Ángel Flores Hernández**” bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS
FITOSANIDAD
ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO


DR. NÉSTOR BAUTISTA MARTÍNEZ

ASESOR


DR. ÁNGEL LAGUNES TEJEDA

ASESOR


DR. LAURO SOTO ROJAS

ASESOR


DR. MANUEL ALEJANDRO TEJEDA REYES

Montecillo, Texcoco, Estado de México, junio de 2022

BIOLOGIA Y ATRAYENTES ALIMENTICIOS DE LA MOSCA NEGRA DEL HIGO
***Silba adipata* MCALPINE (DIPTERA: LONCHAEIDAE)**

Miguel Ángel Flores Hernández, MC.
Colegio de Postgraduados, 2022.

RESUMEN

Silba adipata Mcalpine, 1956 es una especie de reciente registró en México y se asocia al cultivo de higo, es de importancia económica ya que se alimenta de frutos próximos a cosecha causando pérdidas en la producción de hasta el 88%. Con el objetivo de desarrollar las bases para un manejo integrado, durante los periodos de marzo-mayo y noviembre-diciembre 2021 se establecieron trampas en huertos comerciales de higo, cebadas con atrayentes alimenticios: fermentado de higo y piña, jugo de piña, proteína hidrolizada y hexanol, de las cuales se registró el número de adultos capturados cada 10 días, de igual forma se colectaron frutos en diferentes sitios del Estado de Morelos y Estado de México con el fin de identificar a la especie y analizar el comportamiento, daños y distribución altitudinal. Los resultados obtenidos de registro de captura, no mostraron diferencia significativa entre tratamientos ($\alpha= 0.05$). En la determinación molecular se confirmó a la especie *S. adipata*, en individuos colectados en el estado de Morelos en frutos infestados, la cual se encuentra asociada al cultivo, atacando principalmente frutos inmaduros con una edad promedio de dos meses a partir de la aparición de yemas fructificativas, siendo la larva la principal causante de los daños, provocando que los frutos no completen su maduración, en cuanto a su distribución la especie estuvo presente de los 1,030 hasta 2,246 msnm, esta información es de suma importancia ya que en un futuro podrá utilizarse para un programa de manejo en el cultivo.

Palabras clave. Caída de frutos, galerías, daños, ADN, distribución

**BIOLOGY AND FOOD ATTRACTANTS OF THE BLACK FIG FLY *Silba adipata*
MCALPINE (DIPTERA: LONCHAEIDAE)**

**Miguel Ángel Flores Hernández, MC.
Colegio de Postgraduados, 2022.**

ABSTRACT

Silba adipata Mcalpine, 1956, is a species associated with fig of recent register in Mexico. It is economically important since it feeds on fruits that are near harvest maturity causing production losses of up to 88%. With the objective of developing the basis for integrated management, during the periods March-May and November-December 2021, traps were set up in commercial fig orchards, baited with food attractants: fermented fig and pineapple, pineapple juice, hydrolyzed protein and hexanol, from which the number of adults captured every 10 days was recorded. Similarly, fruits were collected in different sites in the State of Morelos and State of Mexico in order to identify the species and analyze the behavior, damage and altitudinal distribution. The results obtained from the capture record showed no significant difference between treatments ($\alpha= 0.05$). The molecular determination confirmed the species *S. adipata*, in individuals collected in the state of Morelos in infested fruits, which is associated with the crop, attacking mainly immature fruits with an average age of two months from the appearance of fruiting buds, the larva being the main cause of damage, causing the fruits not to complete their maturation, as for its distribution the species was present from 1,030 to 2,246 meters above sea level, this information is of great importance because in the future it could be used for a management program in the crop.

Key words. Fruit drop, galleries, damage, DNA, distribution

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo brindado en el transcurso de la investigación el cual me permitió realizar y concluir mis estudios de Maestría en Ciencias.

Al Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo y al posgrado de Fitosanidad, con orientación a Entomología y Acarología, por brindarme la posibilidad de acceder a programas educativos de la más alta calidad, y apoyarme en mi formación profesional.

Especialmente agradezco al Dr. Néstor Bautista Martínez por haberme aceptado como su alumno y brindarme parte de sus conocimientos, pero sobre todo por su apoyo durante todo el tiempo de investigación.

A los integrantes de mi comité académico: Dr. Ángel Lagunes Tejeda, Dr. Lauro Soto Rojas y Dr. Manuel Alejandro Tejeda Reyes por apoyarme en mi preparación y guiar mi formación académica.

Agradezco a mis padres Margarito Flores Hernández y Antonia Avela Hernández Zúñiga, por estar siempre conmigo apoyándome en todo momento.

Agradezco especialmente a Valeria por estar siempre a mi lado apoyándome ante cualquier situación.

DEDICATORIA

Dedico especialmente esta tesis a mis padres Margarito Flores Hernández y Antonia Avela Hernández Zúñiga, por ser mis pilares y mi ejemplo a seguir, por siempre creer en mí y demostrarme que todo es posible.

CONTENIDO

RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
AGRADECIMIENTOS.....	v
DEDICATORIA	vi
LISTA DE CUADROS.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	ix
INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
CAPÍTULO I. DETERMINACIÓN MOLECULAR Y ECOLOGÍA DE <i>Silba adipata</i> MCALPINE, 1956 (DIPTERA: LONCHAEIDAE).....	3
1.1 RESUMEN.....	3
1.2 ABSTRACT	4
1.3 INTRODUCCCIÓN	5
1.4 MATERIALES Y MÉTODOS.....	6
1.4.1 Trampeo.....	6
1.4.2 Colecta de frutos.....	7
1.4.3 Determinación taxonómica y molecular.	7
1.4.4 Preferencia de ataque y daños.	8
1.4.5 Distribución altitudinal	8
1.4.6 Análisis estadístico.....	9
1.5 RESULTADOS Y DISCUSION.....	9
1.5.1 Trampeo.....	9
1.5.2 Determinación taxonómica y molecular.	10
1.5.3 Preferencia de ataque y daños.	12
1.5.4 Distribución altitudinal	14
CONCLUSIONES GENERALES	17
LITERATURA CITADA.....	18

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Capturas de <i>S. adipata</i> en huertas comerciales de higo en el municipio de Jantetelco, Morelos durante el periodo marzo-mayo 2021	10
Cuadro 2. Capturas de <i>S. adipata</i> en huertas comerciales de higo en el municipio de Jantetelco, Morelos durante el periodo noviembre-diciembre 2021.	10
Cuadro 3. Características de frutos atacados por <i>S. adipata</i> en municipios del Estado de México y Morelos.	13
Cuadro 4. Coeficientes de correlación de las variables diámetro y largo de frutos con respecto al ataque de <i>S. adipata</i>	13
Cuadro 5. Estatus de <i>S. Adipata</i> en diferentes altitudes en el estado de Morelos.....	15

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Árbol de consenso filogenético resultante de la inferencia bayesiana basada en secuencias parciales de ADN mitocondrial COI. 11**
- Figura 2. Comportamiento y daños de *S. adipata*. A) Huevos depositados en las escamas del ostiolo; B) Daño en estilos por alimentación de larvas; C) Galerías provocadas por la larva en la pared del fruto; D) Orificios de salida; E) Pupa de dentro del fruto; F) Síntomas de daño en frutos y G) Oviposición de hembras en ostiolo..... 14**

INTRODUCCIÓN GENERAL

En México, la superficie sembrada con higo comercial es de 1,838 hectáreas distribuidas en 15 estados productores, el 76% de la superficie sembrada se concentra en los estados de Morelos, Veracruz, Michoacán. El volumen de producción nacional alcanza las 9,466 toneladas con un valor de aproximadamente 214 millones de pesos (SIAP 2020).

Adicionalmente, en abril de 2015 autoridades en materia fitosanitaria de México firmaron el Anexo al plan de trabajo operacional para la exportación de higo fresco a los Estados Unidos de América, previamente irradiado (SENASICA 2020), la irradiación se da para prevenir la presencia de moscas de la fruta principalmente de la familia Tephritidae, se utiliza una dosis mínima absorbida de 150 Gy (SENASICA 2020)

De las principales plagas del cultivo destaca *Silba adipata* McAlpine, que causa daños en los frutos (Katsoyannos 2009; Casadomet et al. 2015; Ebejer 2015; Casadomet et al. 2016), lo que provoca que algunas frutas dañadas se pudran 1.0-1.5 meses antes del período de maduración (Katsoyannos 2009; Giliomee 2007; Giliomee 2011; Let et al. 2013), provocando una caída del 50% de cosecha comestible y una pérdida del 95% en higos silvestres invernantes (Anagnostopoulos 1939; Katsoyanos 1984), por su parte Drouet, (2019) reportó daños del 12 al 88%.

Debido a que el registro de esta plaga es reciente y que en gran parte es desconocida entre los productores, las pérdidas directas de cultivos se atribuyen con frecuencia a factores tales como no polinización, deficiencias fisiológicas o ataque de otras plagas. Por consiguiente, no se cuenta con un sistema de manejo eficaz y las medidas de control apropiadas son rara vez tomadas y en su mayoría se utiliza el control químico con los mismos productos utilizados para controlar algunos dípteros de la familia drosophilidae.

Para el caso del trampeo en el cultivo, Bautista et al, (2017) realizó pruebas con atrayentes alimenticios obteniendo excelentes capturas de *Drosophila susuki* Matsumura, *Zaprionus indianus* Gupta y *Drosophila melanogaster* L. al utilizar jugo de piña en envases tipo cubeta, pero para la mosca negra aún no se encuentran estudios similares.

Por esta razón es importante conocer la biología, comportamiento y la distribución de la plaga con el fin de generar medidas de manejo que sean eficientes, en virtud de esto se plantearon los siguientes objetivos: Determinar molecularmente a la especie que se encuentra atacando el cultivo de higo y analizar el comportamiento, distribución altitudinal, preferencia de ataque y daños, finalmente evaluar la efectividad de atrayentes alimenticios para el monitoreo y detección oportuna de la mosca negra con el fin de tomar medidas preventivas que eviten las pérdidas de producción en el cultivo.

CAPÍTULO I. DETERMINACIÓN MOLECULAR Y ECOLOGÍA DE *Silba adipata* MCALPINE, 1956 (DIPTERA: LONCHAEIDAE)

1.1 RESUMEN

Silba adipata Mcalpine, 1956 es una especie de reciente registró en México y se asocia al cultivo de higo, es de importancia económica ya que se alimenta de frutos próximos a cosecha causando pérdidas en la producción de hasta el 88%. Con el objetivo de desarrollar las bases para un manejo integrado, durante los periodos de marzo-mayo y noviembre-diciembre 2021 se establecieron trampas en huertos comerciales de higo, cebadas con atrayentes alimenticios: fermentado de higo y piña, jugo de piña, proteína hidrolizada y hexanol, de las cuales se registró el número de adultos capturados cada 10 días, de igual forma se colectaron frutos en diferentes sitios del Estado de Morelos y Estado de México con el fin de identificar a la especie y analizar el comportamiento, daños y distribución altitudinal. Los resultados obtenidos de registro de captura, no mostraron diferencia significativa entre tratamientos ($\alpha= 0.05$). En la determinación molecular se confirmó a la especie *S. adipata*, en individuos colectados en el estado de Morelos en frutos infestados, la cual se encuentra asociada al cultivo, atacando principalmente frutos inmaduros con una edad promedio de dos meses a partir de la aparición de yemas fructificativas, siendo la larva la principal causante de los daños, provocando que los frutos no completen su maduración, en cuanto a su distribución la especie estuvo presente de los 1,030 hasta 2,246 msnm, esta información es de suma importancia ya que en un futuro podrá utilizarse para un programa de manejo en el cultivo.

Palabras clave: Caída de frutos, galerías, daños, ADN, distribución

1.2 ABSTRACT

Silba adipata Mcalpine, 1956, is a species associated with fig of recent register in Mexico. It is economically important since it feeds on fruits that are near harvest maturity causing production losses of up to 88%. With the objective of developing the basis for integrated management, during the periods March-May and November-December 2021, traps were set up in commercial fig orchards, baited with food attractants: fermented fig and pineapple, pineapple juice, hydrolyzed protein and hexanol, from which the number of adults captured every 10 days was recorded. Similarly, fruits were collected in different sites in the State of Morelos and State of Mexico in order to identify the species and analyze the behavior, damage and altitudinal distribution. The results obtained from the capture record showed no significant difference between treatments ($\alpha= 0.05$). The molecular determination confirmed the species *S. adipata*, in individuals collected in the state of Morelos in infested fruits, which is associated with the crop, attacking mainly immature fruits with an average age of two months from the appearance of fruiting buds, the larva being the main cause of damage, causing the fruits not to complete their maturation, as for its distribution the species was present from 1,030 to 2,246 meters above sea level, this information is of great importance because in the future it could be used for a management program in the crop.

Key words: Fruit drop, galleries, damage, DNA, distribution

1.3 INTRODUCCIÓN

Silba adipata McAlpine, 1956 es una plaga de higos tanto silvestres como cultivados y se encuentra distribuida en la cuenca del mediterráneo e Iraq (Katsoyanos 1983), Japón (Giliomee 2007), España (Mallorca), Italia, Grecia, Chipre, Islas Canarias, Siria, Israel, Jordania, Egipto Irak, Sudáfrica (MacGowan & Freidberg 2008), Murcia, Malta, Turquía (Tutmus 2013), Eslovenia (Rot et al. 2017), Montenegro (Radonjic et al. 2019), Portugal (Pereira 2019) y México (Bautista 2021). Se considera de importancia económica ya que es una de las tres plagas más importantes en la Región de Algarve, Portugal desde la década de 1950's debido a la adaptación de la plaga a bajas temperaturas y que presenta varias generaciones al año- (Gonçalves et al. 2008). El problema se agrava por su presencia en higos silvestres (Katsoyannos & Guerin 1984). Las estimaciones del daño en cultivo de higo, puede fluctuar entre 50 y 95%; por su parte, Drouet, (2019) reportó daños en higo del 12 al 88%.

En México la superficie establecida de higo incremento durante los últimos 5 años, en el ciclo 2020 se registraron 1,838 hectáreas distribuidas en 15 estados productores, el 76% de la superficie sembrada se concentra en los estados de Morelos, Veracruz, Michoacán. El volumen de producción nacional alcanza las 9,466 toneladas con un valor de aproximadamente 214 millones de pesos (SIAP 2020). Por lo que el establecimiento y dispersión de *S. adipata* es un riesgo potencial para el cultivo.

Por esta razón el monitoreo de plagas es una actividad fundamental para establecer las épocas de mayor prevalencia de un insecto, ya que permite determinar su presencia, distribución y dinámica poblacional en el tiempo; para así tomar decisiones acerca de las técnicas de control apropiadas, para reducir y mantener las poblaciones a niveles por debajo de un umbral de acción (Kogan 1998, Pedigo 1999, Imbachi et al. 2012).

Para *S. adipata* los registros que se tienen sobre uso de atrayentes y feromonas es escaso, teniendo a Goncalves et al, (2008) quien probó trampas cebadas con proteína hidrolizada, obteniendo capturas muy bajas de 4 a 5 adultos en un año, por otra parte, Katsoyannos & Guerin, (1984) mostraron resultados opuestos utilizando hexanol, el cual resultó ser un fuerte atrayente de la mosca, llegando a capturar 60 moscas/trampa/día.

En México Perales et al, (2021) realizó un estudio de efectividad de atrayentes en el que obtuvo capturas promedio de 5.6 moscas por trampa en un lapso de 10 semanas, utilizando sulfato de amonio al 4 %.

Por esta razón es importante conocer la biología, comportamiento y la distribución de la plaga con el fin de generar medidas de manejo que sean eficientes, en virtud de esto se plantearon los siguientes objetivos: Determinar molecularmente a la especie que se encuentra atacando el cultivo de higo y analizar el comportamiento, distribución altitudinal, preferencia de ataque y daños, finalmente evaluar la efectividad de atrayentes alimenticios para el monitoreo y detección oportuna de la mosca negra con el fin de tomar medidas preventivas que eviten las pérdidas de producción en el cultivo.

1.4 MATERIALES Y MÉTODOS

1.4.1 Trampeo.

El estudio se estableció en el municipio de Jantetelco, Tenango, Morelos (18°36'45.8"N, 98°44'59"N), en una huerta comercial de higo, la evaluación de los atrayentes se llevó a cabo en dos periodos: el primero del 30/03/2021 al 19/05/2021 y el segundo del 15/11/2021 al 19/12/2021, esto tomando en cuenta las fechas en donde se presentaba mayor cantidad de frutos y con el fin de probar dos diseños diferentes de trampas.

Las trampas utilizadas en ambos periodos fueron envases de plástico tipo cubeta de 1 L, con algunas modificaciones, para el primer periodo las trampas presentaron 3 hileras de orificios de 0.5 cm de diámetro, con una separación de 1.5 cm entre orificio, estas hileras se ubicaron en la parte superior del envase. En el segundo periodo se colocaron tiras adhesivas de color amarillo dentro del envase y todo el recipiente fue cubierto internamente con pegamento agrícola Stickem, además el número de orificios fue reducido y solamente se colocaron dos orificios de 0.8 cm por punto cardinal.

Los tratamientos se distribuyeron en un diseño en bloques completamente al azar, con cuatro repeticiones cada uno, se colocaron las trampas en la periferia de los árboles a 1 m de altura, procurando que estuvieran protegidas de la luz directa del sol, cada trampa se mantuvo una distancia de 20 m.

Tratamientos evaluados en el primer periodo: T1. Fermentado de higo (250 mL de fermentado), T2. Fermentado de piña (250 mL de fermentado), T3. Macerado vegetal (250 mL de macerado de hojas), T4. Proteína hidrolizada (10 mL de Atralat 360 + 10 g de borax + 235 mL de agua), T5. Jugo de piña (250 ml de jugo comercial marca del valle), T6. Torula (3 pastillas Ceratinex + 250 mL de agua) y T7. Testigo (250 mL de agua + jabón). Segundo periodo: T1. Hexanol (Dispensador con 2 mL de 1-hexanol grado técnico y 250 mL de agua + jabón en el fondo), T2. Jugo de piña (250 ml de jugo comercial marca del valle), T3. Fermentado de higo 250 mL de fermentado, T4. Proteína hidrolizada (10 mL de Atralat 360 + 10 g de borax + 235 mL de agua) y T5. Testigo (250 mL de agua + jabón)

1.4.2 Colecta de frutos

Se realizaron seis colectas para la determinación molecular y preferencia de ataque de *S. adipata* durante los meses de marzo a diciembre de 2021. Los muestreos fueron en huertos comerciales en los municipios de Jantetelco, Ocuituco, Axochiapan y Ayala en el estado de Morelos, y en plantas de traspatio en Ciudad Nezahualcóyotl, Estado de México. Se muestrearon frutos con síntomas de daño o bien en un punto próximo a maduración, el muestreo realizado fue en cinco de oros con el fin de tomar una muestra más homogénea en cada parcela, el tamaño de muestra en cada parcela fue de 30 a 120 frutos, las muestras se etiquetaron por localidad y fecha, y se trasladaron a una cámara de cría ubicada en el Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México, en donde se colocaron en recipientes de plástico de 30 x 40 cm con el fin de mantenerlos extendidos y evitar la proliferación de hongos, las condiciones de la cámara fueron una temperatura de $26 \pm 2^\circ\text{C}$, humedad relativa de $60 \pm 20\%$ y un fotoperiodo de 12:12 (luz: oscuridad).

1.4.3 Determinación taxonómica y molecular.

Se realizó la determinación filogenética en base a consulta en banco de genes de 10 especímenes obtenidos de frutos colectados en el municipio de Jantetelco, Morelos, mediante la extracción de ADN y ampliación por PCR. La extracción de ADN se realizó mediante el método CTAB al 2% y tampón de acetato de sodio (Doyle 1997). La

determinación morfológica se realizó en el Laboratorio de Entomología del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, en base a las claves de géneros y características de la especie (McAlpine 1956; MacGowan 2019).

1.4.4 Preferencia de ataque y daños.

En los huertos comerciales y traspatios se colectaron un total de 510 frutos, los cuales fueron separados individualmente en vasos de plástico del #4 con tapa previamente perforada, cada fruto fue medido en diámetro y largo mediante un vernier Pretul VER-6PX, posterior a esto se etiquetaron los vasos con número de fruto y lugar de colecta para llevar un control, los frutos se mantuvieron en observación diaria durante 15 días con el fin de observar el número de individuos emergidos y los daños que causaban en el fruto.

1.4.5 Distribución altitudinal

Para el análisis de la distribución altitudinal de la especie se muestrearon huertas comerciales de higo en los municipios del Estado de Morelos: Axochiapan (1030 msnm), Jantetelco (1190 msnm), Ayala (1250 msnm), Temoac (1583 msnm), Zacualpan de amilpas (1640 msnm), Ocuituco (1900 msnm) y Tetela del volcán (2040 msnm), en estos se realizó un muestreo en cinco de oros, tomando 5 árboles en cada punto, de cada árbol se tomaron frutos aleatoriamente sin tomar en cuenta la presencia de síntomas hasta completar una muestra de 100 frutos. En el Estado de México se muestrearon árboles de traspatio en: Huexotla (2200 msnm), Ciudad Nezahualcóyotl (2220 msnm), San Felipe (2246 msnm) y San Joaquín Coapango (2281 msnm)., en estos el método de muestreo fue tomar el número máximo de frutos posibles por árbol. Cada muestra tanto de huertas comerciales como traspatio fue colocada en bolsas de plástico transparente de 30.5 x 40.6 cm y se etiquetaron con fecha de colecta y lugar posteriormente, se disectaron cada uno de los frutos para observar la presencia e incidencia de la especie en cada una de las muestras recolectadas.

1.4.6 Análisis estadístico

Los datos originales se registraron en una bitácora física y posteriormente se capturaron en tablas de Excel de Windows y enseguida se transfirieron al sistema de análisis estadístico (SAS 2009). Para los datos de individuos capturados en el trapeo se realizaron la prueba de normalidad, homogeneidad de varianzas, análisis de varianza y comparación de medias (Tukey, $\alpha = 0.05$) en cada fecha. Para medir la preferencia de ataque se obtuvieron los promedios de diámetro, largo y número de larvas, analizados, mediante el Procedimiento CORR de SAS (SAS 2009), se realizó una correlación entre diámetro y largo con la variable de número de larvas por fruto. La correlación se probó mediante el coeficiente de correlación R de Pearson ($P < 0.05$).

1.5 RESULTADOS Y DISCUSION

1.5.1 Trapeo.

La captura de *S. adipata* fue muy baja en los dos periodos, siendo las mayores capturas de 1 mosca/trampa. En el análisis de varianza ($\alpha = 0.05$) para el promedio de capturas en cada fecha, no hubo diferencia significativa entre tratamientos. Al no haber diferencia significativa, todos los tratamientos tienen el mismo efecto estadístico de atracción (Cuadro 1 y 2). Las pruebas estadísticas demostraron que *S. adipata* no se siente atraída por atrayentes a base de frutos fermentados contrario a otras moscas de la fruta como la familia Tephritidae en donde el proceso de fermentación es un factor determinante en la capacidad de atracción (Malo 1992; Liedo 1997), en cuanto a la proteína hidrolizada y macerado vegetal se registraron resultados parecidos a Goncalves et al. (2008) quienes obtuvieron capturas máximas de 4 adultos por trampa, resultados similares fueron registrados por Singer, (2016).

Finalmente, del compuesto a base de hexanol se esperaba aumentara las capturas ya que ha sido probado específicamente para la especie en cuestión por Katsoyanos & Guerin, (1984), obteniendo capturas de hasta 60 moscas/trampa, sin embargo en nuestro experimento no fue así, por lo que esto se puede atribuir a distintos factores interfieren con la eficiencia de atracción; como las condiciones climáticas que difiere entre el área de estudio y la Isla de Chios, Grecia, por otra parte debido a que la huerta de estudio

llevaba un manejo de plagas, esto pudo reducir las poblaciones y evitar que cayeran en las trampas.

Cuadro 1. Capturas de *S. adipata* en huertas comerciales de higo en el municipio de Jantetelco, Morelos durante el periodo marzo-mayo 2021

Fecha de evaluación	Tratamientos						
	T1. Fermentado de higo	T2. Fermentado de piña	T3. Macerado vegetal	T4. Proteína hidrolizada	T5. Jugo de piña	T6. Torula	T7. Testigo
30/03/2021	0.5 _a	0 _a	0.5 _a	0 _a	0 _a	0.25 _a	0 _a
09/04/2021	0.75 _a	0 _a	0 _a	0.5 _a	0 _a	0.25 _a	0 _a
19/04/2021	0.25 _a	0 _a	0.75 _a	0 _a	0.25 _a	1 _a	0 _a
29/04/2021	0.5 _a	0 _a	0.25 _a	0 _a	0.25 _a	0.5 _a	0 _a
09/05/2021	0 _a	0 _a	0 _a	0 _a	0 _a	0.50 _a	0 _a
Promedio	0.4	0	0.4	0	0.1	0.5	0

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Cuadro 2. Capturas de *S. adipata* en huertas comerciales de higo en el municipio de Jantetelco, Morelos durante el periodo noviembre-diciembre 2021.

Fecha de evaluación	Tratamientos				
	T1. Hexanol	T2. Jugo de piña	T3. Fermentado de higo	T4. Proteína hidrolizada	T5. Testigo absoluto
20/11/2021	1 _a	0.50 _a	0.25 _a	0 _a	0 _a
30/11/2021	1 _a	0 _a	1 _a	0 _a	0 _a
10/12/2021	0.50 _a	0.50 _a	0.25 _a	0 _a	0 _a
19/12/2021	0.25 _a	0.25 _a	0.50 _a	0.25 _a	0 _a
Promedio	0.69	0.31	0.44	0.13	0

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

1.5.2 Determinación taxonómica y molecular.

La determinación de familia y género se realizó en base a las características descritas por MacGowan (2019), el cual menciona que la familia Lonchaeidae se caracteriza por presentar moscas acaliptradas de 3-6 mm de tamaño, con colores negros azulados o verdes metálicos, frente sin setas laterales y alas con celda costal notablemente ancha que provoca un abultamiento en la costa, para el género se basó principalmente en el

número de setas presentes en el Anepisternum el cual va de 3-4, y en la ausencia de franjas oscuras de setas en los calípteros.

Finalmente, para la especie se tomaron las características de la genitalia del macho el cual presenta edeago corto con surstilo mucho más claramente acanalado en la parte anterior y con margen dentado en la parte interna, además basifalo con espículas (McAlpine 1956).

El análisis filogenético confirmó que los especímenes procesados obtuvieron una coincidencia del 100% con *Silba adipata* voucher 8042622-LCO cytochrome oxidase subunit 1 (COI) gene, partial cds; mitocondrial, de las secuencias obtenidas en este estudio se depositaron 10 en la base de datos GenBank con los números de accesos: OM949828 al OM949837, ya que en el país no se encuentran registros de determinación molecular de la especie, las comparaciones se realizaron con secuencias dadas a conocer por Han & Ro (2016) en Corea y Wei et al, (2019) en China, para realizar el árbol filogenético se compararon las secuencias en la base de datos del NCBI (National Center for Biotechnology information)(Figura 1).

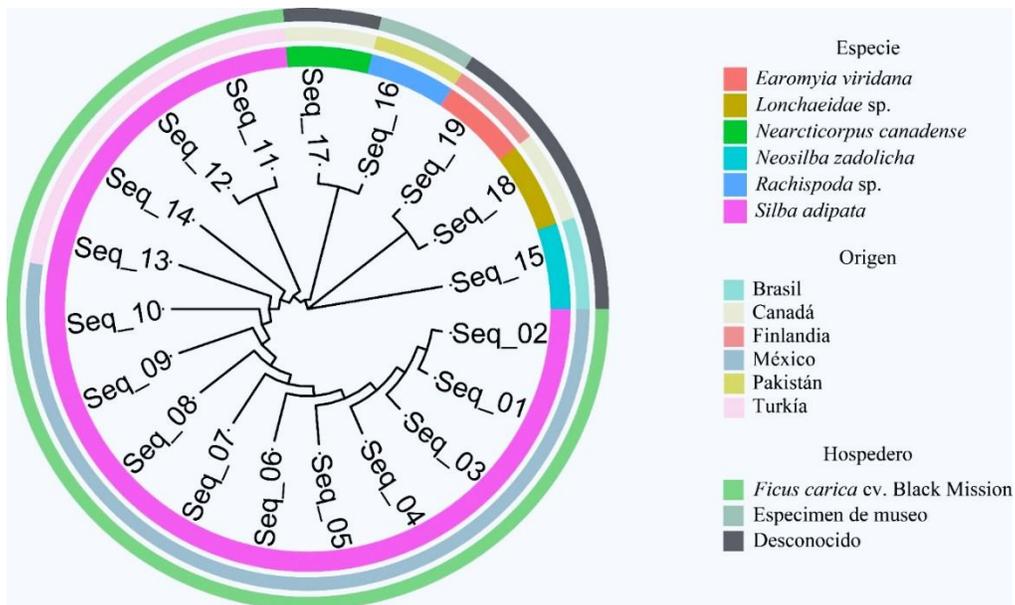


Figura 1. Árbol de consenso filogenético resultante de la inferencia bayesiana basada en secuencias parciales de ADN mitocondrial COI.

1.5.3 Preferencia de ataque y daños.

Con los datos obtenidos se pudo observar que la incidencia de ataque llego a un 90% en arboles de traspatio y un 83% en huertas comerciales, siendo el ataque en frutos preferentemente inmaduros con una edad media de 2.2 meses después de la emergencia de yemas fructificativas y con medidas de 2.7 a 3.5 cm de tamaño (Cuadro 3), todos los frutos atacados por la plaga fueron inmaduros lo cual concuerda con lo reportado por Silvestri (1917) y Katsoyannos (1983), quienes mencionan que el ataque de frutos se da principalmente en higos inmaduros, el porcentaje de incidencia es mucho mayor en la localidad de Nezahualcoyotl, Estado de México, esto puede explicarse ya que las muestras se tomaron de árboles de traspatio en donde no se lleva un manejo agronómico del cultivo.

Al realizar el análisis de correlación entre las variables estudiadas se obtuvo que existe una relación negativa entre el diámetro y largo respecto al número de larvas por fruto, con un valor de -0.28923 para el diámetro y -0.15742 para el largo, aunque los valores de la correlación no son tan marcados, se puede decir que el tamaño del fruto influye en el ataque de la especie (Cuadro 4).

En cuanto al comportamiento se observó que las hembras de *S. adipata* ovipositan en el ostiolo de frutos inmaduros, debajo de las escamas (Figura 2), el número de huevos por puesta puede variar de 1 a 3, además de que se observó que más de una hembra oviposita por fruto, posteriormente las larvas emergen y se introducen al fruto por el conducto ostiolar llegando al centro del fruto donde se comienzan a alimentar de las estructuras femeninas (estigmas y estilos), provocando que estos se tornen de un color café oscuro una vez que las larvas están más desarrolladas comienzan a dirigirse hacia la pared o receptáculo del fruto (sicono) en donde a su paso se alimentan de los pedúnculos, una vez en la pared comienzan a alimentarse haciendo galerías de 1 mm de diámetro finalmente la larva perfora la epidermis del fruto para crear un orificio de salida, dejando una perforación ya que generalmente salen del fruto y pupan en el suelo, pero hay ocasiones en que la larva pupa dentro del fruto, cuando esto sucede el individuo no llega adulto, todo esto concordando con lo mencionado por Drouet (2019), Silvestri (1917) y Katsoyannos (1983).

Los daños realizados por la larva en el fruto provocan la caída prematura de estos, por esto un manejo inadecuado puede tener grandes repercusiones en la producción ya que según Katsoyannos y Guerin, (1984) estimaciones del daño en el cultivo, pueden fluctuar entre 50 y 95%.

Cuadro 3. Características de frutos atacados por *S. adipata* en municipios del Estado de México y Morelos.

Sitio de colecta	N	Edad de Fruto (\bar{X})	Diámetro y Largo (\bar{X})	% de incidencia	# de larvas/fruto (\bar{X})
Cd. Nezahualcoyotl, Edo de México. 19°23'08.7" N 98°59'58.8"W	30 frutos	3 meses	2.6 cm, 3.86	90%	3.26
Jantetelco, Morelos (sitio 1) 18°36'34.2" N 98°45'04.5"W	120 frutos	2.5 meses	3 cm, 3.5 cm	54%	1.6
Jantetelco, Morelos (sitio 2) 18°36'45.8" N 98°44'59.0"W	100 frutos	2.5 meses	2.7 cm, 3.8 cm	38%	1.1
Ocuituco, Morelos 18°51'01.0" N 98°48'02.1"W	100 frutos	2 meses	2.7 cm, 3.8 cm	76%	1.4
Axochiapan, Morelos 18°33'31.2" N 98°45'46.9"W	60 frutos	1.5 meses	2.8 cm, 3.25 cm	81%	1
Xalostoc, Morelos 18°44'06.6"N 98°55'10.4"W	100 frutos	2 meses	2.8 cm, 3.3 cm	83%	1.93

Cuadro 4. Coeficientes de correlación de las variables diámetro y largo de frutos con respecto al ataque de *S. adipata*.

Coeficientes de correlación Pearson, N = 510			
	Diámetro	Largo	# de larvas/fruto
Diámetro	1.00000	0.35592 <.0001*	-0.28923 <.0001*
Largo	0.35592 <.0001*	1.0000	-0.15742 0.0004*

* Valor P ($\alpha=0.05$)

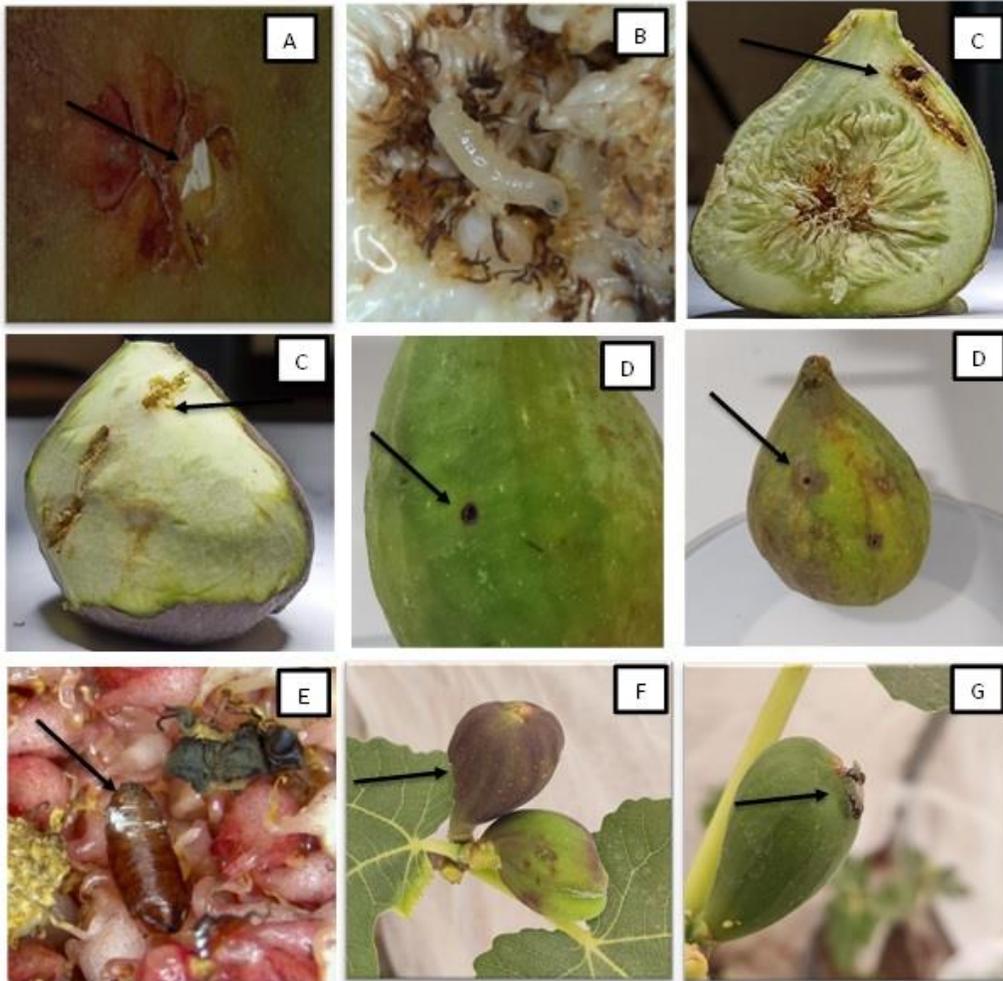


Figura 2. Comportamiento y daños de *S. adipata*. A) Huevos depositados en las escamas del ostiolo; B) Daño en estilos por alimentación de larvas; C) Galerías provocadas por la larva en la pared del fruto; D) Orificios de salida; E) Pupa dentro del fruto; F) Síntomas de daño en frutos y G) Oviposición de hembras en ostiolo.

1.5.4 Distribución altitudinal

Se confirmó la presencia *S. adipata* en todos los sitios de muestreo, por lo cual podemos afirmar que la especie se encuentra distribuida desde los 1030 hasta los 2246 msnm con temperaturas que pueden ir de los 16 a 24 °C (Cuadro 5), concordando con lo reportado por MacGowan, (2008) quien identifico especímenes en Israel en alturas que van de los 1000 a 2000 msnm. Por lo que, podemos aseverar que el nivel de altitud y la temperatura no es un factor determinante para el establecimiento de la plaga, esto puede ser ya que la especie presenta una gran capacidad de adaptación a las temperaturas como lo menciona Gonçalves et al. (2008).

Cuadro 5. Estatus de *S. Adipata* en diferentes localidades con base en la altitud

Sitio de colecta	Altitud	Temperatura promedio anual	Tamaño de muestra	Fecha de colecta	Estatus	Incidencia en frutos
Axochiapan, Morelos 18°33'31.2"N 98°45'46.9"W	1030 msnm	24 °C	100 frutos	05/08/2021	Presente	7%
Jantetelco, Morelos (sitio 1) 18°36'34.2"N 98°45'04.5"W	1190 msnm	22 °C	100 frutos	23/07/2021	Presente	31%
Jantetelco, Morelos (sitio 2) 18°36'45.8"N 98°44'59.0"W	1190 msnm	22 °C	100 frutos	23/07/2021	Presente	12%
Ayala, Morelos 18°44'06.6"N 98°55'10.4"W	1250 msnm	24 °C	100 frutos	05/12/2021	Presente	32%
Temoac, Morelos 18°46'22.4"N 98°47'47.4"W	1583 msnm	19.7 °C	60 frutos	28/03/2021	Presente	6%
Zacualpan de amilpas, Morelos 18°48'01.6"N 98°46'11.4"W	1640 msnm	19.7 °C	50 frutos	05/08/2021	Presente	15%
Ocuituco, Morelos 18°51'01.0"N 98°48'02.1"W	1900 msnm	21 °C	100 frutos	05/08/2021	Presente	12%
Tetela del volcán, Morelos 18°51'36.4"N 98°46'57.4"W	2040 msnm	20 °C	50 frutos	05/08/2021	Presente	16%
Huexotla, Texcoco, México 19°28'45.2"N 98°52'31.1"W	2200 msnm	16 °C	50 frutos	05/05/2021	Presente	40%

Sitio de colecta	Altitud	Temperatura promedio anual	Tamaño de muestra	Fecha de colecta	Estatus	Incidencia en frutos
Cd. Nezahualcóyotl, México. 19°23'08.7"N 98°59'58.8"W San Joaquín	2220 msnm	15.8 °C	50 frutos	16/07/2021	Presente	66%
Coapango, Texcoco, México. 19°32'37.6"N 98°48'56.0"W	2281 msnm	22 °C	50 frutos	05/05/2021	Presente	50%
San Felipe, Texcoco, México 19°30'24.5"N 98°53'40.9"W	2246 msnm	16 °C	50 frutos	05/05/2021	Presente	20%

CONCLUSIONES GENERALES

Se determino molecularmente a *Silba adipata* McAlpine como la especie asociada al cultivo de higo en el Estado de México y Estado de Morelos, dicha especie mostro una gran adaptación a su entorno al establecerse desde 1030 hasta los 2446 msnm, con temperaturas mínimas de 16°C, presentando mayor incidencia en huertos donde no se lleva a cabo un manejo agronómico.

S. adipata ataca principalmente higos inmaduros de 2.7 a 3.5 cm de tamaño y con una edad promedio de 2.2 meses posteriores a la aparición de yemas fructificativas, causando daños importantes al provocar que estos no completen su maduración y caigan al suelo.

En el periodo de estudio se registraron bajos niveles de captura, por lo que se sugiere ampliar el periodo de monitoreo para determinar la fluctuación poblacional de *S. adipata* y continuar con la evaluación de atrayentes que pudieran usarse en un futuro para el monitoreo oportuno de dicho insecto en huertas comerciales.

La información generada en esta investigación es muy valiosa para ser utilizada en programas de manejo de la mosca negra del higo.

LITERATURA CITADA

- Bautista, M, N., C. Illescas R., E. Lopez B., L. Velazquez M & C. Garcia A. 2017. Presence of Drosophilidae (Diptera: Ephydroidea) flies associated with fig fruits in Morelos, México. *Flor Entomol*, 100: 813-816.
- Bautista, M, N., R. Meraz A., J. M. Valdez C. & E. López B. 2021. Black Fig Fly, *Silba adipata* McAlpine, in Backyards of the State of Mexico. *Southwest Entomol*. 46:793-796.
- Drouet, F. 2019. *Silba adipata* McAlpine. 4 January 2020. (<http://www.silbaadipata.fr/index.html>)
- Doyle, JJ. 1997. DNA protocols for plants, In Hewitt G, Johnson AWB, Young JPW [eds.], *Molecular Techniques in Taxonomy*. NATO ASI Series H. Cell Biology 57. pp. 283–293
- Giliomee, J. H., E. Venter & M. Wohlfarter. 2007. Mediterranean black fig fly, *Silba adipata* McAlpine (Diptera: Lonchaeidae), recorded from South Africa. *Afr. Entomol*. 15(2): 383–384.
- Gonçalves M. A., I. Andrade, I. Almeida & M. C. Pica. 2008. Study of *Ceratitis capitata* and *Lonchaea aristella* on fig trees. *Acta Hortic*. 798:263–267.
- Han, H, Y., & K. Ro E. 2016. Molecular phylogeny of the superfamily Tephritoidea (Insecta: Diptera) reanalysed based on expanded taxon sampling and sequence data. *Revista de Sistemática Zoológica e Investigación Evolutiva*, 54(4), 276–288.
- Imbachi K., E. Quintero, M. Manrique and T. Kondo. 2012. Evaluación de tres proteínas hidrolizadas para la captura de adultos de la mosca del botón floral de la pitaya amarilla, *Dasiops saltans* Townsend (Diptera: Lonchaeidae). *Corpoica cienc. Tecnol. agropecu*. 13(2):159-156.
- Katsoyannos, B. I. 1983. Field observations on the biology and behavior of the black fig fly *Silba adipata* McAlpine (Diptera, Lonchaeidae) and trapping experiments. *Z. Angew. Entomol*. 95:471–476.
- Katsoyannos, B.I. & P.M. Guerin. 1984. Hexanol: a potent attractant for the black fig fly, *Silba adipata*. *Entomol. Exp. Appl*. 35: 71-74.
- Katsoyannos, B.I. 2009. Field observations on the biology and behavior of the black fig fly *Silba adipata* McAlpine (Diptera, Lonchaeidae), and trapping experiments. *J. App. Entomol*. 95: 471-476.
- Kogan M. 1998. Integrated pest management: historical perspectives and contemporary developments. *Annu. Rev. Entomol*. 43: 243-270.
- Liedo P.F. 1997. Bases teóricas y conceptos sobre trampeo y atrayentes. In *Curso regional sobre moscas de la fruta y su control en áreas grandes con énfasis en la técnica del insecto estéril* (1997, Metapa de Domínguez, Chiapas, MX), Pg. 121-

128. CICMF (Centro Internacional de Capacitación en Moscas de la Fruta) [Ed.] Memorias. México.
- MacGowan, I. & A. Freidberg. 2008. The Lonchaeidae (Diptera) of Israel, with descriptions of three new species. *Israel J. Entomol.* 38: 61-92.
- MacGowan, I. 2019. Lonchaeidae online. 6 January 2022. (<https://lonchaeidae.myspecies.info/>).
- Malo, E.A. 1992. The effect of bait decomposition on the capture of *Anastrepha* fruit flies. *Fla. Entomol.* 75: 272-274.
- McAlpine, J.F. 1956. Old World Lonchaeids of the genus *Silba* Macquart (= *Carpolonchaea* Bezzi) with descriptions of six new species (Diptera: Lonchaeidae). *Can. Entomol.* 9: 521-544.
- Pedigo, L. 1999. Entomology and pest management. Pg. 691. [3a ed.]. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall; Iowa State University.
- Perales, R, D., D. Guillen S., M. Valle P & R. Hernández P. 2021. Biological Effectiveness of Lures for Monitoring *Silba adipata* in Figs in Morelos México. *Southwest Entomol.* 40: 991-1000
- Pereira T. S. Q. 2019. Caracterização, fenologia e caprificação da figueira cultivar Dauphine e captura em massa de mosca-do-figo. Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Agronómica. Instituto Superior de Agronomia. Universidade Lisboa.
- Radonjić, S., S. Hrnčić & T. Perović. 2019. c. *Agron. Soc. Environ.* 23(1): 46-56.
- Rot, M., I. Žežlina, M. Jančar & G. Seljak. 2017. Black Fig Fly (*Silba adipata* McAlpine, 1956 Diptera: Lonchaeidae) Is Present Also In Slovenia. Zbornik predavanj in referatov 13. Slovenskega posvetovanja o varstvu rastlin z mednarodno udeležbo Rimske Toplice. 7. –8.
- SAS Institute. 2009. Statistical analysis system: getting started with the SAS learning. SAS Institute, Cary, NC.
- SIAP. 2020. Anuario estadístico de producción agrícola. 1 abril 2022. (<https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>).
- Silvestri, F. 1917. Sulla *Lonchaea aristella* Beck. (Diptera: Lonchaeidae) dannosa alle infiorescenze e fruttescenze del caprificio e del fico. *Bolletino del Laboratorio Zoologica Generale e Agraria della R.Scuola superiore d'agricoltura in Portici.* 12: 123-146.
- Singer, M. 2016. Ensayos de control de moscas *Lonchaea aristella* en un huerto de higueras (Resultados 2015). Técnica de arboricultura n° 2 del 02/02/2016. *Sud & Bio / CIVAM bio* 66. Pp.?

- Smith, R. H. 2016. *Silba adipata* McAlpine. The Hebrew University of Jerusalem. 23 January 2022. (http://www.agri.huji.ac.il/mepests/pest/Silba_adipata/).
- Tutmuş, E. 2013. Determination of distribution, population fluctuations and damage density of *Silba adipata* McAlpine (= *Lonchaea aristella* Becker) (Diptera: Lonchaeidae) in fig orchards in Aydin. Pg. 44. M.Sc. Thesis, Department of Plant Protection.
- Wei, L., X. Miaofeng., L. Ruosi., Q. Yongbing., L. Li. 2019. First interception of black fig fly, *Silba adipata* McAlpine, in Zhuhai port. [Plant Quarantine](#). 4: 33-36.