

COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

PROGRAMA DE POSTGRADO EN FITOSANIDAD

ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA

TRAMPAS Y ATRAYENTES ALIMENTICIOS PARA LA DETECCIÓN Y MANEJO DE *Zaprionus indianus* GUPTA (DIPTERA: DROSOPHILIDAE) EN HIGO EN INVERNADERO

LUCIA JAIROTH VELÁZQUEZ MORENO

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

MAESTRA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

2017

CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y DE LAS REGALIAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACION

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, el que suscribe Lucia Jairoth Velázquez Moreno, Alumno (a) de esta Institución, estoy de acuerdo en ser partícipe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta institución, bajo la dirección del Profesor Néstor Bautista Martínez, por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis Trampas y atrayentes alimenticios para la detección y manejo de Zapionus indianus Gupta (Diptera: Drosophilidae) en higo en invernadero. y de los producto de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre el colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, El Consejero o Director de Tesis y el que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Montecillo, Mpio. de Texcoco, Edo. de México, a 29 de noviembre de 2017


Firma del
Alumno (a)

Vo. Bo. del Consejero o Director de Tesis

La presente tesis titulada: **Trampas y atrayentes alimenticios para la detección y manejo de *Zaprionus indianus* (Diptera: Drosophilidae) en higo en invernadero** realizada por la alumna: **LUCIA JAIROTH VELÁZQUEZ MORENO** bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:


MAESTRA EN CIENCIAS

FITOSANIDAD

ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO



DR. NÉSTOR BAUTISTA MARTÍNEZ

ASESOR



M.C. JORGE MANUEL VALDEZ CARRASCO

ASESOR



M.C. OSCAR MORALES GALVÁN

Montecillo, Texcoco, Estado de México, noviembre de 2017

**TRAMPAS Y ATRAYENTES ALIMENTICIOS PARA LA DETECCIÓN Y MANEJO
DE *Zaprionus indianus* GUPTA (DIPTERA: DROSOPHILIDAE) EN HIGO EN
INVERNADERO**

**Lucía Jairoth Velázquez Moreno, M. en C.
Colegio de Postgraduados, 2017**

RESUMEN

Zaprionus indianus Gupta (Diptera: Drosophilidae) es una especie invasiva de origen africano, su primer reporte en el continente americano fue en Brasil y actualmente se ha distribuido por varios países hasta llegar a Norteamérica. Generalmente esta especie es considerada como una plaga secundaria u oportunista de frutos de varias especies botánicas, sin embargo su importancia radica en que se comporta como plaga primaria al afectar frutos de higo. En México el higo ha tomado relevancia debido a la apertura de mercados de exportación, principalmente a Estados Unidos, Canadá y algunos países europeos, por lo que la superficie sembrada de este cultivo se ha incrementado en los últimos años. En el estado de Morelos, productores de higo variedad Netzahualcóyotl, reportaron pudriciones prematuras de frutos sin saber la causa de del daño. Mediante análisis previos se identificó la presencia de *Z. indianus*. La presente investigación tuvo como objetivo 1) generar información relacionada a la identificación de *Z. indianus* y los daños que provoca en higo y 2) evaluar un sistema de trampeo para el monitoreo de este drosófilido en condiciones de invernadero. Los resultados mostraron que existen tres especies de drosófilidos incidiendo en los frutos de higo, las hembras de *Z. indianus* ovipositan en el margen del ostiolo de frutos de diversos estados de maduración. Las otras especies encontradas fueron *Drosophila suzukii* y *Drosophila melanogaster* aunque los datos sugieren que se comportan como plagas oportunistas. En lo relacionado al trampeo, se evaluó la atracción de cuatro cebos alimenticios (jugo de higo, vinagre de manzana, vino y jugo de piña comercial) así como la efectividad de captura de cuatro diseños de trampas cebados con el mejor atrayente. El jugo de piña resulto ser significativamente el mejor tratamiento en comparación con los demás, aunque por otro lado, los diseños de trampas evaluados no mostraron diferencias estadísticas en la captura.

Palabras clave: Mosca africana del higo, trampeo,

**TRAPS AND FOOD ATTRACTANTS FOR DETECTION AND MANAGEMENT OF
Zaprionus indianus GUPTA (DIPTERA: DROSOPHILIDAE) IN FIG IN GREENHOUSE**

**Lucía Jairoth Velázquez Moreno, M. en C.
Colegio de Postgraduados, 2017**

ABSTRACT

Zaprionus indianus Gupta (Diptera: Drosophilidae) is an invasive species of African origin, its first report in the Americas was in Brazil and has now been distributed in several countries to reach North America. Generally this species is considered as a secondary or opportunistic pest of fruits of several botanical species, however its importance lies in that it behaves as a primary pest when affecting fig fruits. In Mexico, the fig has become relevant due to the opening of export markets, mainly to the United States, Canada and some European countries, so that the area sown with this crop has increased in recent years. In the state of Morelos, producers of fig Netzahualcóyotl variety, reported premature fruit rots without knowing the cause of the damage. Through previous analyzes, the presence of *Z. indianus* was identified. The objective of this research was 1) to generate information related to the identification of *Z. indianus* and the damage it causes in fig and 2) to evaluate a trapping system for the monitoring of this drosophila under greenhouse conditions. The results showed that there are three species of drosophilae affecting the fig fruits, the females of *Z. indianus* oviposit in the margin of the oyster of fruits of different stages of maturation. The other species found were *Drosophila suzukii* and *Drosophila melanogaster* although the data suggest that they behave as opportunistic pests. In relation to trapping, the attraction of four food baits (fig juice, apple cider vinegar, wine and commercial pineapple juice) was evaluated, as was the effectiveness of capturing four designs of baited traps with the best attractant. The pineapple juice turned out to be significantly the best treatment in comparison with the others, although on the other hand, the trap designs evaluated did not show statistical differences in the capture.

Key words: African fig fly, trapping.

DEDICATORIA

A mi hija Abril Jairoth por ser la luz en mi camino, a mi mamá Lina Moreno por todo el amor y el apoyo en todo momento, por sus palabras de aliento y aquellas que corrigen mi andar; a mi hermano... Gustavo porque siempre estar ahí.

A mi familia tíos, primos y sobrinas, por ser la gran alegría en mi vida siempre!

A todos ellos... Gracias.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el apoyo económico para realizar mis estudios de Maestría.

Al Colegio de Posgraduados y al Posgrado en Fitosanidad, por brindarme la oportunidad de pertenecer a su comunidad.

Al Dr. Néstor Bautista Martínez, al M.C. Jorge Manuel Valdez Carrasco y al M.C. Oscar Morales Galván por su apoyo incondicional, el tiempo, las sugerencias, aportaciones y el impulso constante en esta travesía.

Al Sr. Joaquín Peña y al Ing. Guillermo Lira Sandoval, por la oportunidad y las facilidades de desarrollar la investigación en esa unidad de producción.

Al Dr. José Concepción Rodríguez por su apoyo, comprensión y palabras de inspiración y reflexión conmigo.

Al Dr. Carlos Patricio Illescas Riquelme, por las sugerencias y aportaciones a esta investigación, por las exigencias y los ratos de inspiración.

A mis compañeros y amigos: Rosi Quezada, Josefina, Luz Nery, Cecilia, Manuel T., Anayely, Lauro, Gonzalo, Javier Z., Carlos y Ángel Bravo., porque compartimos y enriquecimos muchas ideas; a Martita, Alfredo, Silvia e Iliana por sus lindas atenciones y apoyo.

A estas lindas y distinguidas personas: Alejandra Y., Tanya, Gabriela C., Alejandra M., Marisela, Yolanda, Marcia, Alma Cristina, Alma, Guillermo, Alba, Víctor de la Cruz, David S. R., y Ángel A. R., por su amistad, cariño y apoyo en esta y muchas ocasiones más.

CONTENIDO

RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTOS	vii
LISTA DE FIGURAS	ix
INTRODUCCIÓN	¡Error! Marcador no definido.
REVISION DE LITERATURA	1
CAPITULO 1. OCURRENCIA DE MOSCAS DROSOPHILIDAE ASOCIADAS CON FRUTOS DE HIGO EN MORELOS, MÉXICO.....	9
1.1.- Introducción	9
1.2.- Materiales y métodos	10
1.3.- Resultados y Discusión	10
CAPITULO 2. TRAMPAS Y ATRAYENTES ALIMENTICIOS PARA LA DETECCIÓN Y MANEJO DE <i>Zaprionus indianus</i> (DIPTERA: DROSOPHILIDAE) EN HIGO EN INVERNADERO.....	14
2.1.- Introducción	14
2.2.- Materiales y métodos	15
2.3.- Resultados	19
2.4.- Discusión.....	22
LITERATURA CITADA	23

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.- Drosophilidae asociados con frutos de higo. *Zaprionus indianus*, hembra (A) y macho (B); *Drosophila suzukii* hembra (C) y macho (D); *Drosophila melanogaster* hembra (E) y macho (F).

Figura 2.- *Zaprionus indianus* en frutos de higo. (A) Grupo de huevos de *Z. indianus* en el ostiolo de higo; (B) Frutos de higo susceptibles a la deposición de huevos de *Z. indianus*; (C) huevo de *Z. indianus* (izquierda) y *Drosophila melanogaster* (derecha).

Figura 3.- Tipos de trampas evaluadas; A) T1 (Trampa para *Drosophila suzukii*), B) T2 (Trampa botella), C) T3 (Trampa de cono inverso) y D) T4 (Trampa tipo cilindro).

Figura 4. Capturas medias (\pm ES) de *Z. indianus* en la evaluación de atrayentes. Jugo de piña (JP), jugo de higo (JH), vinagre (VG), vino blanco (VN), agua simple natural (AN).

Figura 5. Captura media de *Z. indianus* en la evaluación de atrayentes; jugo de piña (JP), jugo de higo (JH), vinagre (VG) y vino blanco (VN), comparados con agua potable (AN).

Figura 6. Captura media diaria de *Z. indianus* registrado en la evaluación comparativa de jugo de piña natural (JPN) y jugo de piña comercial (JPC).

REVISION DE LITERATURA

Higuera (*Ficus carica* L.)

El origen del higo (*Ficus carica* L, Moraceae) hasta el momento no está bien definido, Condit (1947) y Zukovskij (1950) mencionan que es nativo del occidente de Asia, probablemente del sur de Arabia, por otro lado Khoshbakht y Hammer (2006) creen que pertenece a la parte oriente del mar mediterráneo incluyendo a Turquía e Irán, debido a que en esa zona existen mayor número de especies de higos silvestres. Es uno de los primeros árboles frutales cultivados. En las dietas mediterráneas se caracterizaba por una ingesta abundante de esta fruta (Solomon et al., 2006).

Clasificación del higo

A nivel taxonómico la higuera se encuadra en la siguiente clasificación:

Reino :	<i>Plantae.</i>
División:	<i>Magnoliophyta.</i>
Clase:	<i>Magnoliopsida.</i>
Orden:	<i>Urticales</i>
Familia:	<i>Moraceae.</i>
Género:	<i>Ficus</i> L.
Especie:	<i>Ficus carica</i> L.

Generalidades del higo

La higuera es una árbol de porte medio caducifolio y generalmente de un solo tronco, la copa se ramifica abundantemente, su desarrollo es rápido y el crecimiento es lento, la madera es de baja consistencia y muy quebradiza, en cada parte dañada se produce látex que es irritante a la piel de las personas; un árbol maduro mide de 3 a 10 m, dependiendo de la variedad (Stover, et al. 2007).

La higuera posee un fruto cóncavo piriforme o cilíndrico, hueco en el interior y con una abertura apical, el ostiolo, protegido por las brácteas del osteolar y brácteas oclusivas (Vázquez, 1981), dentro del fruto se localizan las flores distribuidas internamente en la base del pedicelo las masculinas, después las femeninas y las hermafroditas abortivas alrededor del ostiolo (Stover, et al. 2007).

Se conocen cuatro tipos de higueras dependiendo del cultivo y las necesidades de polinización: los persistentes o partenocárpicas, también conocidos como “higos comunes”, que no requieren de la polinización; los no persistentes tipo Smyrna y tipo San Pedro que requieren polinización y presentan dos cosechas, la “breva” o temprana y la principal; y finalmente los caprifigs que son la fuente de polen para plantaciones de higos no persistentes (Solomon, et al. 2006; Stover, et al. 2007).

La polinización (en variedades no partenocárpicas) es realizada por una avispa *Blastophaga psenes* L. (Hymenoptera: Agaonidae) que ha coevolucionado con la higuera, de manera que el desarrollo biológico de ambas especies está sincronizado para que las dos subsistan (Vázquez, et al. 1981; Stover, et al. 2007). El fruto o sicono contiene centenas de drupas individuales que se desarrollan a partir de las flores femeninas que originan semillas; este se forma por una piel oscura y algo dura, una corteza interior blanca y la pulpa que es dulce, gelatinosa y grumosa (Stover, et al. 2007). Se puede identificar a las variedades de higo cultivada por la forma de las hojas, vigor de la planta, color interno y externo de la fruta, contenido de azúcares (grados brix), acidez, forma del fruto, grosor de la piel, pilosidad, características de la semilla, diámetro del ostiolo y duración de la producción (Stover, et al. 2007).

En California, E. U. A. y en otros países han existido programas de mejoramiento genético, con el fin de prescindir de la polinización y reducir la abertura del ostiolo; para que de esta manera se disminuyan los riesgos de contaminación que repercuten en la inocuidad y que disminuyen la vida de anaquel del fruto (Stover et al., 2007).

Principales plagas que afectan la higuera

A nivel mundial, se reportan diversos organismos plagas que afectan diferentes estructuras (raíces, tallos, hojas y frutos) de la higuera, sin embargo, las plagas de mayor impacto son aquellas que afectan al fruto en el proceso de maduración, cosecha y post cosecha, como es caso de la podredumbre rosa del fruto causada por *Fusarium moniliforme* pv. *Fici*, considerada la más importante en California, debido a que ocasiona pérdidas que van del 30 % al 50 % (Ferguson et al. 1990, Stover et al. 2007) y la mosca rayada el vinagre o también conocida como la mosca Africana del higo (*Zaprionus indianus* Gupta 1970), originaria de sudeste de África y reportada en Brasil en 1999 ocasionando pérdidas de hasta el 50 % (Stein et al., 2003; Svedese et al. 2012).

En México se han reportado plagas como *Cyclocephala lunulata*, (Moron, 1999; Lugo-García, et al. 2014) en la raíz; *Chrysobothris analis*, *Chrysobothris disticta* (Westcott et al., 1989; López-Martínez et al., 2015), *Sphaenothecus trilineatus*, (Toledo et al., 2002; López – Martínez et al., 2015), *Azochis gripusalis* (Bautista et al., 2003), *Anelaphus piceum* y *Eutrichillus comus* (López-Martínez et al., 2015) en ramas y tallos. En ramas y troncos se puede encontrar a *Trachyderes mandibularis* (López- Martínez et al., 2015) y las hojas pueden ser afectadas por *Tetranychus urticae* y *Tetranychus cinnabarinus* (Cibrián et al., 1995).

Producción mundial y nacional de higo

A nivel mundial el cultivo de la higuera se ha distribuido por todo el mundo, sin embargo los principales productores son los países de las cuencas mediterráneas, el norte de África y Eurasia (FAOSTAT). Sin embargo para el caso de América, Estados Unidos ocupa el séptimo lugar en producción mundial y Brasil se posiciona en la posición número nueve, con un volumen de producción de 30 mil y 28 mil toneladas para el año 2014, respectivamente.

De acuerdo a los datos mundiales de la FAO la producción supera el millón de toneladas anuales, aproximadamente más de la mitad se produce en Turquía y Egipto, siendo los principales países productores, para el año 2014 Turquía alcanzó las 300 mil toneladas y Egipto generó 176 mil toneladas de frutos. Argelia y Marruecos ocuparon el tercer y cuarto lugar en producción mundial, respectivamente (FAOSTAT).

En México, la producción de frutos de higo ha sido principalmente en huertos familiares para autoconsumo, con mínima comercialización en mercados rurales (Macías-Rodríguez *et al.* 2013).

De acuerdo con datos de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (2015b) los principales estados productores de higo son Morelos, Baja California Sur, Puebla e Hidalgo, con una producción estimada de poco más de seis mil toneladas en 1 450 has del cultivo y un valor de producción de alrededor de 65.7 millones de pesos y un rendimiento promedio nacional de 5 ton ha⁻¹ (SIAP, 2017).

Familia Drosophilidae.

Drosophilidae es un familia perteneciente al grupo Acalyptrata dentro de la superfamilia Ephydroidea (McAlpine, 1989). Esta familia se encuentra conformada por alrededor de 3000 especies agrupadas en al menos 60 géneros de los cuales el más abundante es el género *Drosophila* (Wheeler, 1987).

Las larvas de este grupo de insectos presentan hábitos alimenticios muy variados, la mayoría se alimentan de microorganismos que se desarrollan en fruta dañada o materia en descomposición y algunas otras pueden alimentarse de néctares de las flores o de sabia en heridas de plantas y árboles, algunas otras especies son minadoras de hojas, parásitas depredadoras de otros insectos y algunas otras, principalmente *Drosophila*, son utilizadas en la investigación por la gran facilidad de criarlas en laboratorio (Wheeler, 1987).

Los adultos son moscas de tamaño moderado de 1 a 6 mm de largo, poseen ojos de color rojo brillante y cuerpo de color amarillo a marrón y hasta negro, generalmente presentan patrones de manchas o bandas en el tórax o abdomen e incluso en ambos; por general las alas son hialinas, pero pueden presentar áreas más oscuras u oscurecerse en su totalidad; rara vez se llega a presentar dimorfismo sexual y de ser caso se observan diferencias en el tamaño del cuerpo, forma de la

cabeza, marcas en las alas o presentarse rasgos sexuales secundarios accesorios en las patas delanteras (Wheeler, 1987).

Los huevos de los drosófilidos pueden o no presentar filamentos respiratorios, que pueden ser de uno a diez, dependiendo de la especie; las larvas son de color blanco opaco y dos pares de espiráculos uno anterior y otro posterior, éstos últimos pueden distinguirse por una coloración oscura a negra. La pupa se oscurece de color ámbar a marrón conforme avanza su desarrollo y los espiráculos tanto anteriores como posteriores se observan prominentes y a menudo alargados (Wheeler, 1987).

Clasificación taxonómica de *Zaprionus indianus* Gupta 1970

Clasificación Taxonómica

Dominio: Eukaryota

Reino: Metazoa

Phylum: Artrópoda

Subphylum: Uniramia

Clase: Insecta

Orden: Diptera

Familia: Drosophilidae

Género: *Zaprionus*

Especie: *Zaprionus indianus*

Generalidades de *Zaprionus indianus*

Zaprionus indianus, es nativa de África, el este medio y el sur de Eurasia (Chassagnard y Kraaijeveld, 1991; Bachli 1999). Su primer registro en el continente americano fue en Brasil (Vilela, 1999) y posteriormente en Uruguay, Panamá, Estados Unidos, Argentina y México (Goñi et al., 2001; Soto et al., 2006; Van der Linde et al., 2006; Castrezana, 2007).

Zaprionus indianus, pasa por cuatro etapas de desarrollo huevo, larva (3 estados larvales), pupa y adulto; el cambio de larva (L3) a pupa se lleva a cabo principalmente durante la mañana y los adultos emergen entre el día 4 y 6 después de este cambio, aunque la mayoría sucede en el día 5, las hembras emergen antes que los machos; la relación poblacional entre hembras y macho natural es balanceada 1:1 (Matavelli, *et al.*, 2013)

El rango de temperaturas óptimo para el desarrollo de *Z. indianus* es entre los 14 y 32°C, ya que por encima de los 33° C es letal y a 25 ° C es la temperatura de desarrollo ideal con un fotoperiodo de 12:12 o 14: 10 (luz oscuridad) (Karan y David, 1999) en el cual se ha desarrollado estudios post embrionarios (Matavelli, *et al.* 2013)

Descripción morfológica

El huevo es elongado de color cristalino lechoso de aproximadamente 0.5 mm de largo, presenta de células pentagonales y hexagonales en el corion con bordes ligeramente proyectados (apariencia reticulada) y se caracteriza por la presencia en la región anterior de cuatro filamentos que presentan aerópilos en toda su longitud y el micrópilo que solo tiene un orificio en su interior (Matavelli et al., 2013).

La larva de primer instar es color amarillo de 12 segmentos, en cada segmento presenta espinas intersegmentales de forma triangular de diferentes tamaños, en la región cefálica posee un par de antenas, un parpo maxilar complejo y algunas espinas cerca de la cavidad bucal ganchos bucales y sencilas que rodean la cabeza mayormente visibles ventralmente; en ésta etapa de desarrollo únicamente se observan los espiráculos posteriores rodeados por pelos espiraculares bien desarrollados en su máximo desarrollo llegan a medir 1.6 mm; la de segundo instar presenta algunas diferencias morfológicas, como las espinas intersegmentales más cortas y de forma dentada, en la región cefálica las antenas son más notorias, los espiráculos anteriores son visibles y bien desarrollados, tienen un orificio rodeado por una depresión y en los posteriores se observa un orificio compuesto de hendiduras rodeadas de pelos respiratorios, ambos bien desarrollados; la

región posterior del cuerpo está cubierta de espinas y algunos tubérculos robustos de punta estrecha, llegan a medir hasta 4 mm. La de tercer instar tiene los segmentos bien marcados por las espinas intersegmentales que son pequeñas pero de diferentes tamaños y dirección, en la región cefálica desarrollada por completo con los ganchos bucales, el palpo maxilar y los espiráculos anteriores; los tubérculos que cubren la parte posterior del cuerpo están dispuestos en grupos de tres y los tubérculos espiraculares son evidencia de desarrollo avanzado al observarse una abertura redondeada por seis rendijas y tres papilas, la máxima longitud que alcanza es de 6 mm; y finalmente la pupa es de color amarillo claro que se oscurece conforme avanza su desarrollo hasta llegar a color marrón oscuro, la región anterior es más grande que la posterior, los espiráculos anteriores se modifica en filamentos con 9 ramificaciones espiraculares redondeadas y los posteriores se localizan en el extremo distal más estrecho; el integumento se caracteriza por la presencia de espinas triangulares, llegan a medir hasta 3 mm (Matavelli et al., 2013).

Aunque se puede observar y describir el desarrollo postembrionario, las características morfológicas y sus modificaciones; las relaciones de crecimiento obtenidas mediante el método propuesto por Dyar no son tan fieles como se piensa (Gaines y Campbell, 1935, Hutchinson *et al.* 1997 y Matavelli et al. 2013), por lo que no pueden ser utilizados para la identificación de especies en base a estados inmaduros.

En adultos las se puede apreciar la presencia de 4 a 6 espinas compuestas por dos ramas cortas en los fémures anteriores (característica del grupo vittiger), la presencia de dos franjas blanco-plateadas de bordes negros y estrechas que conservan su grosor a lo largo y escutelo de un solo color, abdomen de color amarillo claro homogéneo; setas subapicales del cuarto y quinto tergito abdominal surgen de unas manchas oscuras (Gupta, 1970; Renkema, *et al.* 2013).

Estatus fitosanitario de *Zaprionus indianus*

Hasta el momento en México *Z. indianus* no está considera como reglamentada, ni cuarentenada, ni de riesgo; tampoco en los Estados Unidos de América y Canadá en donde fue reportada en 2005 (NAPPO, 2006) y 2013 respectivamente (Renkema, *et al.* 2013; CEFIA, 2017); tomando en consideración que son los principales socios comerciales e importadores de higo fresco

de México. Sin embargo, se encuentra en el listado de alertas de la EPPO (Organización Europea y Mediterránea de Protección a las Plantas, por sus siglas en inglés) con el objetivo de advertir a los productores de que pudiera ser de riesgo y establecerse medidas de restricción (EPPO, 2017).

CAPITULO 1. OCURRENCIA DE MOSCAS DROSOPHILIDAE ASOCIADAS CON FRUTOS DE HIGO EN MORELOS, MÉXICO

1.1.- Introducción

El higo (*Ficus carica* L.) es nativa del occidente de Asia, probablemente del sur de Arabia (Condit 1947; Zukovskij, 1950) o bien de la parte oriente del mar mediterráneo incluyendo a Turquía e Irán, debido a que en esa zona existen mayor número de especies de higos silvestres (Khoshbakht y Hammer 2006).

Fue introducido a América por los españoles en 1520 y su cultivo se fue expandiendo principalmente en países de Norteamérica (Crisosto et al., 2010). En México, la producción de frutos de higo ha sido principalmente en huertos familiares para autoconsumo, con mínima comercialización en mercados rurales (Macías-Rodríguez et al. 2015). Actualmente, la demanda de este fruto se ha incrementado, sobre todo por la apertura de mercados extranjeros como Estados Unidos y Canadá, lo que ha ocasionado el aumento de la superficie sembrada.

Actualmente, la demanda de este fruto se ha incrementado, sobre todo por la apertura de mercados extranjeros como Estados Unidos y Canadá, lo que ha ocasionado el aumento de la superficie sembrada. De acuerdo con datos de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (2015) los principales estados productores de higo son Morelos, Baja California Sur, Puebla e Hidalgo, con una producción estimada de poco más de seis mil toneladas y un valor de producción de alrededor de 48.8 millones de pesos.

En 2015 se abrió el mercado de exportación de higo a Estados Unidos, lo cual impulsó el incremento de la superficie plantada de este cultivo. SENASICA ha registrado una superficie de 23 huertos de higo con una superficie de 63 has en Morelos y tres huertos de 33.5 hectáreas en Puebla (SAGARPA 2015 c). También se exporta a países Asiáticos y a Alemania. Ya sea en fruto fresco o en pulpa para la elaboración de dulces.

En el estado de Morelos, la variedad Nezahualcóyotl ha cobrado importancia entre los productores, ya que posee frutos partenocárpicos, que no necesitan insectos polinizadores y es

cultivada de manera intensiva en condiciones de invernadero. Una de las ventajas de este sistema de producción es la disminución del ataque de plagas al cultivo, lo que implica una reducción en los costos de manejo, sin embargo, productores de higo del estado de Morelos, México, reportaron pudriciones prematuras de frutos que fueron aumentando en número con el paso del tiempo.

Con base en la problemática anterior el objetivo inicial de la presente investigación y que dio pauta para iniciar el presente proyecto fue conocer el agente causal de las pudriciones de frutos de higo variedad Nezahualcóyotl con producción en invernadero en el estado de Morelos.

1.2.- Materiales y métodos

Durante los meses de septiembre a diciembre de 2016, en el municipio de Temoac, Morelos, se realizaron colectas de frutos maduros y sobremaduros en plantaciones comerciales de higo (18°46'20.9"N y 98°47'35.7"W, 1564 msnm) variedad Nezahualcóyotl en condiciones de invernadero. Los frutos se confinaron de manera individual en contenedores de polietileno con capacidad de 1L (9 cm de diámetro inferior, 14 cm de altura y 12 cm de diámetro superior), cubiertos por tela de organza y llevados al laboratorio de Entomología Agrícola, del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Los insectos adultos que emergieron, se identificaron mediante las claves de McAlpine (1981), Markow y O'Grady (2006) y Yassin and David (2010).

1.3.- Resultados y Discusión

En total se colectaron 1,313 moscas adultas de la familia Drosophilidae. Las especies identificadas fueron la mosca africana del higo *Zaprionus indianus* Gupta (n=1,024) (Fig. 1A y 1B), la mosca del vinagre de alas manchadas *Drosophila suzukii* Matsumara (n=31) (Fig. 1C y 1D) y la mosca del vinagre *Drosophila melanogaster* Meigen (n=258) (Fig. 1E y 1F). Los adultos de *Z. indianus* emergieron de los frutos maduros y sobremaduros mientras que *D. suzukii* y *D. melanogaster* emergieron solo de los frutos con madurez avanzada, por lo que se consideran secundarias u oportunistas.

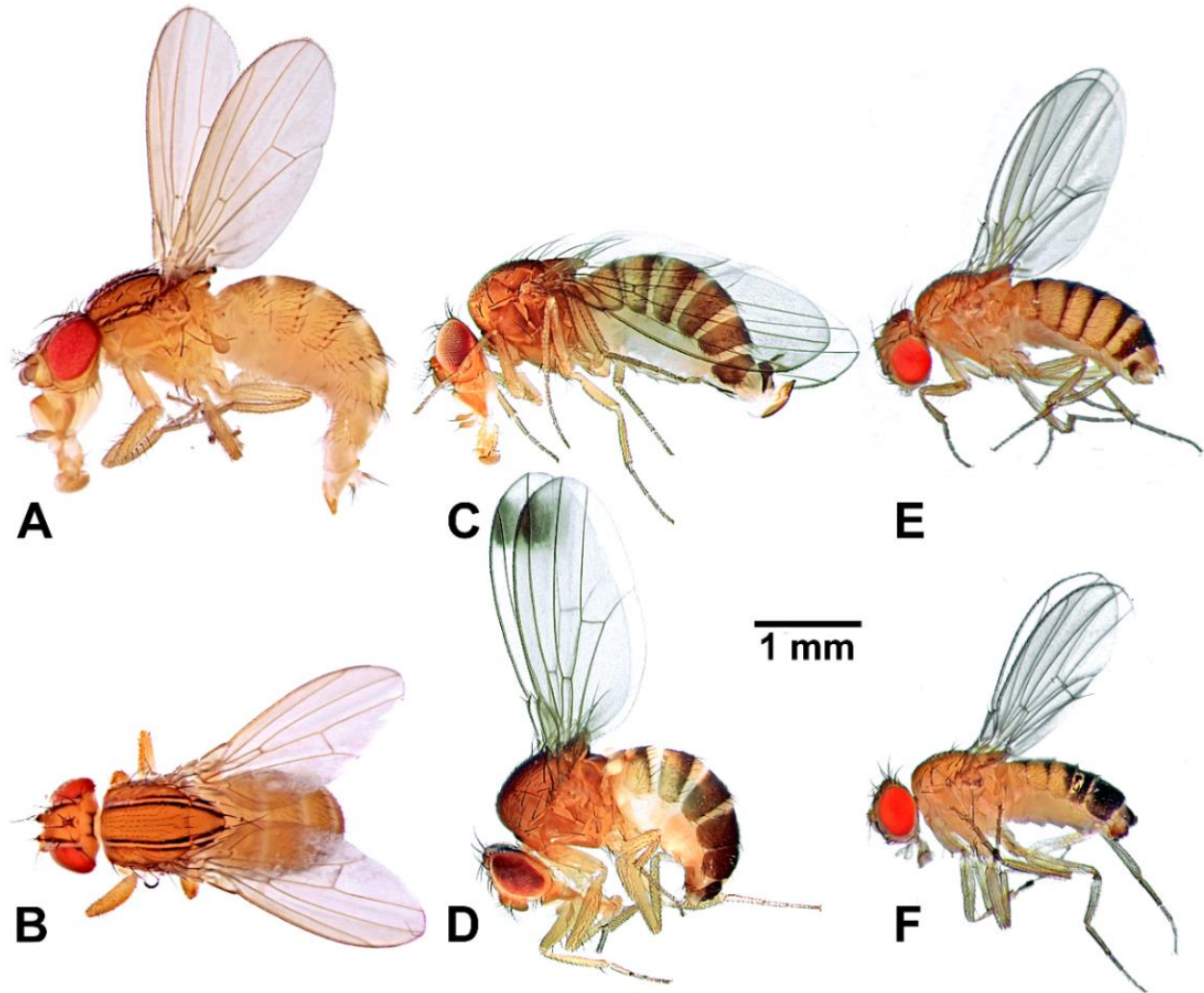


Figura 1.- Drosophilidae asociados con frutos de higo. *Zaprionus indianus*, hembra (A) y macho (B); *Drosophila suzukii* hembra (C) y macho (D); *Drosophila melanogaster* hembra (E) y macho (F).

Zaprionus indianus, es nativa de la región sub-Sahara de África (van der Linde et al. 2006), donde no es considerada como una plaga importante. El primer reporte de esta especie en América fue en Sao Paulo, Brasil en frutos de higo (Vilela et al. 1999) donde llegó a causar pérdidas del 40 al 50% de la producción y fue ahí donde se le otorgó el nombre de african fig fly (Stein et al. 2003; Svedese et al. 2012). En México este díptero se detectó por primera ocasión en el año 2002 en el estado de Chiapas, posteriormente se reportó en los estados de Michoacán, Estado de México,

Sinaloa, Sonora, Baja California Sur, Oaxaca, Nayarit, Sonora, Guanajuato, Querétaro y Veracruz (Castrezana, 2007; Markow et al. 2014; Lasa y, 2015), siendo este el primer reporte de la presencia de esta especie en Morelos incidiendo en frutos de higo.

Las moscas adultas de género *Zaprionus*, suelen distinguirse fácilmente por la presencia de un par de bandas longitudinales de color blanco o plateado que van desde la cabeza hasta el margen posterior del scutellum (Fig. 1B) y otro par de bandas laterales a los lados del pronoto. (Yassin y David 2010).

Las hembras ovipositan en el margen del ostiolo, donde posteriormente los huevos eclosionan y penetran al interior del fruto. Se observó que las moscas entran y salen constantemente por esta abertura natural del higo, lo que sugiere que esta actividad la realizan con fines de alimentación y refugio (Fig. 2).

Drosophila melanogaster, posee una distribución cosmopolita, y se cree que esta especie es originaria de la región afrotropical (Lachaise et al. 1988; David y Capy 1988). Las larvas de esta especie se asocian principalmente a material vegetal en proceso de descomposición, Cha et al. (2014) mencionan que los adultos son atraídos por compuestos volátiles liberados por la fermentación de los frutos.

Drosophila suzukii, es una especie endémica del sudeste de Asia, considerada como una plaga invasiva alrededor del mundo (Walsh et al. 2011), a diferencia de otras especies del género, las hembras tienen preferencia por frutos sanos maduros y poseen un aparato ovipositor

esclerosado y aserrado característico de la especie con el cual causan daño físico en el hospedante (Hauser 2011; Walsh et al. 2011). Hasta el momento, no había sido reportada esta especie en frutos higo en México.

De acuerdo con nuestras observaciones, *Z. indianus* representa una plaga importante en las plantaciones de higo de la zona, debido a los daños causados en los frutos y a los posibles problemas de comercialización que se originen por su presencia. *D. susukii* y *D. melanogaster* en cambio, se detectaron como insectos oportunistas, probablemente atraídos por los volátiles liberados por los frutos sobremaduros, aprovechando el libre acceso por el ostiolo y los daños en la epidermis.

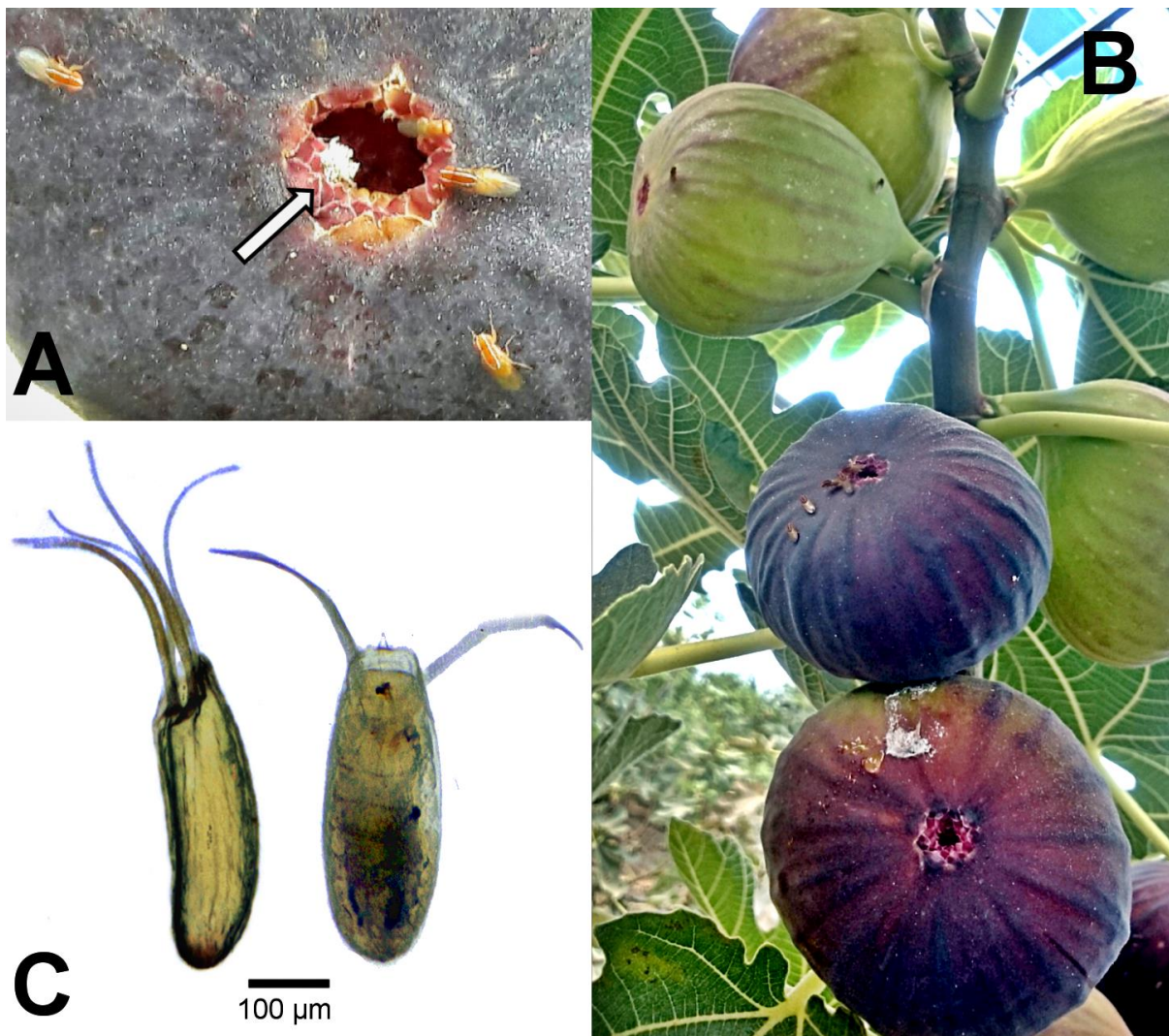


Figura 2.- *Zaprionus indianus* en frutos de higo. (A) Grupo de huevos de *Z. indianus* en el ostiolo de higo; (B) Frutos de higo susceptibles a la deposición de huevos de *Z. indianus*; (C) huevo de *Z. indianus* (izquierda) y *Drosophila melanogaster* (derecha).

Conforme avanza el desarrollo de las larvas de *Z. indianus* en el interior del fruto, éste entra en proceso de fermentación, lo que propicia la incidencia y establecimiento de *D. melanogaster* y en menor cantidad de *D. suzukii*, por lo que se pueden desarrollar las tres especies de drosófilidos.

Al observar los huevos de las moscas ovipositados dentro en los frutos, podemos separar a nivel de géneros, ya que se diferencian por el número de filamentos o tubos respiratorios. Los huevos de *Zaprionus* poseen cuatro filamentos y los de *Drosophila* únicamente dos (Figura 2C), lo cual es también mencionado por (Matavelli et al., 2013).

CAPITULO 2. TRAMPAS Y ATRAYENTES ALIMENTICIOS PARA LA DETECCIÓN Y MANEJO DE *Zaprionus indianus* (DIPTERA: DROSOPHILIDAE) EN HIGO EN INVERNADERO

2.1.- Introducción

En México, *Zaprionus indianus* Gupta (Diptera: Drosophilidae) fue detectado por primera ocasión en el año 2002 en el estado de Chiapas (Castrezana, 2007) y actualmente se ha diseminado por gran parte del país en los estados de Oaxaca, Michoacán, Veracruz, Nayarit, Querétaro, Sinaloa, Guanajuato, Estado de México, Sonora y Morelos (Castrezana, 2007; Markow et al. 2014; Lasa & Tadeo 2015; Bautista-Martínez et al. 2017 (En prensa)).

Este drosófilido puede desarrollarse en una amplia gama de hospedantes de diferentes familias botánicas (Lachaise y Tsacas, 1983; Yassin y David, 2010), aunque generalmente incide en frutos sobre maduros o en proceso de descomposición.

Zaprionus indianus es nativa del continente africano, donde no es considerada una plaga, sin embargo al introducirse a América y en particular en Brasil provocó pérdidas estimadas de

alrededor del 40% al 50% en la producción de higo (*Ficus carica*) (Stein et al., 2003; Svadese et al., 2013). Actualmente, en México esta mosca se encuentra afectando la producción de frutos de higo como una plaga primaria. Las hembras ovipositan en el borde del ostiolo de frutos en diversos estados de desarrollo o directamente en su interior cuando el ostiolo es lo suficientemente grande para que puedan acceder (Bautista et al., 2017), posteriormente las larvas se alimentan de la pulpa y sus excretas contaminan los frutos acelerando su pudrición.

La problemática anterior hace que la detección y monitoreo de *Z. indianus* sea una labor importante para implementar medidas de manejo integrado. Existen algunos trabajos relacionados con la atracción y trapeo de *Z. indianus*, por ejemplo, Pasini et al., (2011), evaluaron la respuesta de soluciones a base de *F. carica*, *Psidium guajava* y *Butia capitata*, por otro lado Epsky et al., (2014) mencionan efectiva la atracción ejercida por mezclas de vino y vinagre de arroz o de ácido acético con etanol. Otros autores mencionan la captura de *Z. indianus* en trampas utilizadas para *D. susukii* (Cha et al., 2011)

La información que se tiene hasta el momento en relación al trapeo de la mosca del higo es escasa y es necesario realizar mayor investigación para poder implementar medidas de manejo.

En el presente estudio reportamos los resultados de tres experimentos en condiciones de invernadero donde comparamos 1) la efectividad de cuatro cebos en la atracción de *Z. indianus* mediante una trampa utilizada comúnmente para la detección de *Drosophila susukii*, 2) la atracción de *Z. indianus* hacía jugo de piña natural y comercial y 3) la efectividad de captura de cuatro diseños de trampas cebadas con el mejor atrayente obtenido del primer experimento.

2.2.- Materiales y métodos

Área de estudio

Los experimentos se realizaron en dos plantaciones de higo variedad Nezahualcoyotl de 2 años de edad establecidas en condiciones de invernadero con superficies de 2800 y 1000 m², ubicadas en la localidad de Temoac, Estado de Morelos (18°46'19.2"N; 98 ° 47 ° 33.2"O, 1,562 msnm).

Evaluación de atrayentes alimenticios

El experimento se estableció en la plantación de 2800 m². Las trampas utilizadas fueron elaboradas con recipientes de plástico (polietileno) transparente con capacidad de 1L (9 cm de diámetro inferior, 14 cm de altura y 12 cm de diámetro superior), con ocho orificios de 5 mm de diámetro dispuestos a una distancia de 3.5 cm entre cada uno y a una altura de 7 cm de la base (Figura 3A), misma que es utilizada para detección y monitoreo de la mosca del vinagre de alas manchadas (*Drosophila suzukii*) (SAGARPA-SENASICA, 2014).

Los tratamientos evaluados fueron: 1) Jugo de piña comercial (JP) (JUMEX®), 2) Jugo de higo natural (JH) (15 higos maduros obtenidos del cultivo, (900 g aprox.), sin pedicelo, macerados en 400 ml de agua potable, colados mediante una tela para reducir la presencia de sólidos y aforado a 1500 ml); 3) Vinagre de manzana comercial (VM) (La Costeña®), 4) Vino blanco (VN) (Valle Redondo CALIFORNIA®) y 5) Agua potable (AP) (testigo).

En cada trampa se colocaron 200 ml de atrayente (tratamiento); cada trampa (unidad experimental) se ubicó al centro de una parcela experimental de 96 m² (12 X 8 m) a 150 cm del suelo. Cada tratamiento tuvo cinco repeticiones distribuidas en un diseño en bloques al azar, haciendo un total de 25 unidades experimentales.

La evaluación se realizó durante seis semanas, del 9 de noviembre al 21 de diciembre de 2016. Cada semana las trampas se revisaron para recolectar los insectos capturados y se colocaron en frascos con alcohol al 70%, al mismo tiempo se les realizó el mantenimiento a las trampas y se sustituyó el atrayente. Después de cada evaluación los tratamientos se aleatorizaron nuevamente.

Evaluación de la atracción de jugo de piña natural y comercial

El experimento se estableció en el invernadero de 1,000 m². Los tratamientos a evaluar fueron jugo de piña comercial (JPC) [JUMEX®] y jugo de piña natural (JPN) [700 g de pulpa licuada con 500 ml de agua potable, colados mediante un tela para reducir en lo posible la presencia de sólidos y se aforó a 1000 ml].

Las trampas utilizadas fueron las mismas que en el experimento anterior (Trampas para *D. suzukii*) cebadas con 200 ml de cada tratamiento. Cada tratamiento tuvo tres repeticiones y se distribuyeron en un diseño en bloques completos al azar. Las trampas se colocaron al centro de una parcela experimental de 30 m² (10 X 3 m) suspendidas a 150 cm del suelo

El experimento inició el 12 de febrero de 2017 y se terminó hasta que se deshidrató por completo el líquido atrayente, teniendo una duración de 20 días (03 de marzo de 2017). La toma de datos del número de insectos capturados se realizó cada 24 horas alrededor de las 9 am.

Evaluación de diseños de trampa

Se evaluaron cuatro diseños de trampa (tratamientos) (Figura 3): Trampa tipo 1 (T1) (Figura 3A): fue el mismo diseño utilizado en la evaluación de atrayentes (Trampa para *Drosophila suzukii*). Los demás diseños se realizaron a partir de botellas de polietileno con capacidad de 600 ml, utilizadas para contener bebida gaseosa sabor cola. Trampa tipo 2 (T2, tipo botella) (Figura 3B): a la botella se le hicieron dos orificios de ocho mm de diámetro en el tercio superior (similar al modelo propuesto por Pasini y Link, (2011) para el trampeo de *Z. indianus*); Trampa tipo 3 (T3, tipo embudo inverso) (Figura 3C): a la botella se le cortó el embudo a los 17 cm de altura, el cual se colocó de manera inversa dentro de la base; Trampa tipo 4 (T4, tipo cilindro) (Figura 3D): la botella fue cortada a 17 cm de altura formando un recipiente cilíndrico con capacidad de 450 ml.

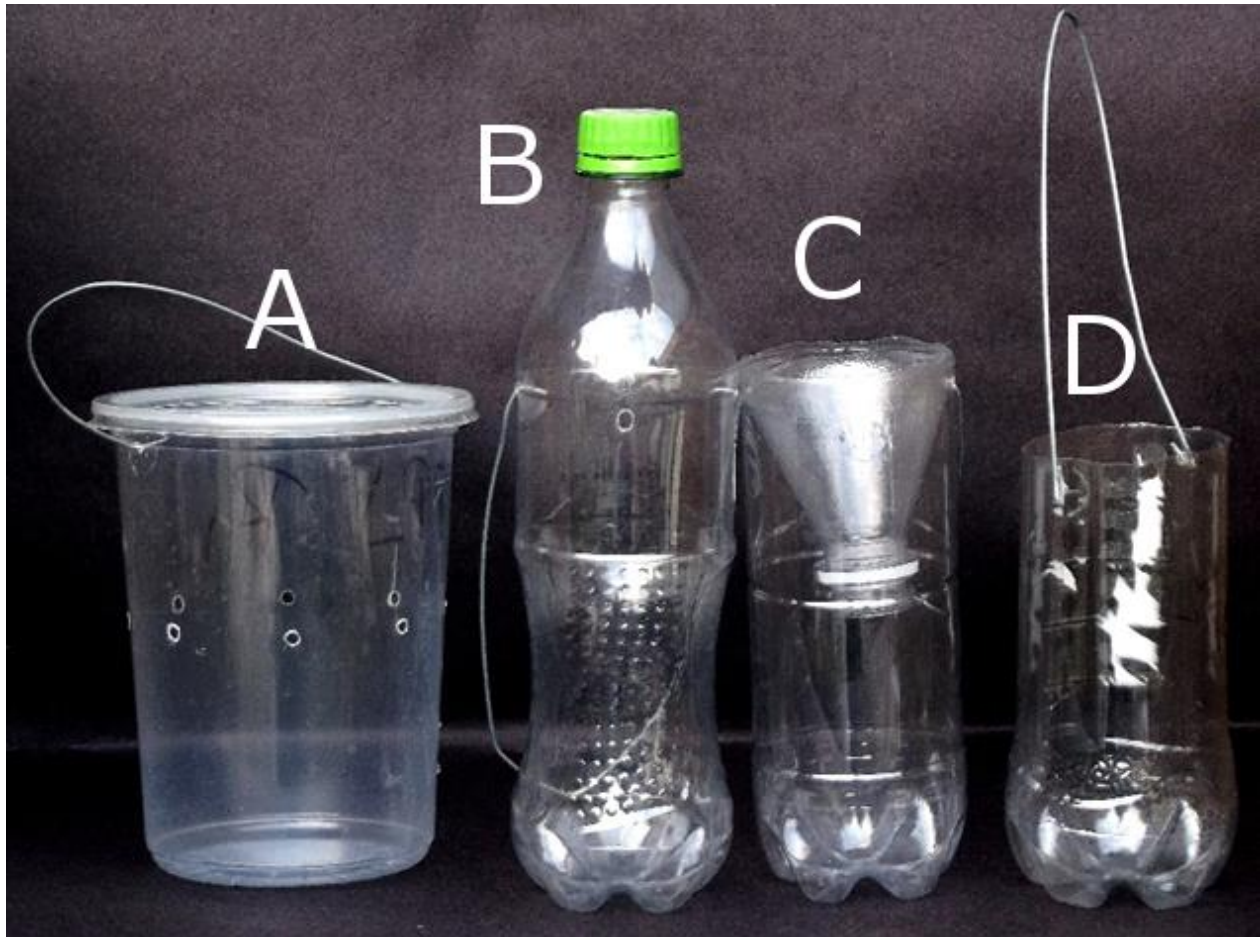


Figura 3.- Tipos de trampas evaluadas; A) T1 (Trampa para *Drosophila suzukii*), B) T2 (Trampa botella), C) T3 (Trampa de cono inverso) y D) T4 (Trampa tipo cilindro).

Cada tratamiento (diseño) tuvo cuatro repeticiones distribuidos en un diseño de bloques al azar durante un periodo de 10 semanas. Las trampas fueron cebadas con el mejor atrayente obtenido en el primer experimento. Cada trampa fue ubicada al centro de una parcela experimental de 150 m² (15 X 10 m) a 150 cm del suelo.

El experimento se estableció en el mismo invernadero utilizado en la primera evaluación del 10 de febrero al 24 de marzo de 2017. Al igual que en el experimento anterior, las trampas fueron revisadas semanalmente, al mismo tiempo se procedió a cambiar lo atrayentes y posteriormente se realeatorizaron los tratamientos.

Procesamiento de las muestras y análisis de datos.

En el laboratorio se cuantificaron los *Z. indianus* y otros dorsofílidos capturados por cada tratamiento. La aleatorización de tratamientos se realizó mediante R Project 3.3.0 2016 (The R Foundation for Statistical Computing) y el análisis estadístico para evaluar el efecto de tratamientos, se realizó mediante regresión Poisson usando el modelo lineal generalizado mixto (PROC GLIMMIX), la comparación de efectos de tratamientos se realizó mediante contrastes ortogonales. Para conocer la proporción sexual de *Z. indianus* en cada experimento, se realizaron pruebas de T pareadas (PROC TTEST) con SAS Studio University Edition 2.3 9.4 M3 (2012-2016, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA), respetando el nivel de significancia de $\alpha= 0.05$.

2.3.- Resultados

Atrayente alimenticios

En la evaluación de atrayentes alimenticios, se colectaron en total 1,612 insectos, de los cuales 1, 452 fueron *Z. indianus*, en una proporción sexual 1:1 (716 hembras y 736 machos) ($\Pr>|t|= 0.5863$). Nuestros resultados mostraron que hubo diferencias significativas entre las capturas de los tratamientos ($\Pr<0.0001$) (Figura 4). Del contraste de los tratamientos se observó que el jugo de piña comercial fue el tratamiento que registró capturas significativamente mayores (A, $\bar{X}=23.4$), seguido del vinagre de manzana (B, $\bar{X}=13.5$). El jugo de higo y el vino blanco estuvieron en tercer lugar sin presentar diferencias significativas entre ellos (C, $\bar{X}=6.3$ y $\bar{X}=5.2$, respectivamente). Finalmente el agua fue el tratamiento cuyas capturas registradas fueron mínimas (D, $\bar{X}= 0.1$).

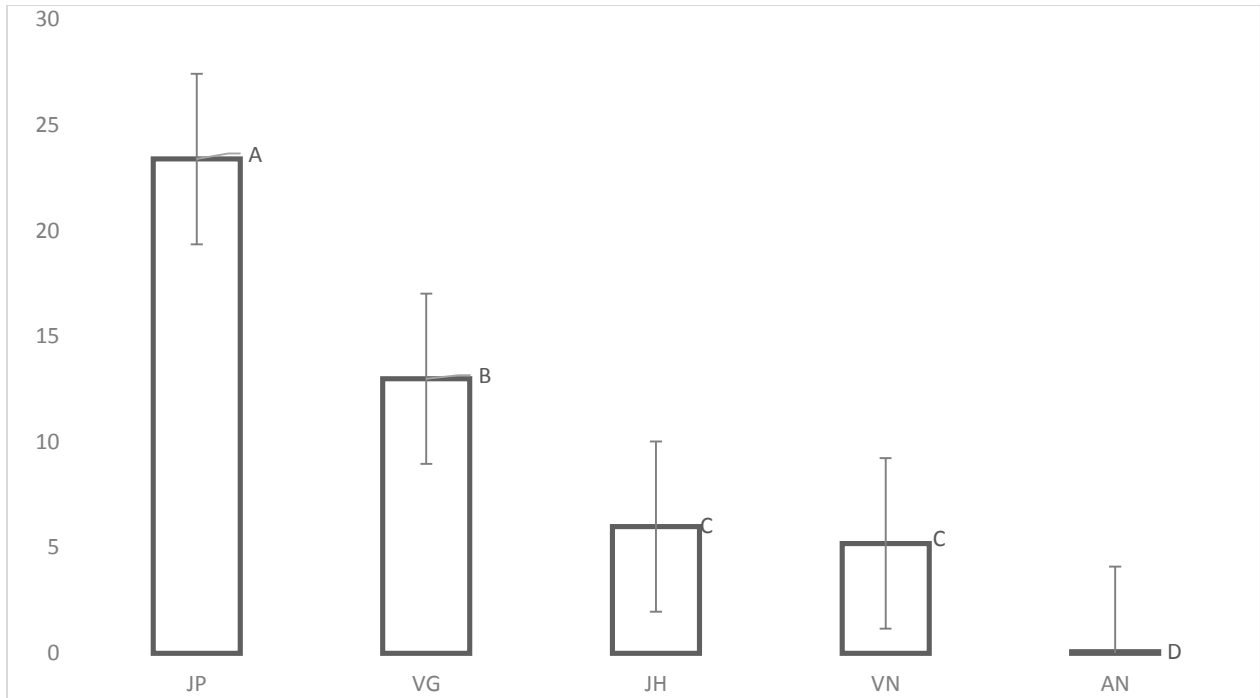


Figura 4. Capturas medias (\pm ES) de *Z. indianus* en la evaluación de atrayentes. Jugo de piña (JP), jugo de higo (JH), vinagre (VG), vino blanco (VN), agua simple natural (AN).

En la siguiente gráfica (Figura 5) se muestran las capturas medias de *Z. indianus* por tratamiento de cada evaluación.

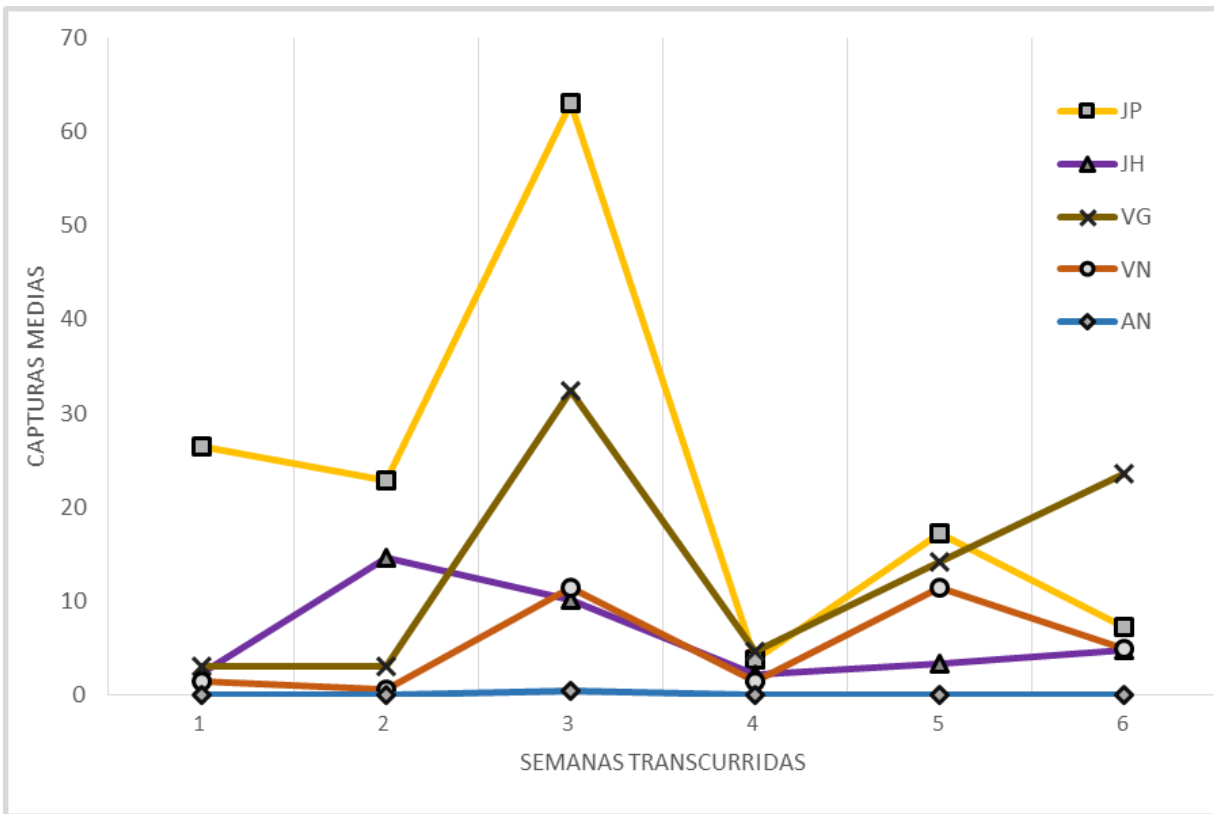


Figura 5. Captura media de *Z. indianus* en la evaluación de atrayentes; jugo de piña (JP), jugo de higo (JH), vinagre (VG) y vino blanco (VN), comparados con agua potable (AN).

Comparación de la atracción entre jugos de piña natural y comercial

En la evaluación comparativa del jugo de piña natural (JPN) y comercial (JPC), fueron capturados 2,074 insectos en total, de los cuales 252 fueron *Z. indianus* (119 hembras y 133 machos) y 1 822 insectos no objetivos, pertenecientes a los grupos Hymenoptera, Coleoptera y Lepidoptera; no se registró preferencia significativa de algún sexo en particular ($Pr > |t| = 0.5863$).

Se observó que el jugo de piña procesado registra capturas significativamente mayores de *Z. indianus* (Fig. 6) respecto al jugo de piña natural ($X=55$ $Pr < 0.0001$ y $X=28$, respectivamente). En la misma gráfica podemos apreciar que las capturas de *Z. indianus* solo se obtienen durante los primeros 6 días después de colocado el atrayente en el sitio.

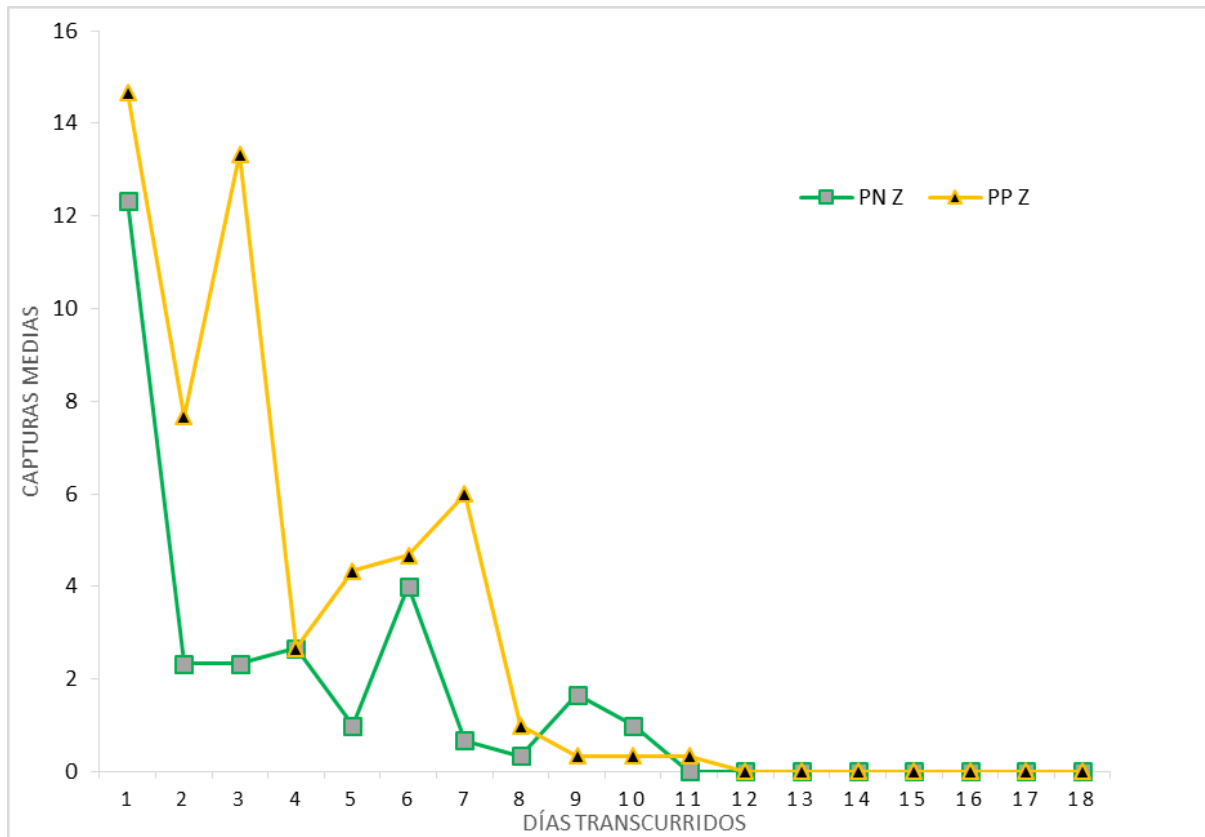


Figura 6. Captura media diaria de *Z. indianus* registrado en la evaluación comparativa de jugo de piña natural (JPN) y jugo de piña comercial (JPC).

Diseño de trampas

En la evaluación de los cuatro tipos de trampas, se colectaron 7,156 insectos, de los cuales 6,858 fueron *Z. indianus*, en una proporción sexual de 1:1 (3,600 hembras y 3,258 machos) ($Pr > |t| = 0.25$). No se presentaron diferencias significativas entre los diseños de trampas evaluados, ($Pr > 0.9485$), por lo tanto los datos sugieren que el tipo de trampa no influye en la cantidad de *Z. indianus* capturados con el uso de jugo de piña procesado para el trampeo en condiciones de invernadero.

2.4.- Discusión

Nuestros resultados mostraron que el mejor tratamiento para la atracción de *Z. indianus* fue el jugo de piña comercial, en comparación con el vinagre de manzana, jugo de higo y vino blanco. Varios autores mencionan que la combinación de vinagre más vino ejercen una alta atracción de adultos del drosófilido en comparación con los con los tratamientos por separado (Cha et al 2014; Epsky et al 2014), sin embargo en este experimento no realizamos mezclas de atrayentes. Estudios posteriores mediante mezclas serán necesarios para conocer si la piña o las mezclas de vino más vinagre son mejores atrayentes. Pasini et al (2011) por otro lado evaluó la respuesta de *Z. indianus* a soluciones de frutos de higo, guayaba y la palma *Butia capitata*, determinando que la solución de higo en 50% de agua fue la mejor. A diferencia de los resultados anteriores, en contraste el higo no ejerció una buena atracción sobre *Z. indianus*.

El jugo de piña procesado [JUMEX®] puede ser utilizado como atrayente alimenticio para la captura de *Z. indianus*, el periodo de efectividad es de alrededor de 8 días, por lo que se recomienda realizar el cambio del atrayente y mantenimiento de las trampas cada 7 días, para garantizar la eficiencia del sistema de trapeo.

Entre los diseños de trampas evaluados obtuvimos resultados sin diferencias estadísticas entre los tratamientos, por lo que se sugiere que *Z. indianus* no tienen ningún problema con el acceso al interior de la trampa. Sin embargo detectamos que entre más amplió esté la entrada del recipiente, habrá un mayor número de insectos no objetivo capturados. Por lo tanto podemos recomendar hasta el momento que se utilice la trampa de botella cebada con jugo de piña comercial.

LITERATURA CITADA

- Bautista M. N., L. M. Hernández F., y C. Llanderal C. 2003. Insectos de Importancia Agrícola Poco Conocidos en México. Colegio de Postgraduados. Publicación especial No. 1. México 33 p.
- Bautista-Martínez, N., C. P. Illescas-Riquelme, E. López-Bautista, L. J. Velázquez Moreno, C. J. García-Ávila. 2017. Presence of Drosophilidae (Diptera: Ephydroidea) flies associated with fruits in Morelos, México. Fla. Entomol. (En prensa).

- Castrezana S. 2007. New records of *Zaprionus indianus* Gupta, 1970 (Diptera: Drosophilidae) in North America and key to identify some *Zaprionus* species deposited in the Drosophila Tucson Stock Center. *Drosophila information Service* 90: 34-36.
- CEFIA. 2017. List of Pests Regulated by Canada. In: Canadian Food Inspection Agency. [fecha de consulta 27 de junio de 2017] disponible en <<http://www.inspection.gc.ca/plants/plant-pests-invasive-species/pests/regulated-pests/eng/1363317115207/1363317187811#z>>
- Cha, D. H., M. A. Gill, N. D. Epsky, C. T. Werle, J. J. Adamczyk , and P. J. Landolt. 2014. From a non-target to a target: identification of a fermentation volatile blend attractive to *Zaprionus indianus*. *J. App. Entomol.* doi: 10.1111/jen.12164.
- Cibrián T. D., Méndez M. J. T., Campos B. R., Yates III H .O., y Flores L. J. 1995. Insectos forestales de México. 1ra. ed. Universidad Autónoma Chapingo. No. 6. México. 453 p.
- Condit, I. J. 1947. The Fig. *Chronica Botanica Co.*, Waltham. 222 pp.
- Crisosto, C. H., V. Bremer, L. Ferguson, and G. M. Crisosto. 2010. Evaluating quality attributes of four fresh fig (*Ficus carica* L.) cultivar harvested at two maturity stages. *HortScience*. 45: 701-710.
- David, J. R., and P. Capy. 1988. Genetic variation of *Drosophila melanogaster* natural populations. *Trends Genet.* 4:106-111.
- EPPO, 2017. EPPO Alert List. In: European and Mediterran Plant Protecction Organization. [fecha de consulta 27 de junio de 2017] disponible en linea <<https://www.eppo.int/DATABASES/pqr/pqr.htm>>
- Epsky, N. D., M. A. Gill, D. H. Cha, and P. J. Landolt, 2014. Trapping the African fig fly (Diptera: Drosophilidae) with combinations of vinegar and wine. *Fla. Entomol.* 97: 85–89
- FAO, 2017. FAOSTAT Food and agriculture data. In Food and Agriculture Organization of United Nations. [en línea] [fecha de consulta 6 de mayo de 2017] disponible en <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>
- Fernández-Rubio, F. 1999. Artrópodos productores de reacciones hiperérgicas; por picadura alimentaria (hematófagos) pp. 72-86. In: Artrópodos y salud humana. Monografía No. 1; Ciencias aplicadas 275 p.
- Ferguson, L., T. J. Michailides and H. H. Shorey. 1990. The California Fig industry. *Hort. Rev.*

Amer. Soc. Hort. Sci. 12:409–490 p.

Gottschalk M. S., L. Bizzo, J. Döge, M. Profes, P. Hoffmann, and V. Valente. 2009. *Drosophilidae* (Diptera) associated to fungi: differential use of resources in anthropic and Atlantic Rain Forest areas. *Iheringia, Sér. Zool.*, Porto Alegre, 99: 442-448.

Goñi, B., P. Fresia, M. Calviño, M. J. Ferreiro, V. L. S. Valente, and L. D. Silva. 2001. First record of *Zaprionus indianus* Gupta, 1970 (Diptera, *Drosophilidae*) in southern localities of Uruguay. *Drosoph. Inf. Serv.* 84: 61–65.

Hauser, M. 2011 A historic account of the invasion of *Drosophila suzukii* (Matsumura) (Diptera: *Drosophilidae*) in the continental United States, with remarks on their identification. *Pest Manag. Sci.* 67: 1352–1357.

Hutchinson, J. M. C. and J. M. MacNamara; A. I. Houston and F. Vollrath. 1997. Dyar's Rule and the investment principles; optimal moulting strategies if feeding rate is size dependant and grow is discontinuo. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biol. Sci.* 352: 113-118.

Kambysellis, M. P. 1993. Ultrastructural diversity in the egg chorion of Hawaiian *Drosophila* and *sacptomyza*; ecological and phylogenetic considerations. *Int. J. Insect Morphol. Embryol.* 22:2-4.

Karan, D., Moreteau, B., & David, J. R. (1999). Growth temperature and reaction norms of morphometrical traits in a tropical drosophilid: *Zaprionus indianus*. *Heredity*, 83(4), 398-407.

Khoshbakht, K., and K. Hammer. 2006. Savadkouh (Iran) – an evolutionary center for fruit trees and shrubs. *Genet. Resour. Crop. Evol.* 53:641–651.

Lachaise D, Tsacas L. 1983. Breeding sites in tropical African drosophilids. pp. 221–332 In Ashburner M, Carson HL, Thompson JN (Eds.) *The Genetics and Biology of Drosophila*. Academic Press, London, UK

Lasa, R. and E. Tadeo. 2015. Invasive drosophilid pest *Drosophila suzukii* and *Zaprionus indianus* (Diptera: *Drosophilidae*) in Veracruz, México. *Fla. Entomol.* 98: 987-988.

- Lemeunier, F., J. David, L. Tsacas, and L. Ashburner. 1985. The *Drosophila melanogaster* species group. Pp. 147–256 in M. Ashburner and H. Carson, Jr., eds. The genetics and biology of *Drosophila*, Vol. 3. Academic Press, New York.
- López-Martínez, V., O. R. Vargas, I. Alia-Tejacal, V. H. Toledo-Hernández, A. M. Corona-López, H. Delfín-González, D. Guillén-Sánchez & D. Jiménez-García. 2015. Xylophagous Beetles (Coleoptera: Buprestidae and Cerambycidae) from *Ficus carica* L.(Moraceae) in Morelos, Mexico. The Coleopterists Bulletin, 69(4), 780-788.
- Lugo-García, G. A., M. A. Morón, A. Aragón-García, L. D. Ortega-Arenas, A. Reyes-Olivas and B. H. Sánchez-Soto. 2014. Coleoptera Scarabaeoidea collected with Light trap in Deciduous Tropical Forest of northern Sinaloa, México. Southwestern Entomologist Vol. 39, Issue 2, p. 355-365.
- Macías-Rodríguez, H., M. Rivera, M. Palomo, J. Arcadio, and M. Villa. 2015. Acodo aéreo: alternative para la producción intensiva de higo desde el primer año de plantación en macrotúneles. Agrofaz. 15: 81-89.
- Markow TA, Hanna G, Riesgo-Escobar JR, Tellez-García AA, Richmond MP, Nazario-Yepiz NO, Ramirez M, Carpinteiro-Ponce J. 2014. Population genetics and recent colonization history of the invasive Drosophilid *Zaprionus indianus* in Mexico and Central America. Biological Invasions DOI: 10.1007/S10530-014-0674-5.
- Markow, T. A. and P. M. O'Grady. 2006. Chapter 3- Key to species. Pp: 85-142. In: *Drosophila: A Guide to Species Identification and Use*. Academic Press, USA.
- Matavelli, C., F. J. Zara & C. J. Von Zuben. 2013. Post – Embryonic Development in *Zaprionus indianus* (Diptera: Drosophilidae), Annals of the Entomological Society of América. 106(6), 779-787.
- McAlpine, J. F. 1981. Key to families-adults. Pp. 89-124. In J. F. McAlpine, B. V. Peterson, G. E. Shewell, H. J. Teskey, J. R. Vockeroth and D. M. Wood [eds.] *Manual of Nearctic Diptera* Vol. 1 Ottawa, Ontario, Research Branch Agriculture Canada, Monograph 27.
- McAlpine, J. F. 1989. Phylogeny and classification of the Muscomorpha. pp. 1397–1518 In: *Manual of Nearctic Diptera*. McAlpine J. F. (ed.). Research Branch Agriculture Canada monograph 32. Minister Supply and Services Canada, Ottawa

- NAPPO, 2006. *Zaprionus indianus* Gupta. In: Sistema de Alerta Fitosanitaria de la Organización Norteamericana de Protección a las Plantas (NAPPO) [fecha de consulta 27 de junio de 2017) disponible en línea en <<http://www.pestalert.org/espanol/viewNewsAlert.cfm?naid=3&keyword=zaprionus%20indianus>>
- Pasini, M. P. B., and D. Link. 2011. Efficiency of different traps to capture *Zaprionus indianus* (Diptera: Drosophilidae) in fig orchard in Santa Maria county, Rio Grande do Sul state, Brazil. *Int. Research Journal of Agricultural Science and Soil Science*, Vol. 1 No. 8, p 349-354.
- Renkema, J. M., M. Miller, H. Fraser, J. P. Légaré and R. H. Hallett. 2013. First record of *Zaprionus indianus* Gupta (Diptera: Drosophilidae) from commercial fruit fields in Ontario and Quebec, Canada. *J. Ent. Soc. Ont* 144: 125-130.
- SAGARPA, 2015a. ANEXO 8; Anexo al Plan de Trabajo Operacional para la Exportación de higo fresco (*Ficus carica*) irradiado de México a Estados Unidos de América. 4p. [en línea] [fecha de consulta: 27 de abril de 2017) disponible en <<http://publico.senasica.gob.mx/?doc=3582>>
- SAGARPA, 2015b. Comunicado de prensa; Inician productores de Puebla y Morelos Exportaciones de Higo a Estados Unidos. [en línea] [fecha de consulta: 18 de noviembre de 2016] disponible en <<http://www.sagarpa.gob.mx/saladeprensa/2012/Paginas/2015B481.aspx>>
- SIAP, 2017. Anuario Estadístico de la Producción 2016. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. [en línea] [fecha de consulta 6 de junio de 2017] disponible en <http://infosiap.siap.gob.mx/agricola_siap_gb/identidad/index.jsp>
- Solomon, A., S. Golubowicz, Z. Yablowicz, S. Grossman, M. Bergman, H. E. Gottlieb, A. Altman, Z. Kerem and M. A. Flaisman. 2006. Antioxidant activities and Anthocyanin content of fresh fruit of common fig (*Ficus carica* L.) *J. Agric. Food Chem.* 54, 7717-7723 p.
- Soto, I., Corio, C., Fanara, J.J. & Hasson, E. 2006. First record of *Zaprionus indianus* Gupta 1970 (Diptera, Drosophilidae) in Argentina. *Drosoph. Inf. Serv.* 89: 13–14.

- Stein CP, Teixeira EP, Novo JPS. 2003. Aspectos biológicos da mosca do figo, *Zaprionus indianus* Gupta, 1970 (Diptera, Drosophilidae). *Entomotropica* 18: 219–221
- Stover, E., M. Aradhya, L. Ferguson and C.H. Crisosto, 2007. The Fig: Overview of an Ancient Fruit. *Hortic. Sci.*, 42: 1083–1087
- Svadese, V., A. da Silva, R. Lopes, and J. dos Santos. 2012. Action of entomopathogenic fungi on the larvae and adults on the fig fly *Zaprionus indianus* (Diptera: Drosophilidae). *Ciencia Rural*. 42: 1916-1933.
- Toledo, V. H., F. A. Noguera, J. A. Chemsak, F. T. Hovore, and E. F. Giesbert. 2002. The cerambycid fauna of the tropical dry forest of “El Aguacero,” Chiapas, México (Coleoptera: Cerambycidae). *The Coleopterists Bulletin*, 56(4), 515-532.
- Van der Linde, K., G. J. Steck, K. Hibbard, J. S. Birdsley, L. M. Alonso, and D. Houle. 2006. First records of *Zaprionus indianus* (Diptera: Drosophilidae), a pest species on comercial fruits, from Panama and the United States of America. *Florida Entomologist*. 89: 402-404.
- Vázquez, A. M. D. 1981. El género *Ficus* (Moraceae) en la República Argentina. *Darwiniana*, vol 23, No, 2-4. 605 – 636 p.
- Vilela, C. R., E. P. Teixeira, and C. P. Stein. 1999. Nova prega nos figos: *Zaprionus indianus* Gupta. *Infomativo da Sociedade Entomologica du Brasil*. 24: 2.
- Walsh, D. B., M. P. Bolda, R. E. Goodhue, A. J. Dreves, J. Lee, D. J. Bruck, V. M. Walton, S. D. O’Neal, and F. G. Zalom. 2011. *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae): invasive pest of ripening soft fruit expanding its geographic range and damage potential. *J. Integr. Pest. Manag.* 2: G1–G7.
- Westcott, R. L., T. H. Atkinson, and H. A. Hespeneide. 1989. New country and state records, and other notes for Mexican Buprestidae (Coleoptera). *Insecta Mundi*. Vol. 3, No. 3 216- 232 p.
- Wheeler, M. R 1987. Drosophilidae, pp. 1011-018. *In: Manual of Nearctic Diptera Vol. 2.* McAlpine J. F, Peterson B. V., Shewell G. E., Teskey H. J., Vockeroth J. R., and Wood D. M. [eds.]. Ottawa, Ontario, Research Branch Agriculture Canada, Monograph 28.

- Yassini, A. and J. R. David. 2010. Revision of the Afrotropical species of *Zaprionus* (Diptera, Drosophilidae), with descriptions of two new species and notes on internal reproductive structures and immature stages. *Zookeys*. 51: 33-72.
- Zukovskij, P. M. 1950. *Ficus*. Cultivated plants and their wild relatives. State Publishing House. Sov. Sci. Mosc. 1950:58–59