



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE
HIDALGO**

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS Y FORESTALES

Maestría en Producción Agropecuaria

Opción terminal: Agrícola

**Parámetros biológicos y parasitoides de la mosca de las alas manchadas,
Drosophila suzukii Matsumura (Diptera: Drosophilidae)**

TESIS

Que como requisito para obtener el grado de:

Maestra en Producción Agropecuaria

Presenta:

YADIRA MAIBETH VÁZQUEZ GONZÁLEZ

Director: Dr. Samuel Pineda Guillermo

Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales

Co-Director: Dr. Ángel Rebollar Alviter

Centro Regional Universitario Centro Occidente de la Universidad Autónoma Chapingo

Morelia, Michoacán, Julio de 2015

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por darme la oportunidad de continuar con mis estudios.

A mis asesores, el Dr. Samuel Pineda Guillermo y al Dr. Ángel Rebollar Alviter, por sus sugerencias, observaciones y por compartir sus conocimientos para realizar este trabajo

A mis sinodales: Dra. Mabel Martínez Castillo, M.C. Ana Leticia Escalante Jiménez por sus comentarios y sugerencias para la mejora del trabajo.

Al Dr. José Isaac Figueroa de la Rosa, por la ayuda brindada en la identificación del parasitoide.

Al M.C. Emilio Hernández Ortiz por la asesoría brindada para la elaboración de este estudio.

Al M.C. Jorge M. Valdez Carrasco del Instituto de Fitosanidad del colegio de postgraduados por las excelentes fotografías de los estados de vida de esta especie.

A mis compañeros del Laboratorio del Centro Regional Universitario Centro Occidente de la Universidad Autónoma Chapingo.

DEDICATORIA

A mis padres y hermanos, en reconocimiento al apoyo, confianza constante durante mi vida y por su cariño incondicional.

A la familia Hernández López por su cariño, amistad y confianza, gracias por su apoyo.

A mis amigos porque siempre están ahí cuando necesito de ellos.

A todos mis compañeros de laboratorio del Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales por su amistad.

A Dios por darme su bendición y su fuerza.

CONTENIDO

ÍNDICE	Pag
ÍNDICE DE FIGURAS	i
ÍNDICE DE CUADROS	ii
RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ANTECEDENTES.....	2
2.1. <i>Drosophila suzukii</i>	2
2.1.1. Distribución mundial	2
2.1.2. Distribución en México.....	4
2.1.3. Plantas hospedantes	4
2.1.4. Descripción morfológica.....	5
2.1.5. Aspectos biológicos	6
2.1.6. Daños e importancia económica.....	6
2.1.7. Asociación de enemigos naturales	7
2.1.8. Métodos de control de la plaga	8
3. JUSTIFICACIÓN.....	9
4. HIPÓTESIS.....	10
5. OBJETIVOS.....	10
5.1. Objetivo General	10
5.2. Objetivos Particulares	10
6. MATERIALES Y MÉTODOS	11
6.1. Colecta de <i>D. suzukii</i>	11
6.2. Cría de <i>D. suzukii</i>	11
6.3. Ciclo de vida de <i>D. suzukii</i>	13
6.4. Instares larvales y proporción de crecimiento larval	14
6.5. Supervivencia por estado.....	16
6.6. Mortalidad por estado de desarrollo.....	17
6.7. Fecundidad aparente	17

6.8. Parámetros demográficos	18
6.9. Colecta de parasitoides de pupas de <i>D. suzukii</i>	19
6.9.1. Identificación de parasitoides.....	23
7. ANÁLISIS DE DATOS	23
8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	24
8.1. Ciclo de vida de <i>D. suzukii</i>	24
8.1.1. Determinación de instares larvales	26
8.1.2. Proporción de crecimiento larval.....	31
8.2. Supervivencia y expectativa de vida por estado de desarrollo.....	33
8.3. Mortalidad por estado específico	35
8.4. Fecundidad aparente	35
8.5. Parámetros demográficos	36
8.6. Fertilidad de <i>D. suzukii</i>	39
8.7. Parasitoides de pupas de <i>D. suzukii</i>	39
9. CONCLUSIONES.....	43
10. BIBLIOGRAFÍA	44

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Adultos de *D. sukii*; a) hembra: flecha indica ovipositor aserrado con dientes continuos y esclerosados; b) macho: flecha indica mancha oscura en el área costal y subapical de las alas..... 12
- Figura 2.** Esqueleto céfalo-faríngeo de larvas de *D. sukii*; a) indica medición de la longitud del arco del gancho mandibular..... 14
- Figura 3.** Trampa de cartón con cuatro recipientes de plástico (4 x 4 x 3 cm) que contienen "pupas centinelas" de *D. sukii*; dos con dieta artificial y dos con frutos de zarzamora. 21
- Figura 4.** Estados de vida de la mosca de las alas manchadas, *D. sukii*. Huevo (a), Larva I (b) Larva II (c), Larva III (d), Pupa (e), Hembra (f) y Macho (g). 25
- Figura 5.** Distribución de las medidas de longitud del arco del gancho mandibular de las larvas de *D. sukii*..... 27
- Figura 6.** Distribución de frecuencias de las medidas de longitud del arco del gancho mandibular de las larvas de *D. sukii*. 27
- Figura 7.** Curvas normales de distribución de las mediciones de la longitud del arco del gancho mandibular de los cuatro instares de *D. sukii*, las medias, el punto de intersección entre las curvas y sus probabilidades de traslape (P_{b1} y P_{b2}). 29
- Figura 8.** Curvas normales que representan la distribución de las medidas de longitud del arco del gancho mandibular de los tres instares larvales de *D. sukii*..... 31
- Figura 9.** (A) Supervivencia (l_x) y (B) expectativa de vida (e_x) de machos y hembras de *D. sukii* alimentados con dieta artificial..... 34

Figura 10. Influencia del volumen y densidad sobre la reproducción expresada como el número acumulado de pupas por hembra de *D. suzukii* cuando se colocaron en: (A) Frascos de 175 mL y (B) Frascos de 10 mL. 36

Figura 11. Supervivencia (lx) expresada como el número de individuos vivos y fecundidad (mx) expresada como el número de hijas obtenidas por hembra de *D. suzukii* para los dos ensayos realizados: A) frascos de 10 mL B) frascos de 175 mL. 38

Figura 12. Hembra de *P. vindemmiae* parasitando a una pupa de *D. suzukii* (a) y pupas de *D. suzukii* mostrando el orificio de salida del adulto de *P. vindemmiae* (b). 40

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Distribución mundial de la mosca de las alas manchadas, *D. suzukii*, y sus hospedantes. 3

Cuadro 2. Ingredientes de la dieta artificial para la cría de *Drosophila melanogaster*. . 12

Cuadro 3. Parámetros reproductivos utilizados para la elaboración de la tabla de vida de *D. suzukii*. 16

Cuadro 4. Parámetros para la elaboración de tabla de mortalidad por estado de desarrollo de *D. suzukii*. 17

Cuadro 5. Parámetros reproductivos utilizados para la elaboración de la tabla de vida de *D. suzukii*, ajustado al número de pupas producidas por cada hembra. 18

Cuadro 6. Parámetros reproductivos utilizados para la elaboración de la tabla de vida de *D. suzukii*. 19

Cuadro 7. Sitios de colocación de las trampas con "pupas centinelas" de <i>D. suzukii</i> en cultivos convencionales de zarzamora y en un bosque de pino-encino en el municipio de Ziracuaretiro, Michoacán.....	22
Cuadro 8. Duración ($d \pm EE$) de los diferentes estados de desarrollo de <i>D. suzukii</i> en condiciones ambientales de laboratorio de ~ 25 °C, 56 de humedad relativa (HR) y fotoperiodo de 12:12 h (Luz: Oscuridad).....	24
Cuadro 9. Medias y desviaciones estándar de las medidas de longitud del arco del gancho mandibular de las larvas de <i>D. suzukii</i>	28
Cuadro 10. Valores mínimos y máximos de las medidas de longitud del arco del gancho mandibular de <i>D. suzukii</i>	30
Cuadro 11. Longitud promedio ($\mu\text{m} \pm EE$) del arco del gancho mandibular de los diferentes estadios larvales de <i>D. suzukii</i>	32
Cuadro 12. Tabla de vida de hembras de <i>D. suzukii</i> criadas sobre dieta artificial.....	33
Cuadro 13. Tabla de mortalidad de los estados de desarrollo de <i>D. suzukii</i> criados sobre dieta artificial.	35
Cuadro 14. Parámetros poblacionales de <i>D. suzukii</i> criados en dos ambientes diferentes definidos por el volumen y área de los frascos de vidrio transparente utilizados como medio de confinamiento.....	37
Cuadro 15. Porcentaje de parasitismo de <i>P. vindemmiae</i> en "pupas centinelas" de <i>D. suzukii</i> en tres localidades del municipio de Ziracuaretiro, Michoacán.	41

RESUMEN

La mosca de las alas manchadas, *Drosophila suzukii* Matsumura (Diptera: Drosophilidae) es originaria del continente asiático. En México, este insecto se reportó por primera vez en noviembre de 2011 en Los Reyes, Michoacán, en una de las principales zonas productoras de zarzamora (*Rubus* sp.). En este estudio se determinó el ciclo de vida y varios parámetros de vida de este insecto, bajo condiciones de laboratorio. Los estados de huevo, larva (tres instares), pupa y adulto tuvieron una duración de 0.97 ± 0.0 , 4.8 ± 0.01 , 4.4 ± 0.02 y 33.77 ± 0.44 días, respectivamente. Los instares larvales se determinaron a través de la medición del arco del gancho mandibular y se separaron con el método de análisis discriminador. El promedio de la proporción de crecimiento de *D. suzukii* fue de 1.77. Este valor no es consistente con la constante de crecimiento de la regla de Dyar, la cual establece que, después de cada muda, el crecimiento larval incrementa geoméricamente con un promedio constante para cada especie de aproximadamente 1.40. La proporción de sexos fue de 55.52:44.47% (hembras: machos). La descendencia de pupas fue de 186 ± 2.00 por hembra de *D. suzukii*, mientras que la fertilidad fue de 96.25%. En la segunda parte de este estudio se colocaron en campo trampas con pupas (< 24 h de edad) centinelas de *D. suzukii* en tres diferentes sitios (Caracha, Zirimícuaro y Patuán municipio de Ziracuaretiro) con el fin de obtener parasitoides asociados con esta etapa de vida. Solo se obtuvo al ectoparasitoide solitario *Pachycrepoideus vindemmiae* Rondani (Hymenoptera: Pteromalidae) en el sitio Caracha. Se registró 7, 25 y 23% de parasitismo en las fechas de colecta del 27 de mayo, 3 y 10 de junio de 2014, respectivamente. Además, estos parasitoides se recuperaron de las pupas que se colocaron en los vasos de plástico que contenían los frutos de zarzamora. Los resultados obtenidos en este trabajo son importantes porque permiten realizar nuevas investigaciones para el desarrollo de mejores programas de monitoreo y manejo de *D. suzukii*.

Palabras clave: *Drosophila suzukii*, zarzamora, ciclo de vida, arco del gancho mandibular, parasitoides

ABSTRACT

The Spotted Wing Drosophila, *Drosophila suzukii* Matsumura (Diptera: Drosophilidae) is native to Asia. In Mexico, this insect was first reported in November of 2011 in Los Reyes, Michoacan, one of the main producing areas of blackberry (*Rubus* sp.). In this study the life cycle and various parameters of life of this insect under laboratory conditions were determined. The states of egg, larva (three instars), pupa and adult lasted 0.97 ± 0.0 , 4.8 ± 0.01 , 4.4 ± 0.02 and 33.77 ± 0.44 days, respectively. The larval instars were determined by measuring the jaw hook arch and separated with the method of discriminant analysis. The average growth rate of *D. suzukii* was 1.77. This value is consistent with the constant growth of Dyar's rule, which states that after each molting, the larval growth increases geometrically with a constant average for each species of approximately 1.40. The sex ratio was 55.52: 44.47% (female: male). The offspring of pupae was 186 ± 2.00 for each *D. suzukii* female whereas the fertility was 96.25%. In the second part of this study sentinel traps containing pupae were placed in field (< 24 h old) at three different sites (Caracha, Zirimícuaro and Patuán Ziracuaretiro municipality) in order to obtain parasitoids associated with this stage of life. From this sentinel traps, solitaire ectoparasitoid *Pachycrepoideus vindemmiae* Rondani (Hymenoptera: Pteromalidae) was obtained in the Caracha site. Seven, 25 and 23% of parasitism was recorded in the collection dates from 27 May 3 and June 10, 2014, respectively. In addition, these parasitoids were recovered from the pupae which were placed in plastic cups containing blackberry fruits infested with *D. suzukii* pupae. The results obtained in this study are relevant because will be the basis for further research to develop better monitoring and management programs of *D. suzukii*.

1. INTRODUCCIÓN

El género *Drosophila* Fallén (Diptera: Drosophilidae) comprende aproximadamente 1500 especies, todas asociadas a frutos maduros o a restos vegetales en descomposición (Cuch *et al.*, 2013). La mosca del vinagre de las alas manchadas, *Drosophila suzukii* Matsumura es originaria de Asia, se describió en Japón y es una de las pocas especies capaz de alimentarse y ovipositar en frutos maduros que se encuentran adheridos a la planta (Rufus *et al.*, 2010).

Los frutos que ataca *D. suzukii* son de importancia económica mundial y nacional, entre los que se incluyen principalmente a *Prunus avium* L. (Cereza), *Rubus idaeus* Fock (Frambuesa), *Rubus* spp. L. (Zarzamora), *Vaccinium corymbosum* L. (Arándano) y *Fragaria x ananassa* Duch (Fresa) (Sarto y Sorribas, 2011). Las larvas se alimentan de la pulpa de la fruta y provocan el hundimiento de las paredes de la misma justo por encima del lugar donde se están alimentando, favoreciendo las infecciones secundarias por hongos o bacterias, lo cual es un ambiente propicio para el ataque de otras especies de *Drosophila* (Cuch *et al.*, 2013).

Drosophila suzukii se ha convertido en una seria amenaza para los cultivos de frutas a nivel mundial, ya que se han reportado pérdidas entre 26 a 100% en plantaciones de cereza (Sasaki y Sato, 1995). En Estados Unidos de América hay registros de 80% de daños en cerezas, 40% en arándano y 70% en otras especies de moras (Bolda *et al.*, 2010). En México, la Dirección General de Sanidad Vegetal notificó, por primera vez en el mes de noviembre de 2011, la detección de *D. suzukii* en el municipio de Los Reyes en el estado de Michoacán (SAGARPA, 2011). Su rápida dispersión y biología, permiten prever que esta especie puede representar a corto plazo una importante amenaza fitosanitaria en México, ya que los cultivos susceptibles a ser atacados por esta plaga son de alta rentabilidad; tales como, cerezo, fresa, zarzamora, arándano, frambuesa, *Vitis vinifera* L. (Vid), *Prunus persica* L (Durazno), *Malus domestica* Borkh (Manzano), *Prunus domestica* L (Ciruelo), *Solanum lycopersicum* L. (Tomate) y *Pyrus pyrifolia* Burm (Peral) (SENASICA –DGSV, 2012).

En el año 2012, en México se estimó una producción total del cultivo de zarzamora de 139,803.09 ton, de las cuales Michoacán aportó 134,708.16 ton, lo que representa más del 96 % de la producción del total nacional; donde el municipio de Los

Reyes aportó 61,920.00 ton equivalente al 46 % de la producción de zarzamora, seguido por Periban con una producción de 26,000.00 ton (SIAP-SAGARPA, 2012).

Por lo anterior, es necesario realizar los estudios básicos sobre los parámetros biológicos, así como la identificación de los enemigos naturales de *D. suzukii*. En México no existen trabajos relacionados con estos aspectos debido al poco tiempo de establecimiento de la plaga.

2. ANTECEDENTES

2.1. *Drosophila suzukii*

2.1.1. Distribución mundial

La mosca de las alas manchadas, *D. suzukii*, es una especie originaria de Asia y fue observada por primera vez en Honshu, Japón, en 1916 (Kanzawa, 1939). Posteriormente, este insecto se registró en al menos ocho países tanto en Asia como en Europa; en América se tienen reportes de su presencia en al menos cuatro países, entre ellos México (Cuadro 1).

Cuadro 1. Distribución mundial de la mosca de las alas manchadas, *D. suzukii*, y sus hospedantes.

CONTINENTE	PAÍS (AÑO DE DETECCIÓN)	HOSPEDANTES	AUTOR
Asia	Japón (1916)	Cereza, vid, manzano, durazno, ciruela.	Kanzawa (1939)
	China (1937)	Cereza, melocotones, ciruela, vid.	Sarto y Sorribas (2011)
	India (1965)	---	Sarto y Sorribas (2011)
	Corea del sur (1968)	---	Escudero <i>et al.</i> (2012)
	Corea del norte (1995)	Cereza, melocotones, ciruela, vid.	Vian (2011)
	Taiwán (1977)	---	Vian (2011)
	Tailandia (1976)	---	
	Pakistán(2005)	---	Vian (2011)
Europa	España (2008)	Cereza, frambuesa, arándano	Hauser (2011)
	Francia (2009)	Cereza, melocotones, albaricoques, fresa.	Hauser (2011)
	Italia (2009)	---	Grassi <i>et al.</i> (2009)
	Eslovenia (2010)	Frambuesa, zarzamora.	Sarto y Sorribas (2011)
	Austria (2011)	---	Escudero <i>et al.</i> (2012)
	Suiza (2011)	---	Escudero <i>et al.</i> (2012)
	Croacia (2011)	---	Escudero <i>et al.</i> (2012)
	Bélgica (2012)	---	Cini <i>et al.</i> (2012)
América	Ecuador (2005)	---	Hauser (2011)
	Estados unidos (2008)	Zarzamora, frambuesa, fresa, arándano.	Calabria <i>et al.</i> (2010)
	Canadá (2009)	Frambuesa, cereza, fresa.	Hauser (2011)
	México (2011)	*Zarzamora, frambuesa, fresa, arándano, cereza, vid, manzana, durazno, ciruela, níspero, nectarina.	SAGARPA (2011)

* SAGARPA (2011) reporta a estos frutos como hospedantes de *D. suzukii*. Sin embargo, con excepción de zarzamora, en México (datos del presenta trabajo) no se ha encontrado en otros frutos.

2.1.2. Distribución en México

En noviembre de 2011, *D. suzukii* se detectó por primera vez en muestras (sin especificar) procedentes de los municipios de Los Reyes, Michoacán, y Cuauhtémoc, Colima (SAGARPA, 2011). Posteriormente, en diciembre de ese mismo año se confirmó su presencia en el municipio de Zapotiltic, Jalisco. Para el año 2012, se sumaron nuevas detecciones en esta entidad en los municipios de Zapotlán El Grande, Sayula, Amacueca, Gómez Farías, Jocotepec y Tuxpan. En el mismo año, se confirmó la presencia de esta plaga en los municipios de Tijuana y Ensenada, Baja California, así como Ziracuaretiro, Michoacán (DGSV, 2012). Cabe señalar que las detecciones de *D. suzukii* en el territorio nacional se han realizado en trampas establecidas en diversos cultivos (SENASICA – DGSV, 2012).

En el mes de agosto de 2012, se detectaron ejemplares sospechosos de la plaga en los municipios de Jesús María, El Llano, Asientos y Tepezalá, en el estado de Aguascalientes, y Jerécuaro, Silao, Irapuato y Abasolo, Guanajuato. En septiembre del mismo año, se detectaron ejemplares de *D. suzukii* en Amanalco, Coatepec de Harinas, El Oro, Ixtapan de la Sal, Valle de Bravo, Villa de Allende, Temascaltepec, Valle de Bravo y Donato Guerra en el Estado de México (DGSV – CNRF, 2012).

Para el 2014 se detectó la presencia de *D. suzukii* en los municipios de Ixtlán, Uruapan, Taretan, Tocumbo, Peribán, Chavinda, Jacona, Zamora, Pajacuarán en Michoacán y San Juan del Río, Querétaro (SCOPE, 2015).

2.1.3. Plantas hospedantes

Los frutos hospedantes de *D. suzukii* que se consideran como primarios son los de epicarpio y pulpa suave, entre los cuales se encuentran *P. avium* (Cereza), *R. armeniacus* (Frambuesa), *Rubus* sp. (Zarzamora), *V. corymbosum* (Arándano) y *F. ananassa* (Fresa) (DGSV – CNRF, 2012). Otros cultivos afectados son *V. vinífera* (Vid), *P. domestica* (Ciruelo), *P. persica* (Durazno), *P. pyrifolia* (Peral), *M. domestica* (Manzano), *Ficus carica* L. (Higo), *Prunus persicae* (Nectarina L), *Diospyros kaki* Thunb (Persimonio), *Eriobotrya japonica* Thunb (Níspero),

Sambucus spp. L. (Sauco), *Phytolacca americana* L. (Hierba carmín) y *Symphoricarpos* spp. Dill (Bolitas de nieve) (SENASICA – DGSV, 2012).

En México, los cultivos hospedantes de *D. suzukii* se encuentran distribuidos prácticamente en todos los estados de la República; entre los que destacan, por su mayor densidad, Baja California, Sonora, Zacatecas y Michoacán (SIAP, 2012).

2.1.4. Descripción morfológica

Los huevos de *D. suzukii* son de forma ovalada y miden 0.6 mm, recién ovipositados son hialinos, con dos filamentos blancos que corresponden a sus tubos respiratorios. Estos filamentos alcanzan a medir de 0.18 a 0.6 mm de longitud los cuales sobresalen de los frutos (Valle *et al.*, 2011).

Las larvas son ápodas, típicas de dípteros, son de color blanco alcanzan los 3.5 mm de longitud, el primer instar larval mide aproximadamente 0.07 mm de longitud y el tercero, que es el último, mide 6 mm (Shearer *et al.*, 2011; Valle *et al.*, 2011). Las pupas son de forma cilíndrica, de color café-rojizo y miden de 2 a 3 mm de longitud, presentan dos pequeñas proyecciones en la parte anterior de las mismas que corresponden a los espiráculos (Shearer *et al.*, 2011).

Los adultos miden aproximadamente de 2 a 3 mm de longitud; la hembra es más grande que el macho. Tienen ojos de color rojo, el color de su cuerpo es amarillo marrón, presenta bandas oscuras en el abdomen. Los machos tienen una pequeña mancha oscura en cada una de las alas, localizada entre la primera vena longitudinal y muy cerca de la segunda vena alar sin llegar a tocarla, mientras que las hembras carecen de esta mancha, los machos presentan además, en los tarsos anteriores de cada pata dos o más peines sexuales con setas que se encuentran paralelas a lo largo de la pata (Hauser, 2011).

La identificación de las hembras no es tan evidente, disponen de un ovipositor alargado tipo sierra con dientes continuos altamente melanizados y esclerotizados que les permite hacer las incisiones en los frutos para colocar sus huevos (Hauser, 2011).

2.1.5. Aspectos biológicos

El número de generaciones anuales de *D. suzukii* es variable dependiendo de las condiciones ambientales de la zona geográfica donde se desarrolla. En condiciones óptimas de 20 °C a 25 °C pueden tener alrededor de siete y 15 generaciones durante un año (Escudero *et al.*, 2012). Los adultos son sexualmente maduros de uno a dos días después de su emergencia, pueden vivir entre 21 y 66 días, cada hembra puede depositar entre uno y tres huevos por fruto, de 30 a 100 huevos por día y tiene una fecundidad promedio de 384 huevos durante toda su vida (Sarto y Sorribas, 2011). En ocasiones se han llegado a contabilizar hasta 65 adultos que emergen de una sola fruta. La actividad de los adultos se ve favorecida por temperaturas cercanas a los 18 °C y disminuye cerca de los 36 °C (SAGARPA – CESVA, 2012).

Los huevos eclosionan de 12 a 72 h después de haber sido depositados en el interior de la fruta y las larvas se desarrollan dentro del fruto en un periodo de entre tres a 13 días. El desarrollo del estado de pupa normalmente se realiza dentro de la fruta y menos frecuente fuera de ésta con una duración de tres a 15 días (Cini *et al.*, 2012). Bajo condiciones de 20 °C a 25 °C, el ciclo de vida puede ser tan sólo de 8 días desde huevo hasta la emergencia del adulto (Cini *et al.*, 2012).

2.1.6. Daños e importancia económica

El daño causado por *D. suzukii* inicia cuando la hembra adulta realiza la oviposición, esto debido a la penetración del ovipositor aserrado en el epicarpio y exocarpio en los frutos; sin embargo, no se logra apreciar. Los principales daños son provocados cuando las larvas emergen del huevo y comienzan a alimentarse de la pulpa del fruto; posteriormente, los frutos presentan zonas suaves y hundidas de color café, provocando que finalmente terminen por colapsarse (Rufus *et al.*, 2010). Las áreas afectadas de los frutos por este insecto son muy susceptibles y dan la oportunidad a que otras plagas y agentes patógenos como hongos y bacterias provoquen infecciones, afectando así su calidad y comercialización.

A nivel mundial, se han reportado pérdidas entre 40 a 100% en plantaciones de cerezas, arándano y de otras especies de moras (DGSV – CNRF, 2012). En el año 2011, los daños registrados en la región de Cataluña, España, fueron especialmente importantes en plantaciones de cerezas en las comarcas del Bajo Llobregat, Alto y Bajo Ampurdán, en fresas en el Maresme, y en cultivos orgánicos de cerezas se reportaron daños del 100% (Escudero *et al.*, 2012).

2.1.7. Asociación de enemigos naturales

Los depredadores y parasitoides pueden ser empleados en el control integral de *D. suzukii*; sin embargo, es necesario que la plaga se establezca para que sus enemigos naturales se adapten a la nueva fuente de alimento (Sarto y Sorribas, 2011).

Las avispas de las familias Braconidae y Cynipidae se consideran como los principales parasitoides que atacan a diversas especies del género *Drosophila* y que tienen un potencial como agentes de control biológico contra *D. suzukii* (DGSV – CNRF, 2012). En Europa, en una parcela de cultivo orgánico de cerezos situada en la región de Cataluña, España, se reportaron a las especies *Pachycrepoideus vindemmiae* Rondani (Hymenoptera: Pteromalidae) y *Leptopilina bouvardi* Barbotin, Carton y Kelner - Pillault (Hymenoptera: Figitidae) como probables parasitoides de *D. suzukii* (Cuch *et al.*, 2013).

En condiciones de laboratorio, Charbet *et al.* (2013) reportaron entre 69 a 85% de parasitismo de *Trichopria drosophilae* Pekins (Hymenoptera: Diapriidae) sobre pupas de *D. suzukii*. Esta especie tiene distribución en Europa y Norte América (Cini *et al.*, 2012).

En Japón se observó a *Ganaspis* spp., parasitando larvas de *D. suzukii* en frutos de cerezos (Kasuya *et al.*, 2013). En Francia se realizaron estudios de parasitismo con *Asobara japonica* Belokobylskij (Hymenoptera: Braconidae) y *Leptopilina heterotoma* Thomson (Hymenoptera: Figitidae), ambos parasitoides de larvas de esta plaga (Poyet *et al.*, 2013).

Por su parte, Arno *et al.* (2012) registraron en un área de producción de fresa, al noreste de España, cuatro especies de depredadores que pueden ser potenciales para el control biológico de *D. suzukii*: *Orius laevigatus* Fieber, *Cardiastethus nazareus* Reuter, *Cardiastethus fasciventris* Garbiglietti (Hemiptera: Anthocoridae) y *Dicyphus tamaninii* Wagner (Heteroptera: Miridae). En condiciones de laboratorio se observaron individuos de *O. laevigatus* depredando huevos de *D. suzukii* en frutos de arándano (Gabarra *et al.*, 2012). Otro depredador estudiado en Europa para evaluar su eficacia en el control biológico de *D. suzukii* es *Anthocoris nemoralis* Fabricius (Hemiptera: Anthocoridae), el cual se alimenta de adultos machos de *D. suzukii* (Cuthbertson *et al.*, 2014).

Estudios preliminares en laboratorio reportan a la chinche *Orius insidiosus* Say (Hemiptera: Anthocoridae) alimentándose de larvas de *D. suzukii* en América del Norte (Walsh *et al.*, 2011). Sin embargo, es necesario realizar más investigación para conocer sobre su uso y aplicación en el control de esta plaga.

La utilización de hongos entomopatógenos es otra alternativa para el control de este insecto, Naranjo *et al.* (2014) realizaron evaluaciones de susceptibilidad de adultos de *D. suzukii* en condiciones de laboratorio, con las cepas Pf21, Pf17, Pf15 *Isaria fumosorosea* y la cepa Ma59 del hongo *Metarhizium anisopliae*. Causando *I. fumosorosea* mortalidad desde un 57% hasta 85% por micosis, a diferencia de Ma59 de *M. anisopliae* que causo un 12% de mortalidad.

2.1.8. Métodos de control de la plaga

Con base a datos de efectividad obtenidos de estudios realizados en Estados Unidos de América para el control químico de *D. suzukii*, se han seleccionado diferentes productos químicos que pueden ser utilizados en programas de aplicación para el manejo y control de la plaga, los cuales incluyen fenpropatrina, spinetoram, malation, zeta-cipermetrina, spinosad y lambda-cialotriana, entre otros (Cini *et al.*, 2012). Aunque el insecticida zeta-cipermetrina está autorizado para su uso en México, no puede utilizarse en cultivos hospedantes de *D. suzukii* (COFEPRIS, 2009). Debido a lo anterior, para reducir la reproducción y sobrevivencia de la mosca de las alas manchadas se realizan varias acciones

culturales entre las que destaca la recolección inmediata y destrucción de la fruta remanente, la destrucción de los subproductos del proceso industrial realizado en el mismo huerto y las podas de saneamiento (Escudero *et al.*, 2012).

3. JUSTIFICACIÓN

A medida que aumenta la superficie de los cultivos agrícolas también aumentan los problemas fitosanitarios, provocando pérdidas en su rendimiento. Michoacán es uno de los principales estados productores y exportadores de frutillas, entre las que destaca la zarzamora. Estos cultivos se ven afectados frecuentemente por problemas sanitarios; entre ellos plagas y enfermedades. En los últimos tres años se detectó la presencia de la mosca de las alas manchadas, *D. suzukii*, una nueva plaga en los cultivos de frutillas. Debido al poco tiempo de establecimiento de esta plaga en México, su nivel de daño ha sido variable y las medidas de control se basan principalmente en labores culturales. Sin embargo, *D. suzukii* ha ocasionado severos daños en los lugares en donde se ha establecido y de no contar con un plan estratégico de control podría afectar severamente las zonas productoras de frutillas a nivel nacional. Por ello, se requieren estudios sobre la biología, parámetros biológicos e identificación de parasitoides asociados a *D. suzukii* con el fin de establecer un programa de manejo más eficiente de esta especie.

4. HIPÓTESIS

H1. En condiciones de laboratorio, los parámetros reproductivos de *D. suzukii* dependen del espacio donde se desarrolla este insecto.

H2. En condiciones de campo, las pupas de *D. suzukii* son atacadas por diversas especies de parasitoides.

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo General

Determinar los parámetros biológicos de la mosca de las alas manchadas, *D. suzukii*, así como identificar a sus parasitoides.

5.2. Objetivos Particulares

- Determinar el ciclo de vida y diversos parámetros de vida (fecundidad, fertilidad y proporción de sexos) de *D. suzukii* bajo condiciones de laboratorio.
- Identificar a los parasitoides asociados a pupas de *D. suzukii*, en tres sitios del estado de Michoacán.

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1. Colecta de *D. suzukii*

Durante el periodo del 20 de agosto al 31 de septiembre de 2013 se recolectaron frutos maduros de zarzamora (*Rubus* sp.) variedad Tupy en diferentes sitios del estado de Michoacán: Zirimícuaro (19° 22' 30" de latitud norte y 101° 57' 06" de longitud oeste y una altura de 1244 msnm), municipio de Ziracuaretiro; Sorucio el Bajo (19° 12' 15" de latitud norte y 101° 27' 10" de longitud oeste y una altura de 1357 msnm), Sorucio el Alto (19° 12' 33" de latitud norte y 101° 26' 57" de longitud oeste y una altura de 1410 msnm), Chupio (19° 11' 20" de latitud norte y 101° 26' 50" de longitud oeste y una altura de 1235 msnm), municipio de Tacámbaro, y Rancho El Guayabo (19° 34' 33" de latitud norte y 102° 27' 43" de longitud oeste y una altura de 1345 msnm), municipio de Los Reyes. En cada sitio, se realizaron recorridos entre los surcos del cultivo para recolectar frutos maduros. Posteriormente, los frutos se acondicionaron en cajas de plástico ventiladas (25 x 16 x 4 cm) y se transportaron al Laboratorio de Entomología del Centro Regional Universitario Centro Occidente (CRUCO) de la Universidad Autónoma Chapingo en Morelia, Michoacán, México. En el laboratorio, los frutos se sumergieron individualmente en alcohol al 70% durante 1 minuto para eliminar, de la superficie del fruto, huevos de otras especies de insectos, en caso de estar presentes. Los frutos de zarzamora se colocaron en recipientes de plástico (28 x 18 x 8 cm) cubiertos con tela de organza y se observaron cada 24 horas hasta la emergencia de los adultos de *D. suzukii*.

6.2. Cría de *D. suzukii*

De los frutos recolectados se obtuvieron adultos de diferentes especies del género *Drosophila*. Los adultos de *D. suzukii* se separaron con los caracteres diagnósticos que se mencionan en la clave de Vlach (2010), misma que se ilustra en la Figura 1. Los adultos emergidos se consideraron como la generación cero (F₀) y se colocaron en frascos de vidrio transparente de 175 mL de capacidad que contenían 70 mL de dieta artificial desarrollada para la cría de la mosca del vinagre, *Drosophila melanogaster* Meigen (Cuadro 2) (Guerrero, 2011). Estos frascos se cubrieron con algodón envuelto con gasa (Quirmex ®) para favorecer la

ventilación y evitar el escape de los insectos. Para facilitar la manipulación de los adultos, los frascos de vidrio se colocaron dentro de una jaula de madera (50 x 50 x 80 cm) cubierta con tela de organza. La cría de *D. suzukii* se inició el 01 de octubre de 2013 en el laboratorio de entomología del CRUCO.

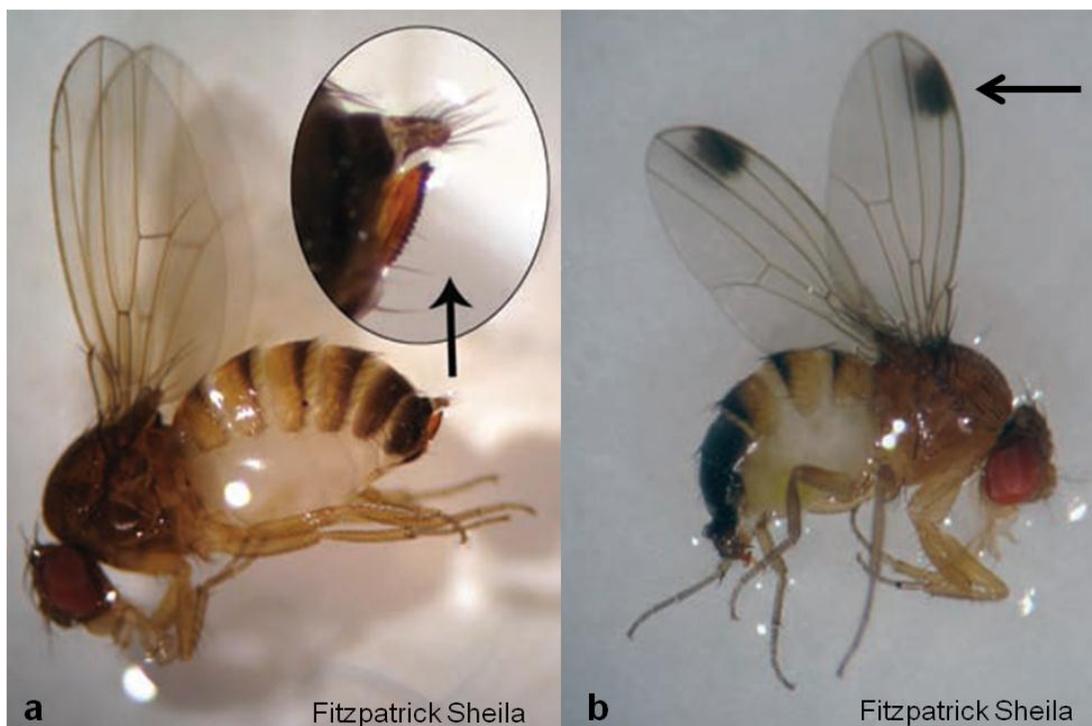


Figura 1. Adultos de *D. suzukii*; a) hembra: flecha indica ovipositor aserrado con dientes continuos y esclerosados; b) macho: flecha indica mancha oscura en el área costal y subapical de las alas.

Cuadro 2. Ingredientes de la dieta artificial para la cría de *Drosophila melanogaster*.

Ingredientes	Cantidad para 800 mL
Agua	700 mL
Agar-Agar	7.5 gr
Azúcar	35 gr
Harina de maíz	52.5 gr
Levadura	33 gr
Nipagín simple	1 gr

La descendencia de la generación 2 (F₂) se trasladaron al Laboratorio de Entomología Agrícola (LEA) del Instituto de Investigaciones Agropecuarias y

Forestales (IIAF) de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), Tarímbaro, Michoacán, donde se realizaron los experimentos bajo condiciones ambientales de laboratorio de ~25 °C, 56% de humedad relativa (HR) y un fotoperiodo de 12:12 h (Luz: Oscuridad).

6.3. Ciclo de vida de *D. suzukii*

El desarrollo de *D. suzukii* en laboratorio se determinó investigando la duración (en días) de los diferentes estados de vida (huevo, larva, pupa y adulto). Los huevos con los que se inició este estudio se obtuvieron de 360 adultos (aproximadamente 1:1; hembra: macho) distribuidos en seis jaulas (10 x 10 x 10 cm) construidas a base de un soporte de alambre galvanizado (calibre 14) y cubiertas con tela de organza (852 orificios por cm²). En el interior de cada jaula se colocó una caja petri de 10 cm de diámetro con dieta artificial y posteriormente se introdujeron 30 parejas (< 48 h de edad) de la F₂ durante 1 hora para su oviposición. La dieta artificial se mezcló con un colorante artificial Deiman® (Deiman S. A de C. V., San Antonio, Azcapotzalco, Distrito Federal, México) de color rojo para distinguir los huevos hialinos de *D. suzukii*. Previamente se corroboró que este colorante no tuvo ningún efecto sobre la eclosión de los huevos y en el desarrollo larval de *D. suzukii*.

Se seleccionó al azar una cohorte de 500 huevos (< 1 h de edad) de la F₃, mismos que se individualizaron en cajas para cultivo de tejidos de 24 celdas que contenían dieta artificial. Ocho horas después, cada celda se examinó a intervalos de una hora para determinar la emergencia de las larvas. Los periodos de duración de los estados de larva y pupa se determinaron hasta el momento de la formación de la pupa y emergencia de los adultos, respectivamente, a través de observaciones cada 24 h. Durante el estado de larva, cada 12 h se colectaron 40 larvas, mismas que se conservaron en alcohol al 70% para determinar el número de instares larvales y la proporción de crecimiento, como se describe más abajo.

Después de la emergencia de los adultos, se determinó la proporción de sexos. Para determinar la longevidad de los adultos se colocó un macho y una

hembra en un frasco de vidrio transparente (10 mL de capacidad) con 5 mL de dieta artificial como sustrato de oviposición y alimentación y se observaron cada 24 horas hasta su muerte. Se realizaron 40 repeticiones. Las imágenes de los diferentes estados de vida se obtuvieron con un fotomicroscopio Carl Zeiss III Tesovar, equipado con una cámara PAXcam 3 y se editaron con el programa GIMP 2.8.4.

6.4. Instares larvales y proporción de crecimiento larval

El esqueleto céfalo-faríngeo es una estructura interna quitinizada que corresponde al aparato bucal de las larvas de los Diptera superiores (Florez y Wolff, 2009). Por lo tanto, esta estructura puede ser una herramienta útil para la identificación de los instares larvales en individuos de este orden de insectos. El número de instares larvales y proporción de crecimiento de *D. sukii* se determinaron a través de la medición de la longitud del arco del gancho mandibular del esqueleto céfalo-faríngeo (Figura 2) de los individuos colectados cada 12 h durante el desarrollo larval.



Figura 2. Esqueleto céfalo-faríngeo de larvas de *D. sukii*; a) indica medición de la longitud del arco del gancho mandibular.

Para extraer el esqueleto céfalo-faríngeo, las larvas colectadas se maceraron con una solución de hidróxido de potasio (KOH) al 10% a 120 °C durante 40 minutos. Para facilitar y acelerar el proceso de maceración, se realizaron pequeñas incisiones en el extremo anterior del abdomen de las larvas. Posteriormente, las larvas se lavaron con agua destilada y los esqueletos céfalo-faríngeos se separaron, del resto del cuerpo, con ayuda de unas pinzas finas y un pincel de cerdas finas, bajo un microscopio estereoscópico. Las estructuras se sumergieron en alcoholes graduales desde 70 al 100% durante 20 minutos y el exceso de alcohol se eliminó con xilol. Una vez limpios, los esqueletos céfalo-faríngeos se montaron, con la superficie lateral del gancho del arco mandibular a ser medido perpendicular al campo ocular de un microscopio, en portaobjetos de vidrio con bálsamo de Canadá. Las imágenes de los ganchos mandibulares se obtuvieron con un fotomicroscopio y se analizaron con el programa UTHSCSA versión 3.0 (Wilcox *et al.*, 2002). Se midieron 289 estructuras. Los valores de las mediciones se registraron en micrómetros (μm).

La regla de Dyar establece que, después de la esclerotización, el tamaño de la cápsula cefálica en larvas del orden Lepidoptera se mantiene más o menos constante durante el mismo instar larval con una progresión regular geométrica de una muda a la siguiente (Dyar y Rhinebeck, 1890). La regla de Dyar ha sido usada también para estimar el crecimiento progresivo de larvas del orden coleóptera. En este estudio, por primera ocasión se plantea utilizar la regla de Dyar para conocer si el crecimiento del esqueleto cefalo-faríngeo de las larvas de *D. suzukii* se ajusta a dicha regla. Una vez que se determinó el número de instares larvales, y con el fin de conocer si el crecimiento de las larvas de *D. suzukii* procede de acuerdo con esta regla, la proporción de crecimiento para cada instar larval se calculó como el cociente entre las dimensiones de los ganchos mandibulares en dos instares larvales consecutivos.

6.5. Supervivencia por estado

La supervivencia de *D. sukii* se determinó a partir de la cohorte de 500 huevos mencionado anteriormente. El número de individuos vivos al inicio de cada estado de desarrollo se registró mediante observaciones directas al microscopio estereoscópico. Con los datos de supervivencia se elaboró una tabla de vida de acuerdo a los parámetros reproductivos descritos en el Cuadro 3 (Carey 1982, 1993; Birch 1948).

Cuadro 3. Parámetros reproductivos utilizados para la elaboración de la tabla de vida de *D. sukii*.

Parámetros	Definición	Fórmula de cálculo
X	Edad específica	X
l_x	Proporción de individuos vivos a la edad x .	$l_x = n_x/N$
p_x	Probabilidad de sobrevivir al siguiente intervalo de edad.	$p_x = l_{x+1} / l_x$
q_x	Probabilidad de morir al siguiente intervalo de edad.	$q_x = 1 - p_x$
d_x	Número de individuos que muere en el intervalo de edad, tomando como base el número total o inicial de individuos.	$d_x = l_x - l_{x+1}$
L_x	Número de individuos vivos en promedio durante el intervalo de edad x a $x+1$.	$L_x = (l_x + l_{x+1})/2$
T_x	Número de individuos que viven más de cierta edad	$T_x = T_{x-1} - L_{x-1}$
e_x	Expectativa o esperanza de vida a la edad x	$e_x = T_x/l_x$

La supervivencia se estimó con base al registro del número de individuos muertos por día. Sin embargo, para fines comparativos entre el número de moscas vivas y su reproducción, la construcción de la tabla de supervivencia se realizó considerando como edad específica para el adulto un periodo de siete días, de acuerdo a lo reportado por Emiljanowicz *et al.* (2014), quienes determinaron la supervivencia de *D. sukii* con base a periodos de 10 días. Este periodo de tiempo se eligió con base en estudios previos en los cuales se observó que la mortalidad de los adultos de *D. sukii* incrementó cuando los individuos se manipularon diariamente.

6.6. Mortalidad por estado de desarrollo

La tabla de mortalidad se construyó para cada estado de desarrollo utilizando los datos de mortalidad originados durante la construcción de las tablas de supervivencia. Para ello, se registró el número de individuos muertos en cada estado de desarrollo y se estimaron los diferentes parámetros que describen la mortalidad de acuerdo a Varley *et al.* (1973) (Cuadro 4).

Cuadro 4. Parámetros para la elaboración de tabla de mortalidad por estado de desarrollo de *D. suzukii*.

Parámetros	Definición
Mortalidad aparente	Porcentaje de mortalidad que sucede en cada instar de desarrollo como una proporción del número de individuos vivos al inicio del mismo instar.
Mortalidad real	Porcentaje de mortalidad que sucede en un instar de desarrollo con proporción al número de vivos al inicio de la generación.
Mortalidad indispensable	Porcentaje de la mortalidad que no ocurre cuando el factor causante es removido
Razón mortalidad-supervivencia	Es el aumento que hubiera ocurrido en una población si el factor de mortalidad no hubiera existido.
Valor-K	Es la diferencia entre los logaritmos de dos densidades poblacionales consecutivas.

6.7. Fecundidad aparente

La fecundidad aparente de *D. suzukii* se determinó en dos ambientes diferentes definidos por el volumen y área de los frascos de vidrio transparente utilizados como medio de confinamiento: 1) frasco de 10 mL de capacidad (1.8 cm de diámetro x 5.3 cm de altura, con un área de 35.06 cm²) y 2) frasco de 175 mL de capacidad (3.4 cm de diámetro x 10.6 cm de altura, con un área de 131.38 cm²). En los frascos de 10 y 175 mL se colocaron 5 y 70 mL de dieta artificial, respectivamente, junto con una hembra y un macho (< 24 h de edad) de la generación F3. Posteriormente, estos frascos se cubrieron con algodón envuelto en gasa Quirmex® para favorecer la ventilación y evitar el escape de los insectos.

Para facilitar la manipulación de los adultos, los frascos de vidrio se colocaron dentro de una jaula de madera (50 x 50 x 80 cm) cubierta con tela de organza. Los adultos de *D. suzukii* se transfirieron a nuevos frascos con dieta cada siete días hasta su muerte. La fecundidad aparente se determinó con el número acumulado de pupas formadas por hembra durante periodos de siete días hasta su muerte. Se realizaron 20 repeticiones por cada medio de confinamiento ensayado (frascos de 10 y 175 mL de capacidad). Los datos de fecundidad aparente se organizaron en una tabla de vida, misma que se elaboró de acuerdo a los parámetros descritos en el Cuadro 5 (Carey 1982, 1993; Birch 1948).

Cuadro 5. Parámetros reproductivos utilizados para la elaboración de la tabla de vida de *D. suzukii*, ajustado al número de pupas producidas por cada hembra.

Parámetros	Definición	Fórmula
X	Edad específica.	X
l_x	Proporción de individuos vivos a la edad x .	$l_x = n_x/n_0$
M_x	Número de pupas producidas por hembra por edad.	Total de pupas por hembra durante toda su vida
m_x	Pupas hembra por madre por edad.	$m_x =$ (No. de pupas) (proporción sexual)
$l_x m_x$	Total de hijas/madres/ x .	(No. de hijas) (proporción de madres vivas en la edad x)

6.8. Parámetros demográficos

Los parámetros demográficos descritos por las tasas de supervivencia y fecundidad se organizaron en una tabla de reproducción (fecundidad) y con base en ellos se estimaron los parámetros demográficos de acuerdo a lo descrito por Carey (1982, 1993) y Birch (1948) (Cuadro 6).

Cuadro 6. Parámetros reproductivos utilizados para la elaboración de la tabla de vida de *D. suzukii*.

Parámetros	Definición	Fórmula
M_x	Fecundidad neta	$M_x = \sum M_x$
TBF	Fecundidad bruta	$TBF = \sum m_x$
R_o	Tasa media de reproducción o tasa de reemplazo	$R_o = \sum l_x m_x$
EMR	Edad media de la reproducción	$EMR = (\sum x l_x m_x) / (\sum l_x m_x)$
T	Tiempo generacional	$T = \ln R_o / r_m$
λ	Tasa finita de crecimiento	$\lambda = e^{rm}$
DT	Tiempo de duplicación	$DT = \ln 2 / r_m$
r_m	Tasa instantánea de crecimiento	$\sum l_x m_x \cdot e^{-rmx} = 1$
B	Tasa instantánea de natalidad	$b = r_m B / -1 + e^{rm}$
D	Tasa instantánea de mortalidad	$\sum l_x e^{-m(x+1)} = 1/B$ $d = b - rm$

NOTA: Si $\lambda > 1$, la población está creciendo $rm > 0$; si $\lambda = 1$, la población está estacionaria $rm = 0$; si $\lambda < 1$, la población está decreciendo $rm < 0$.

6.9. Colecta de parasitoides de pupas de *D. suzukii*

Para la colecta en campo de parasitoides de pupas de *D. suzukii* se utilizó el método de colecta de "pupas centinelas". Para obtener estas pupas se realizó lo siguiente. En una jaula con soporte de madera (25 x 25 x 20 cm) cubierta con tela de organza y que contenía aproximadamente 400 adultos de *D. suzukii*, se introdujeron cuatro recipientes de plástico (7 x 6 x 4 cm). Dos de estos recipientes contenían 70 mL de dieta artificial y los otros dos 20 g de frutos de zarzamora en maduración, ambos sustratos sirvieron para la oviposición de las hembras de *D. suzukii*. Después de 12 horas de exposición, los recipientes de plástico se retiraron de la jaula, se cubrieron con tela de organza y se colocaron en una jaula libre de insectos donde se siguió el desarrollo de los huevos hasta la formación de las pupas.

Para enviar las "pupas centinelas" a campo se utilizaron cuatro vasos de plástico (4 x 4 x 3 cm, 35 mL de capacidad); dos de ellos con 30 mL dieta artificial, cada uno, y los otros dos con 3-4 frutos de zarzamora maduros. En cada vaso se colocaron 50 pupas (< 24 h de edad) de *D. sukii* (Figura 3). Los dos vasos que contenían la dieta artificial con las pupas se cubrieron con tela de organza (con orificios de 1 mm de diámetro) para permitir la entrada de los parasitoides. Los vasos con los frutos de zarzamora no se cubrieron con la tela de organza, de esta forma las pupas de *D. sukii* estuvieron más expuestas a los parasitoides.

Con el objetivo de evitar la desecación de la dieta artificial y de los frutos de zarzamora, en campo los cuatro vasos de plástico que contenían las pupas de *D. sukii* se colocaron en un recipiente de plástico (11 x 9 x 8 cm; 250 mL de capacidad), el cual, a su vez, se colocó en la parte interna de la base de una trampa construida con cartón de color amarillo (Figura 3). El recipiente de plástico se sujetó a la trampa con pegamento. La base y el techo de la trampa se sostuvieron con alambre de acero inoxidable (15 cm entre la base y el techo).



Figura 3. Trampa de cartón con cuatro recipientes de plástico (4 x 4 x 3 cm) que contienen "pupas centinelas" de *D. suzukii*; dos con dieta artificial y dos con frutos de zarzamora.

Las trampas con las "pupas centinelas" de *D. suzukii* se colocaron en tres diferentes sitios del municipio de Ziracuaretiro en el estado de Michoacán: a) Caracha, b) Zirimícuaro y c) Patuán (Cuadro 7). En los dos primeros sitios se encuentran cultivos convencionales de zarzamora de la variedad Tupy; mientras que el último se trata de una zona de vegetación de pino-encino con presencia de plantas de zarzamora silvestre. En cada sitio, se colocó una trampa suspendida con un alambre de acero inoxidable de aproximadamente 25 cm de las plantas de

Cuadro 7. Sitios de colocación de las trampas con "pupas centinelas" de *D. suzukii* en cultivos convencionales de zarzamora y en un bosque de pino-encino en el municipio de Ziracuaretiro, Michoacán.

Sitios de colecta	Ubicación del sitio	Fecha de colocación de las trampas y número de pupas							
		20/05/14		27/05/14		03/06/14		10/06/14	
		Fruta	Dieta	Fruta	Dieta	Fruta	Dieta	Fruta	Dieta
*Caracha	19° 26' 15" N y 101° 55' 28" O, 1421 msnm	100	100	100	100	100	100	100	100
*Zirimícuaro	19° 23' 41" N y 101° 57' 46" O, 1270 msnm	100	100	100	100	--	--	--	--
**Patuán	19° 23' 44" N y 101° 55' 12" O, 1281 msnm	100	100	100	100	--	--	--	--

*Cultivos de zarzamora variedad Tupy. **Bosque de pino-encino con zarzamora silvestre.

zarzamora, cultivadas o silvestres, a una altura de 1.5 m sobre el nivel del suelo. Se colocaron 200 pupas/trampa/sitio. Para evitar la emergencia de los adultos de *D. suzukii* en campo, en cada sitio de colecta, las trampas con las "pupas centinelas" se expusieron durante cuatro días, y semanalmente, en el periodo comprendido del 20 de mayo al 10 de junio de 2014.

6.9.1. Identificación de parasitoides

Después de los cuatro días de exposición en campo, las trampas con las pupas centinelas de *D. suzukii* se trasladaron al laboratorio. Los recipientes de plástico que contenían las pupas se colocaron en otros recipientes de plástico (28 x 18 x 8 cm) cubiertos con tela de organza para favorecer la ventilación y evitar el escape de los insectos. Para evitar la desecación, las pupas de *D. suzukii* se hidrataron con agua destilada con ayuda de un atomizador manual. Los insectos se mantuvieron en condiciones ambientales de laboratorio como las descritas en el apartado de "Cría de *D. suzukii*" y se observaron cada 24 h hasta la emergencia de los adultos de *D. suzukii* y de los parasitoides, en caso de estar parasitadas. Los adultos de los parasitoides que se obtuvieron se conservaron en alcohol al 70% en frascos de vidrio y se etiquetaron con su respectivo sitio de procedencia. Con el número de pupas de *D. suzukii* se determinó el porcentaje de parasitismo por cada fecha de trampeo.

La identificación de los parasitoides se realizó a nivel de especie en el LEA del IIAF de la UMSNH por el Dr. José Isaac Figueroa de la Rosa con las claves de Gibson *et al.* (1993) y con la descripción original de la especie de 1920.

7. ANÁLISIS DE DATOS

Los datos de fecundidad aparente, mortalidad por estado de desarrollo y supervivencia por estado se analizaron a través de los modelos demográficos, para ello se utilizaron los métodos descritos por Carey (1982, 1993) y Birch (1948). Se construyeron las gráficas de sobrevivencia, expectativa de vida y fecundidad. Las curvas estandarizadas de los datos de la longitud del arco mandibular se graficaron con el programa Minitab 16.1 (Minitab INC 2012)

8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

8.1. Ciclo de vida de *D. suzukii*

En el presente estudio se determinó el ciclo biológico de *D. suzukii* bajo condiciones ambientales de laboratorio. En el cuadro 8 se muestra el tiempo de duración promedio de cada estado de desarrollo de este insecto. En total, el ciclo de vida de este insecto tuvo una duración de 44 días.

Cuadro 8. Duración (d \pm EE) de los diferentes estados de desarrollo de *D. suzukii* en condiciones ambientales de laboratorio de ~ 25 °C, 56 de humedad relativa (HR) y fotoperiodo de 12:12 h (Luz: Oscuridad).

Estado de desarrollo	(n)	Duración (días)
Huevo	480	0.97 \pm 0.00
Larva	440	4.8 \pm 0.01
Pupa	357	4.4 \pm 0.02
Adulto:		
Hembra	34	34.52 \pm 0.29
Macho	38	33.10 \pm 0.79
Total		43.94 \pm 0.47

n = número de especímenes a los cuales se les siguió su desarrollo.

El estado de huevo tuvo una duración de 23 h, lo cual está dentro del rango observado por Cini *et al.* (2012) quienes mencionaron que los huevos de esta especie pueden eclosionar entre 12 a 72 h. Los huevos de *D. suzukii* cuentan con dos filamentos blancos y largos que corresponden a los tubos respiratorios (Figura 4a), lo cual posiblemente es lo que les permite el desarrollo dentro de los frutos.

Emiljanowicz *et al.* (2014) observaron que, en condiciones de laboratorio, las larvas de *D. suzukii* se desarrollaron en un periodo de 6 días. En este trabajo se determinó que el tiempo de desarrollo del estado de larva (Figura 4b, c, d) se completó en 4.8 días.

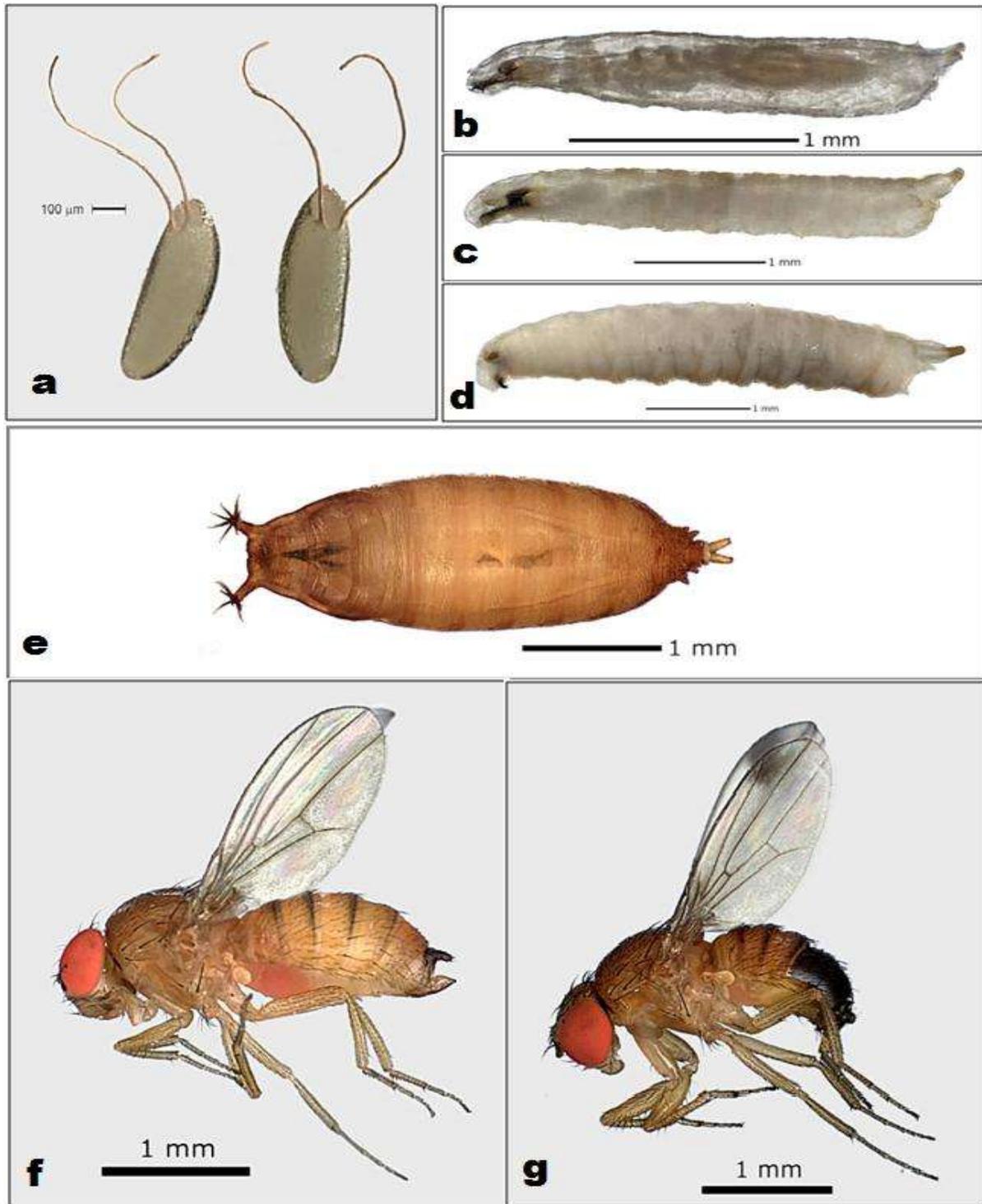


Figura 4. Estados de vida de la mosca de las alas manchadas, *D. suzukii*. Huevo (a), Larva I (b) Larva II (c), Larva III (d), Pupa (e), Hembra (f) y Macho (g).

El periodo de desarrollo de la pupa de *D. suzukii* tuvo una duración de 4.4 días (Cuadro 8). Las pupas son de forma cilíndrica, de color café-rojizo, presentan dos

pequeñas proyecciones en forma de tubo en la parte caudal que corresponden a los espiráculos (Figura 4e). De acuerdo con Cini *et al.* (2012), el periodo de duración del estado de pupa es de 3 a 15 días y normalmente se realiza dentro de la fruta y menos frecuente fuera de ésta.

Respecto a la longevidad de los adultos, las hembras vivieron 34.52 ± 0.29 (n = 34) y los machos 33.10 ± 0.79 (n = 38) días. Los adultos presentan dimorfismo sexual. A diferencia de las hembras, los machos tienen una pequeña mancha oscura en cada ala, localizada en la parte distal de la primera vena longitudinal (Figura 4g). Los machos también presentan, en los tarsos anteriores, dos o más peines sexuales con setas que se encuentran paralelas a lo largo de la pata. Las hembras (Figura 4f) disponen de un ovipositor alargado tipo sierra con dientes continuos altamente esclerosados con el que realizan las incisiones en los frutos para depositar sus huevos. Según Sarto y Sorribas (2011), los adultos de *D. suzukii* pueden vivir entre 21 y 66 días.

Proporción sexual. De un total de 380 pupas, emergieron 55.52% (n = 211) hembras y 44.47% (n = 169) machos.

8.1.1. Determinación de instares larvales

Los valores de la medición de la longitud del arco mandibular de las larvas de *D. suzukii* se distribuyeron en cuatro subpoblaciones que podrían corresponder a cuatro instares larvales (Figura 5). Según estos datos, la primera y segunda subpoblación de larvas tienen una duración aproximada de 24 h, mientras que para la tercera y cuarta es de 12 y 60 h, respectivamente.

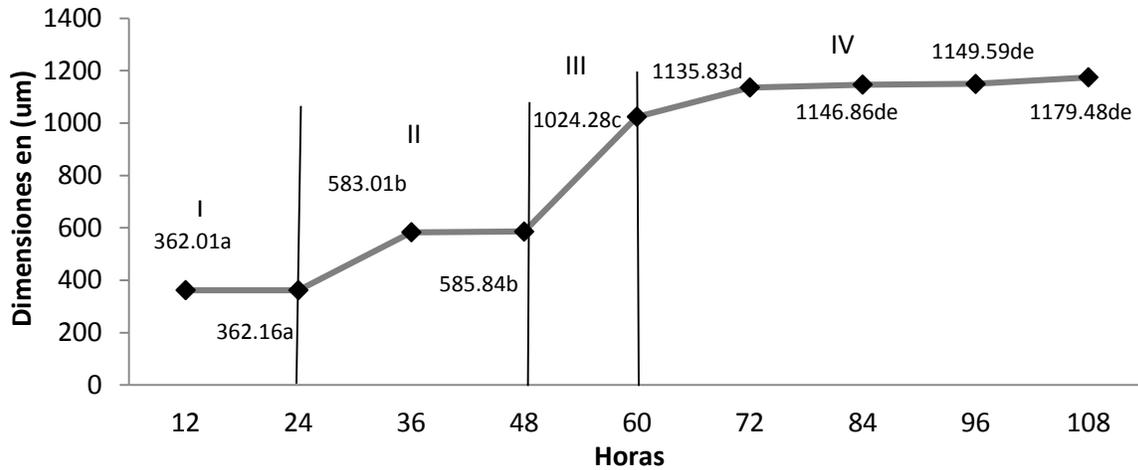


Figura 5. Distribución de las medidas de longitud del arco del gancho mandibular de las larvas de *D. sukukii*.

Debido a que las mediciones de la tercera y cuarta subpoblaciones de las larvas de *D. sukukii* no se diferenciaron, se realizó una gráfica de distribución de frecuencias de todos los valores registrados y se observó una tendencia hacia la presencia de tres instares larvales (Figura 6). Sin embargo, entre las dimensiones de 912 a 1038 µm se observaron dos pequeñas curvas, lo que, de acuerdo con el ANOVA, indica la posibilidad de la presencia de cuatro instares.

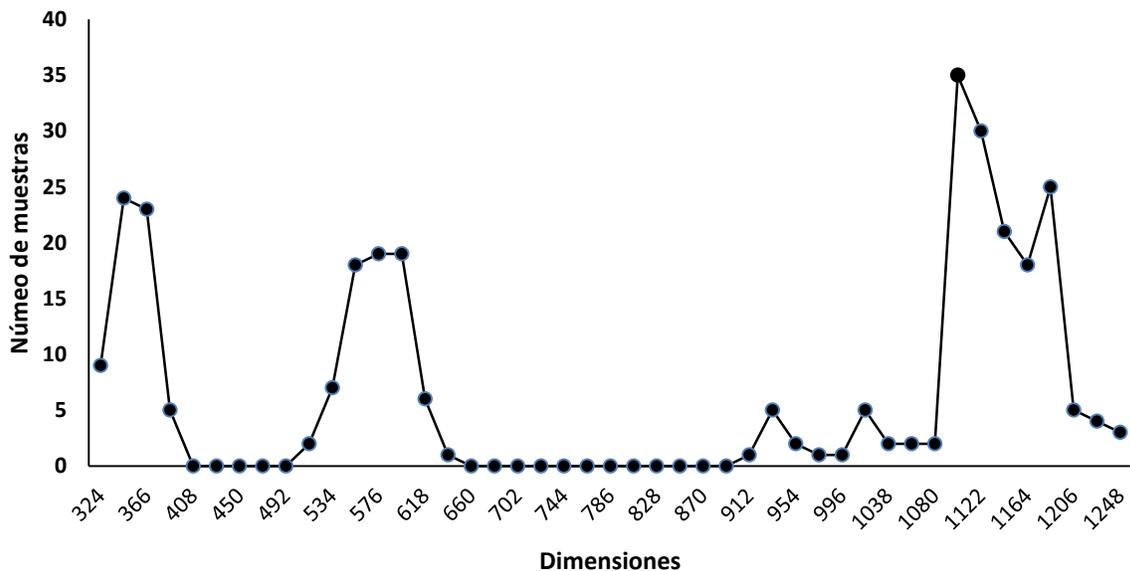


Figura 6. Distribución de frecuencias de las medidas de longitud del arco del gancho mandibular de las larvas de *D. sukukii*.

Posteriormente, se realizó un análisis discriminante con el programa SAS versión 9.3, mediante el cual se agruparon los valores de cada uno de estos cuatro posibles instares y se calcularon las medias y desviaciones estándar, tal y como se realizó para la separación de instares larvales del gorgojo pinto del frijol, *Zabrotes subfasciatus* Boh (Coleoptera: Bruchidae) (Rodríguez *et al.*, 2000) (Cuadro 9).

Con esta información se obtuvieron las curvas estandarizadas que representan a los cuatro instares (Figura 7). Los valores que representan a los instares I y II están bien diferenciados, pero no los que correspondieron a los instares III y IV. Esto significa que hay un traslape entre las medidas de estos dos últimos instares.

Cuadro 9. Medias y desviaciones estándar de las medidas de longitud del arco del gancho mandibular de las larvas de *D. suzukii*.

Instar	N	Media	Dev tip
I	61	362.1	17.3
II	72	584.4	25.8
III	22	1024.3	75.8
IV	135	1151.3	36.7

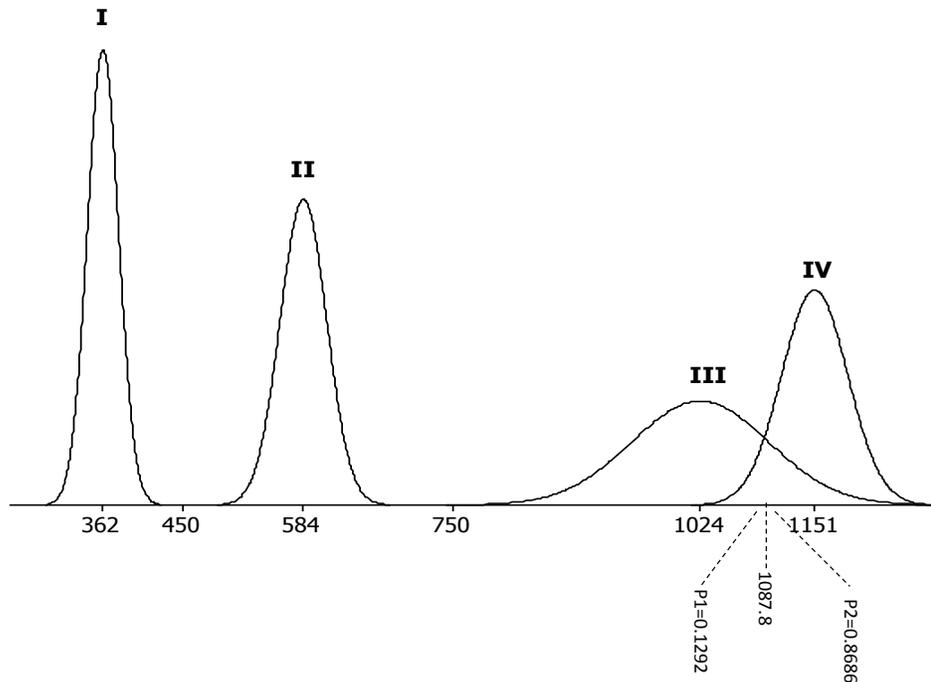


Figura 7. Curvas normales de distribución de las mediciones de la longitud del arco del gancho mandibular de los cuatro instares de *D. sukukii*, las medias, el punto de intersección entre las curvas y sus probabilidades de traslape (Pb_1 y Pb_2).

El cuadro 10 presenta los valores mínimos y máximos de las mediciones de cada instar, mismos que se pueden usar para fines prácticos en la identificación de los instares. Los límites entre los instares I y II están separados, pero los del III y IV instar se traslapan (1189 valor máximo del III instar y 1087 valor mínimo del IV instar). Debido a que los instares no estaban totalmente separados, se procedió a calcular las probabilidades de traslape entre el III y IV instar. Para determinar el número de individuos y su probabilidad dentro del traslape, se consideró que la media y la desviación estándar (Cuadro 9) son los valores de los parámetros μ y σ , respectivamente. Para ello, se usó la fórmula de Infante y Zárate (1986), misma que se utilizó para separar los instares larvales de *Z. subfasciatus* (Rodríguez *et al.*, 2000).

$$P[X > X_0] \cong [Z > X_0 - \mu / \sigma]$$

Donde: X es una variable normal con media μ y desviación estándar σ ; X_0 es el valor de la X donde se cruzan las curvas normales; y Z es la normal estándar.

Cuadro 10. Valores mínimos y máximos de las medidas de longitud del arco del gancho mandibular de *D. sukukii*.

Instar	N	Mínimo	Máximo
I	61	323.7	396.3
II	72	527.5	639.2
III	22	930.3	1189.1
IV	135	1087.1	1254.4

En términos de probabilidad, los valores de la Figura 7 significan que la probabilidad (Pb_2) de que un individuo del tercer instar se confunda o agrupe con uno del cuarto instar es aproximadamente de 86 individuos en cien y que uno de cuarto instar se confunda con uno del tercero es de 12 individuos en cien (Pb_1). Por lo tanto, de acuerdo al tamaño del traslape se concluye que el estado de larva de *D. sukukii* tiene solamente tres instares larvales (Figura 8). Este resultado concuerda con los de Cini *et al.* (2012), quienes reportaron la presencia de tres instares larvales en esta especie. Sin embargo, a diferencia del presente estudio, estos autores no mencionaron la duración de cada uno de ellos.

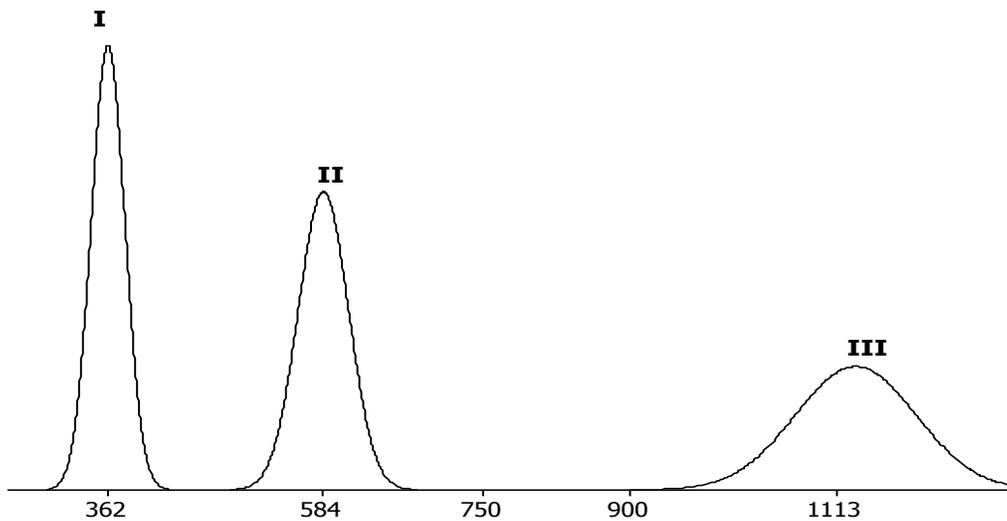


Figura 8. Curvas normales que representan la distribución de las medidas de longitud del arco del gancho mandibular de los tres instares larvales de *D. suzukii*.

No existen referencias respecto a la determinación de los instares larvales mediante estructuras quitinizadas presentes en el cuerpo de las larvas de Diptera superiores. Sin embargo, en otros insectos tales como *Bephratelloides cubensis* Ashmead (Hymenoptera: Eurytomidae) (Hernández *et al.*, 2010) y *Z. subfasciatus* (Rodríguez *et al.*, 2000), se determinaron los instares larvales a través de la medición de las mandíbulas y cápsulas cefálicas, respectivamente. La medición del esqueleto cefalofaríngeo puede presentar poca dificultad en la separación de instares larvales; sin embargo, puede haber traslapes entre instares que propicien incertidumbre en la determinación de un instar en particular.

8.1.2. Proporción de crecimiento larval

La longitud del arco del gancho mandibular de *D. suzukii* fue de 362, 584 y 1133 μm para las larvas de primero, segundo y tercer instar, respectivamente (Cuadro 11). La proporción de crecimiento del primero al segundo instar y del segundo al tercer instar fue de 1.61 y 1.93 veces, respectivamente. Por lo tanto, el promedio de la proporción de crecimiento de esta especie fue de 1.77. Este valor no es consistente con la constante de crecimiento de la regla de Dyar, la cual establece que, después de cada

muda, el crecimiento larval incrementa geométricamente con un promedio constante para cada especie de aproximadamente 1.40 (Dyar y Rhinebeck, 1890).

Cuadro 11. Longitud promedio ($\mu\text{m} \pm \text{EE}$) del arco del gancho mandibular de los diferentes estadios larvales de *D. suzukii*.

Instar larval	N	Longitud del arco del gancho mandibular	Proporción de crecimiento
I	61	362.07 ± 2.21	
II	72	584.35 ± 3.04	1.61
III	157	1133.48 ± 4.97	1.93
Promedio			1.77

n = número de ganchos mandibulares medidos.

Existen diversos reportes de especies de insectos donde las proporciones de su crecimiento larval no se ajustan a la regla de Dyar. Al respecto, en *Ochrogaster lunifer* Herrich-Schaffer (Lepidoptera: Thaumetopoeidae) (Floater, 1996), *Copitarsia incommoda* Walker (Lepidoptera: Noctuidae) (Flores *et al.*, 2005) y *Z. subfasciatus* (Rodríguez *et al.*, 2000), las proporciones de crecimiento larval fueron de 1.30, 1.35 y 1.88 veces, respectivamente. Sin embargo, en *Conotrachelus psidii* Marshall (Coleoptera: Curculionidae) (1.37 veces) (Bailez *et al.*, 2003), *Heliothis zea* Boddie (Lepidoptera: Noctuidae) (1.41 veces) (Zúñiga, 2005) y *Comadia redtenbacheru* Hamm (Lepidoptera: Cossidae) (1.42 veces) (Hernández-Libera *et al.*, 2005), las proporciones de su crecimiento larval se ajustaron a la regla de Dyar. Estas diferencias pueden ser debido a las características intraespecíficas, las cuales están condicionadas por factores geográficos y ambientales y el tipo y calidad de los alimentos suministrados (especies de plantas) (Calvo y Molina, 2008).

8.2. Supervivencia y expectativa de vida por estado de desarrollo

Los resultados indicaron que la proporción de supervivencia (l_x) presentó una tendencia similar a la curva de supervivencia tipo I de acuerdo con la clasificación de Pearl (1941). Es decir, la supervivencia durante las primeras edades, de la edad 0 a la edad 21 y 33 para machos y hembras, se mantuvo constante. Posteriormente, disminuyó en forma lineal hasta los días 39 y 43 en hembras y machos, respectivamente. Al final de la tendencia de supervivencia se invirtió y las hembras vivieron menos tiempo que los machos (Cuadro 12, Figura 9A). En forma general, la tabla de vida describe que la supervivencia disminuyó significativamente de pupa a adulto y durante las dos últimas edades o periodos de siete días. Las observaciones individuales permitieron determinar que el individuo más longevo fue de 42 y 38 días para machos y hembras, respectivamente.

Cuadro 12. Tabla de vida de hembras de *D. sukuzii* criadas sobre dieta artificial.

Estado	Intervalo (x)	l_x	p_x	d_x	q_x	L_x	T_x	e_x
Huevo	0-1	1	0.96	0.40	0.40	0.98	37.70	37.70
Larva	2-6	0.96	0.91	0.08	0.08	0.92	31.88	33.32
Pupa	7-11	0.88	0.86	0.12	0.13	0.82	27.44	31.18
A1	12-18	0.76	1	0	0	0.76	22.06	29.02
A2	19-25	0.76	1	0	0	0.76	16.74	22.02
A3	26-32	0.76	1	0	0	0.76	11.42	15.02
A4	33-39	0.76	1	0	0	0.76	6.10	8.02
A5	40-46	0.51	0.78	0.11	0.21	0.45	1.01	1.97
A6	47-51	0	0	0	0	0	0	0

A: Fase de adultos en intervalos de 7 días.

La curva de expectativa de vida indicó que los machos presentan mayores valores que las hembras (Figura 9B). Los resultados obtenidos en cuanto la expectativa de

vida para los diferentes estados fueron menores a los reportados por Emiljanowicz *et al.* (2014) donde *D. sukuzii* presentó una expectativa de vida de 56, 63 y 74 días para los estados de huevo, larva y pupa, respectivamente.

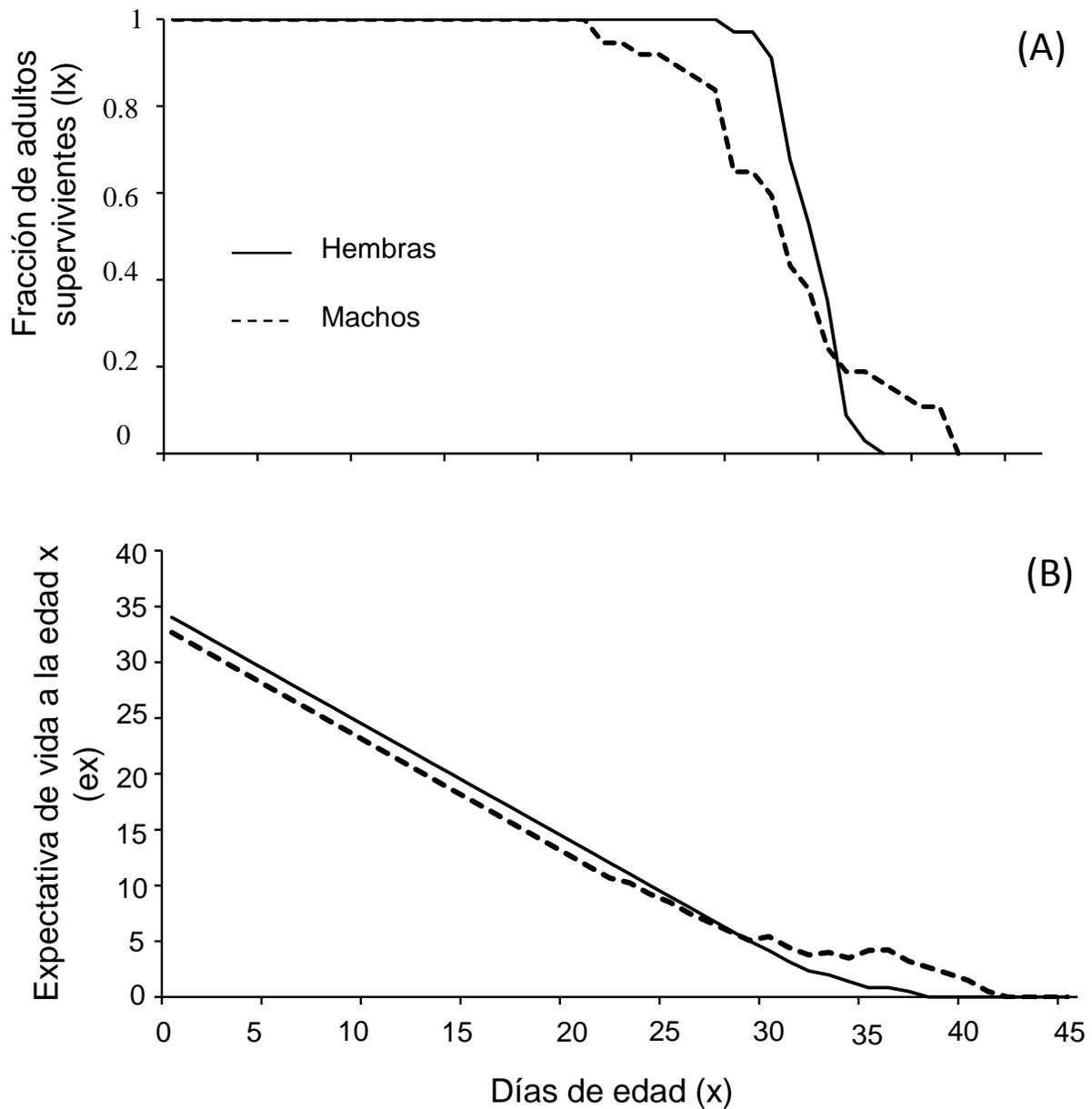


Figura 9. (A) Supervivencia (l_x) y (B) expectativa de vida (e_x) de machos y hembras de *D. sukuzii* alimentados con dieta artificial.

8.3. Mortalidad por estado específico

La proporción de individuos que alcanza la edad adulta fue del 76%. Esto significa que de la cohorte inicial de 500 huevos de *D. sukuzii* emergieron 380 adultos. La mortalidad total de los estados inmaduros fue de 24%. La tasa de mortalidad mayor se presentó en el estado de pupa con un 13.6%, por lo que el valor más alto de K-valor correspondió a este estado de desarrollo (Cuadro 13).

Cuadro 13. Tabla de mortalidad de los estados de desarrollo de *D. sukuzii* criados sobre dieta artificial.

Parámetro	Estados de desarrollo			
	Huevo	Larva	Pupa	Adulto
n_x	500	480	440	380
d_x	20	40	60	
Mortalidad aparente (%) (MA)	4	8.33	13.63	
Mortalidad real (%) (MR)	4	8	12	
Mortalidad indispensable (%) (MI)	3.17	6.91	12	
Tasa de mortalidad marginal (TMM)	0.04	0.08	0.13	
Razón m/s	0.01	0.02	0.03	
Log n_x	2.70	2.68	2.64	2.58
K- valor	0.02	0.04	0.66	0.12

8.4. Fecundidad aparente

El número promedio de pupas obtenidas por hembra durante toda su vida fue de 186 y 358 cuando se confinaron en frascos de vidrio transparente de 10 y 175 mL, respectivamente (Figura 10). Además, el periodo de reproducción fue menor en las hembras confinadas en los frascos de mayor volumen. Previamente, se reportó que la fecundidad de *D. sukuzii* fue de entre 219-563 en frutos de cerezo (Kanzawa, 1939) y 635 huevos sobre dieta artificial a temperatura de 22 °C (Emiljanowicz *et al.*, 2014). Las diferencias entre los resultados del presente estudio y los reportados por estos

autores pueden ser debido a que en este trabajo se determinó la formación de las pupas por hembra, mientras que en sus estudios Emiljanowicz *et al.* (2014) y Kanzawa (1939) contabilizaron el total de los huevos depositados por las hembras durante toda su vida. En otros drosófilidos, tales como *Drosophila simulans* y *D. melanogaster* Sturtevant la producción de huevos fue de 17-493 (Taylor *et al.*, 2008) y 1000 huevos durante toda su vida (McMillan *et al.*, 1969), respectivamente.

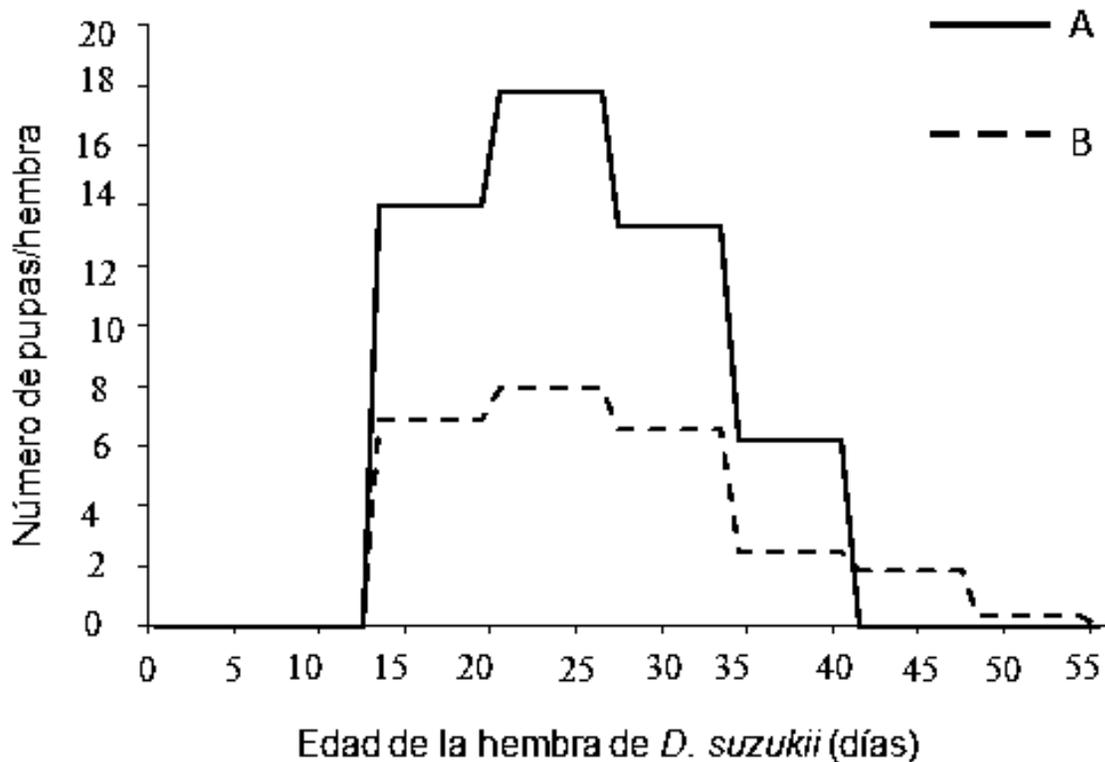


Figura 10. Influencia del volumen y densidad sobre la reproducción expresada como el número acumulado de pupas por hembra de *D. sukukii* cuando se colocaron en: (A) Frascos de 175 mL y (B) Frascos de 10 mL.

8.5. Parámetros demográficos

El volumen y el área tuvieron una influencia sobre los valores de los parámetros poblacionales de *D. sukukii*. La tasa media de reproducción (R_0) y la tasa instantánea de crecimiento (r_m) fueron mayores en las hembras que se desarrollaron en los frascos de 175 mL de capacidad comparado con los valores observados para las hembras confinadas en frascos de 10 mL (Cuadro 14). La edad media de

reproducción (EMR) y el tiempo de duplicación (TD) de la población mostraron valores similares en los dos recipientes.

Cuadro 14. Parámetros poblacionales de *D. sukuzii* criados en dos ambientes diferentes definidos por el volumen y área de los frascos de vidrio transparente utilizados como medio de confinamiento.

Parámetros poblacionales	Ambiente de confinamiento	
	Frasco de 10 MI	Frasco de 175 mL
Fecundidad neta	183	359
Fecundidad bruta TBF	91.525	179.425
Tasa media de reproducción R_o	67.801	132.319
Edad media de la reproducción EMR	25.600	24.175
Tiempo generacional T	25.600	24.175
Tiempo de duplicación DT	4.208	3.430
Tasa instantánea de crecimiento r_m	0.204	0.247
Tasa finita de crecimiento λ	1.227	1.281
Tasa instantánea de natalidad b	0.176	0.202
Tasa instantánea de mortalidad d	0.028	0.045

En la Figura 11 se observan las curvas de supervivencia (l_x) y fecundidad (m_x). La sobrevivencia de los adultos colocados en los frascos de 175 mL empezó a declinar a edades más tempranas (Figura 11A) en comparación con lo observado para hembras confinadas en frascos de 10 mL (Figura 11B).

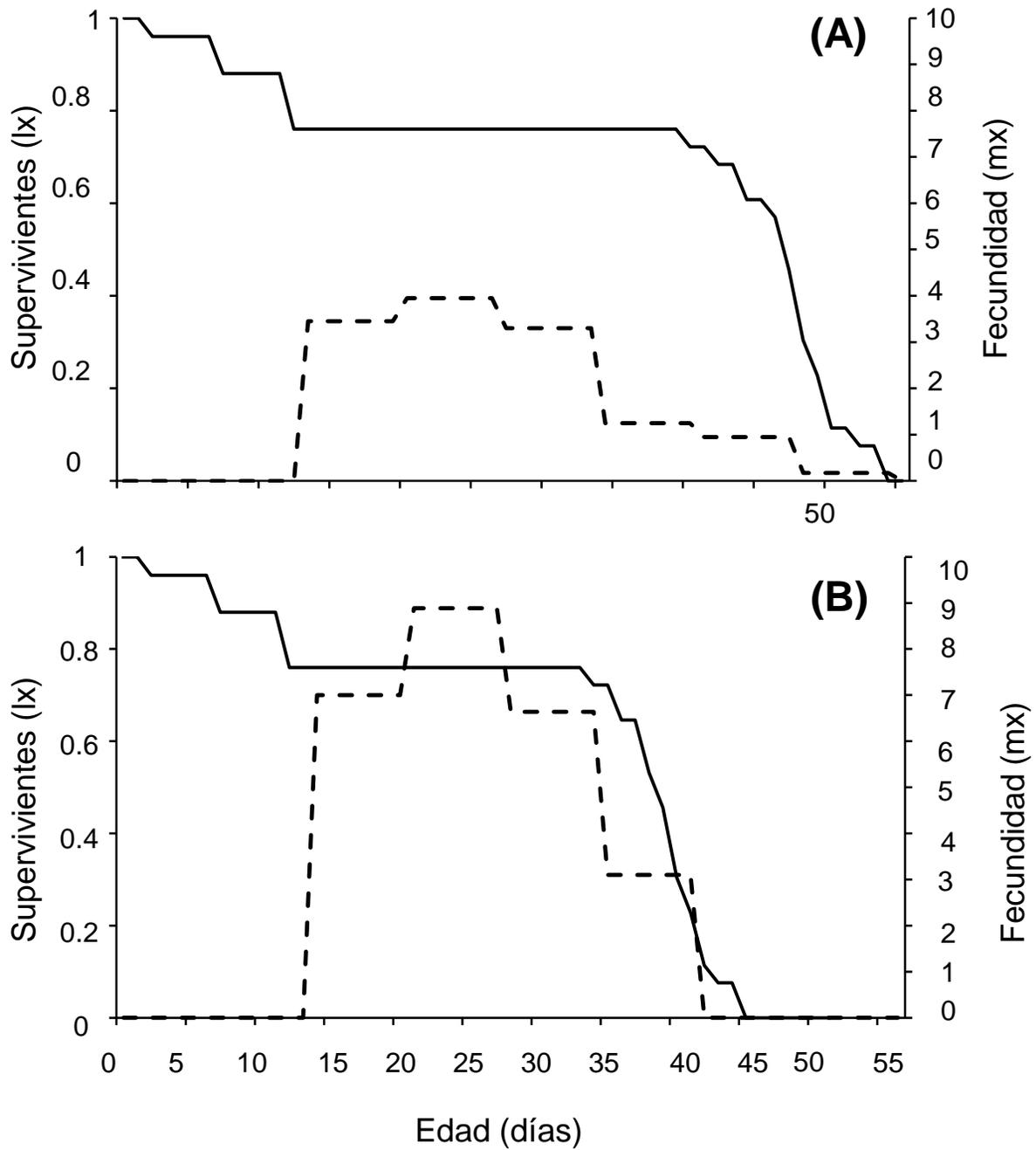


Figura 11. Supervivencia (l_x) expresada como el número de individuos vivos y fecundidad (m_x) expresada como el número de hijas obtenidas por hembra de *D. sukii* para los dos ensayos realizados: A) frascos de 10 mL B) frascos de 175 mL.

Los valores de reproducción registrados para *D. suzukii* indicaron que cuando se confinaron en frascos de 175 mL, su periodo reproductivo estuvo comprendido entre los días de edad 13 al 40. Es decir, presentó un periodo de oviposición de 27 días. Mientras que las hembras colocadas en frascos de 10 mL presentaron menores valores de fecundidad, aunque su período reproductivo fue de 10 días más (37 días) (Figura 11 AB). Los picos de mayor producción de pupas se registraron en el periodo del día 20 al día 26 para ambos ensayos.

Los valores de la tasa media de reproducción obtenida en este trabajo fue menor con respecto al valor reportado por Tochen *et al.* (2014), mientras que la *rm* fue ligeramente mayor con respecto al valor obtenido en hembras confinadas en frascos de 175 mL.

8.6. Fertilidad de *D. suzukii*

De un total de 800 huevos observados, provenientes de varias hembras de *D. suzukii*, se registró un 96.25% de fertilidad, lo cual es mayor a lo observado por Emiljanowicz *et al.* (2014) quienes registraron un 80%. Sin embargo, está dentro del rango observado para las especies *Drosophila yangana* Rafael & Vela (89%) y *Drosophila inca* Dobzhansky & Pavan (Diptera: Drosophilidae) (93%) (Mafla, 2005). Los huevos de *D. suzukii* que no eclosionaron adquirieron una coloración oscura y presentaron una cubierta viscosa.

8.7. Parasitoides de pupas de *D. suzukii*

De las "pupas centinelas" solamente se obtuvo al ectoparasitoide solitario *P. vindemmiae* (Figura 12ab) en el sitio Caracha. Se obtuvo 7, 25 y 23% de parasitismo en las fechas de colecta del 27 de mayo, 3 y 10 de junio de 2014, respectivamente (Cuadro 15). Además, estos parasitoides se recuperaron de las pupas que se colocaron en los vasos de plástico que contenían los frutos de zarzamora. No se obtuvieron ejemplares de parasitoides de las pupas que se colocaron en los vasos de plástico sobre la dieta artificial en ninguna de las fechas y sitios muestreados. Los adultos de *P. vindemmiae* se encuentran depositados en la Colección de Hymenoptera Parasítica del IIAF-UMSNH.



Figura 12. Hembra de *P. vindemmiae* parasitando a una pupa de *D. suzukii* (a) y pupas de *D. suzukii* mostrando el orificio de salida del adulto de *P. vindemmiae* (b).

Cuadro 15. Porcentaje de parasitismo de *P. vindemmiae* en "pupas centinelas" de *D. suzukii* en tres localidades del municipio de Ziracuaretiro, Michoacán.

Sitios de colecta	Fecha de colocación de las trampas							
	20/05/14		27/05/14		03/06/14		10/06/14	
	Fruta	Dieta	Fruta	Dieta	Fruta	Dieta	Fruta	Dieta
*Caracha	0	0	7	0	25	0	23	0
*Zirimícuaro	0	0	0	0	ND	ND	ND	ND
**Patuán	0	0	0	0	ND	ND	ND	ND

*Cultivos de zarzamora variedad Tupy. **Bosque de pino-encino con zarzamora silvestre.

Se colocaron 200 pupas/trampa/sitio.

ND. No determinado porque no se enviaron "pupas centinelas" a campo.

Originalmente, *P. vindemmiae* se describió en Italia como *Pteromalus vindemmiae* en octubre de 1875 por el profesor Camillo Rondanii (Stacconi *et al.*, 2013). Es una especie cosmopolita que se ha registrado alrededor de 60 países de todo el mundo (Domínguez *et al.*, 2008). Este insecto se comporta como ectohiperparasitoide facultativo de pupas y en algunos casos se ha reportado como superparasitoide y multiparasitoide (Tormos *et al.*, 2009). Las pupas del orden Diptera son los principales hospederos de *P. vindemmiae* (IVIA, 2015). Entre ellas destacan las especies de moscas de las frutas, *Anastrepha ludens* Loew, *Anastrepha obliqua* Macquart, *Anastrepha sororcula* Zucchi, *A. fraterculus*, *A. suspensa*, *C. capitata*, *Batrocera passiflorae* Froggatt, *B. Oleae*, *Myiopardalis pardalina* Bigot, *Rhagoletis cingulata* Loew, *Rhagoletis fausta* Osten, *Rhagoletis indifferens* Curran y *Terellia fuscicornis* Loew (Noyes, 2014), todas de la familia Tephritidae.

Pachycrepoideus vindemmiae se introdujo en México durante las décadas de los 50's, 60's y 70's desde Costa Rica para el control biológico de *A. ludens* en los estados de Morelos, Tamaulipas, Jalisco, Nayarit, Colima, Oaxaca, Veracruz y Chiapas (Aluja, 1993). Recientemente, se reportó a este parasitoide sobre pupas de *D. suzukii* en cultivos de zarzamora (*Rubus fruticosus* L.) en la huerta "Los Pichos", ubicada en Quesería, municipio de Cuauhtémoc, en el estado de Colima (Moreno *et al.*, 2015). La asociación del complejo *P. vindemmiae*-*D. suzukii* ya se reportó en otros países. Stacconi *et al.* (2013) reportaron que *P. vindemmiae* causó 4% y 94% de parasitismo sobre pupas de *D. suzukii* en cultivos de arándano y vid en la provincia de Trento, en el norte de Italia, y Oregón en el noroeste del Pacífico de los Estados Unidos de América, respectivamente. Sin embargo, bajo condiciones controladas de 22 °C, 55% HR y un fotoperiodo de 14:10 h (Luz: Oscuridad) estos mismos autores reportaron hasta 68% de parasitismo sobre las pupas de esta plaga.

Pachycrepoideus vindemmiae se ha utilizado como agente de control biológico contra diferentes especies de insectos plaga (Camacho, 2000). En Hawai, se utilizó para el control de las moscas *C. capitata* y *Anastrepha* spp.; en Costa Rica se crió de forma masiva para el control de *C. capitata* (Ovruski *et al.*, 2000) y la mosca del establo, *Stomoxys calcitrans* L. (Diptera: Muscidae) (Peterson y Watson, 1992) y en México se utilizó para el control de la mosca de la guayaba, *A. estriata*

(SAGARPA, 2004). En el presente estudio *P. vindemmiae* se reporta por primera vez en el estado de Michoacán sobre pupas de *D. suzukii*. Actualmente, se están realizando los estudios de biología y capacidad de parasitismo de este parasitoide con el fin de determinar su potencial como agente de control biológico de esta plaga invasora en México.

9. CONCLUSIONES

Este estudio confirma el enorme potencial de desarrollo de *D. suzukii*, donde podemos observar que una población se puede duplicar en 3 días.

La medición de la longitud del arco del gancho mandibular de *D. suzukii* nos proporcionó la separación de instares larvales, siendo este el primer reporte donde se usa una estructura quitinizada en el cuerpo de las larvas de las mosca de las alas manchadas.

Pachycrepoideus vindemmiae fue el único parasitoide de pupa de *D. suzukii* que se encontró, no obstante, antes de poder plantear su utilización como agente de control biológico se necesita realizar investigaciones sobre este insecto, considerando la múltiple complejidad de condiciones naturales para el desarrollo del parasitoide y su interacción con otros dípteros y parasitoides.

Los resultados obtenidos en este estudio son básicos para continuar con nuevas investigaciones para el desarrollo de mejores programas de monitoreo y manejo de *D. suzukii*.

10. BIBLIOGRAFÍA

- Aluja, M. 1993. Manejo integrado de la mosca de la fruta (Diptera; Tephritidae) 2a. edición. Trillas, Mexico Instituto de ecología. 251p.
- Arnó, J., J. Riudavets y R. Gabarra. 2012. Survey of host plants and natural enemies of *Drosophila suzukii* in an area of strawberry production in Catalonia (northeast Spain). Bulletin. (80): 29-34. Catalonia.
- Bailez, O. E., A. M. Viana-Bailez, J. O. G. De Lima y D. D. O. Moreira. 2003. Life history of the guava weevil, *Conotrachelus psidii* Marshall (Coleoptera:Curculionidae), under laboratory conditions. Neotropical Entomology 32: 203-207.
- Birch, L.C. 1948. The intrinsic rate of natural increase of an insect population. Journal of Animal Ecology 17 (1): 15-26.
- Bolda, M. P., R. E. Goodhue y F. G. Zalom. 2010. spotted wing drosophila: potential economic impact of a newly established pest. Giannini foundation of Agricultural Economics (13): 5-8.
- Calabria, G., J. Máca., G. Bächli., L. Serra y M. Pascual. 2010. First records of the potential pest species *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in Europe. Journal of Applied Entomology. 136 : 139-147.
- Calvo, D. y J. M. Molina. 2008. Head capsule width and instar determination for larvae of *Streblote panda* Hübner (Lepidoptera: Lasiocampidae). Entomological Society of America 1001(5): 881-886.
- Camacho, V. H. 2000. Integrated house fly management in Costa Rica., XXI International Congress of Entomology, 20-26 de agosto de 2000, Brasil, 2:

1022. En línea:
http://www.nhm.ac.uk/resources/researchcuration/projects/chalcidoids/pdf_X/Camach2000.pdf. Fecha de consulta: junio 2014.

Carey, J. R. 1982. Demography and population dynamics of the Mediterranean fruit fly. *Ecology Modelling* 16: 125-150.

Carey, J. R. 1993. Applied demography for biologists with special emphasis on insects. Oxford University Press, New York, NY.

Cini, A., C. Loriatti y G. Anfora. 2012. A review of the invasion of *Drosophila suzukii* in Europe and a draft research agenda for integrated pest management. *Bulletin of Insectology*. 65 (1): 149-160.

COFEPRIS, 2009. Catálogo de plaguicidas autorizados en México. Secretaria de Salud.: <http://www.cofepris.gob.mx/> (Consultado en línea en junio de 2013)

Charbert, S., R. Allemand, M. Poyet, N. Ris y P. Girbert. 2013. *Drosophila suzukii*, versune lute biologique contre ce ravageur des fruit rouges. Dossier. (660): 34-38.

Cuch, A. N., L. A. Escudero., M. Forshage y J. Pujade. 2013. Identificadas dos especies de Hymenoptera como probables parasitoides de *Drosophila suzukii* en una plantación ecológica de cerezos en Begues. *Phytoma*. España. (247):1-6.

Cuthbertson, S. A., D. A. Collins., L. F. Blackburn., N. Audsley Y H. A. Bell. 2014. Preliminary Screening of Potential Control Products against *Drosophila suzukii*. *Insects*. (5) 488-498.

- Dirección General de Sanidad Vegetal (DGSV). Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria (CNRF). 2011. Mosca del vinagre (*Drosophila suzukii*). Ficha Técnica. México, D.F. 7p.
- Dirección General de Sanidad Vegetal (DGSV). Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria (CNRF). 2012. Mosca del vinagre (*Drosophila suzukii*). Ficha Técnica. México, D.F. 22p.
- Dirección General de Sanidad Vegetal (DGSV). Dirección de regulación fitosanitaria. 2012. Lineamientos por los que se establecen las acciones fitosanitarias para el manejo y control de *Drosophila suzukii* en México. 6 p.
- Domínguez, M. C., E. Alves, R., Fernández y M. Campos. 2008. Implicaciones del parasitismo de *Pachycrepoideus vindemmiae* (Hymenoptera: Pteromalidae) en pupas de diferentes edades de *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). VIII Congreso SEAE, Bullas, Murcia.1-10.
- Dyar, H. G. y N. Y. Rhinebeck. 1890. The number of moles of lepidopterous larvae. Psyche. 5: 420-422.
- Emiljanowicz, L. M., G. D. Ryan., A. Langille y J. Newman. 2014. Development, reproductive output and population growth of the fruit fly pest *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) on artificial diet. Journal of Economic Entomology. 107(4): 1392-1398.
- Escudero, L. A., D. Bosch y L. Batllori. 2012. *Drosophila suzukii*, una nueva plaga de los frutales. Vida Rural. España. 18-22.
- Floater, G. J. 1996. The brooks-Dyar rule and morphometrics of the processionary caterpillar *Ochrogaster zunifer* Herrich-Schaffer (Lepidoptera: Thaumetopoeidae). Australian Journal of Entomology. 35: 271-278.

- Flores, R. L., N. Bautista, J. Valdéz, O. Morales y S. Quiñones. 2005. Comparación de dos técnicas de medición de cápsulas cefálicas para separar estadios larvales de *Copitarsia incommoda* Walker (Lepidoptera: Noctuidae). *Acta Zoológica Mexicana* 21(2): 109-113.
- Florez, E y M. Wolff. 2009. Description and key to the main species of Calliphoridae (Diptera) larvae of forensic importance from Colombia. *Neotropical Entomology*. 38(3): 22.
- Gabarra R., J. Arnó y J. Riudavets. 2012. Primeros resultados sobre *Drosophila suzukii*: huéspedes, susceptibilidad de los frutos y enemigos naturales. *Phytoma España*: (240): 46-52.
- Gibson, G. A. P. 1993. Superfamilies Mymarommatoidea and Chalcidoidea pp. 570-655 En: Goulet H. y J. T. Huber (eds.) *Hymenoptera of the world: An identification guide to families*, Centre for Land and Biological Resources Research, Ottawa, Ontario Canadá.
- Grassi, A., L. Palmier y L. Giongo. 2009. *Drosophila suzukii* (Matsumura) nuovo fitofago per i piccoli frutti in Trentino. http://www.ufficiostampa.provincia.tn.it/binary/pat_ufficio_stampa/terra_trentina/PATTN_Not_TerraTrentina_10.1259743077.pdf (Consultado en línea en junio de 2013).
- Guerrero, A. M. 2011. Las moscas de la fruta. *Revista de la Sociedad Española de Calidad Asistencial*. Madrid, España. 1:17-23.
- 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 Management Science*. 67:1352-1357.

- Hernández, L., M. A. Urias y N. Bautista. 2010. Biología y hábitos del barrenador de la semilla *Bephratelloides cubensis* Ashmead (Hymenoptera: Eurytomidae). *Neotropical Entomology*. 39(4): 527-534.
- Hernández, L. R. A., C. C. Llanderal, L. E. Castillo, J. Valdéz y R. Nieto. 2005. Identificación de instares larvales de *Comadia redtenbacheri* Hamm (Lepidoptera: Cossidae). *Agrociencia*. 39: 539-544.
- Infante, G. y G. Zárate. 1986. Métodos estadísticos. Un enfoque interdisciplinario. Trillas, México. pp: 212-216. SAS Institute. 1988. SAS/STAT User's Guide. Version 6.03. pp: 359-447.
- Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA). 2015. Gestión Integrada de Plagas y Enfermedades en Cítricos. <http://gipcitricos.ivia.es/pachycrepoideus-vindemmiae-rondani.html>. (Accesada en febrero 2015)
- Kanzawa, T. 1939. Studies on *Drosophila suzukii* Mats. *Journal of Plant Protection*. 24: 315.
- Kasuya, N., M. Hideyuki, S. Ideo, M. Watada y M. Kimura. 2013. Ecological, morphological and molecular studies on ganaspis individuals (Hymenoptera: Figitidae) attacking *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae.). *The Japanese Society of Applied Entomology and Zoology* (10): 1-2.
- Mafla, M. A. 2005. Ciclos de vida y componentes de la aptitud de *Drosophila inca* y *D. yangana* (Diptera: Drosophilidae). *Iheringia Série Zoología* 95 (1): 89-91

- McMillan, I., M. Fitz, L. Butler y D. S. Robson. 1969. Quantitative genetics of fertility II. Lifetime egg production of *Drosophila melanogaster* - experimental. *Genetics* 65: 355-369.
- Moreno, C. G., B. Rodríguez., J. A. Sánchez y H. C. Arredondo. 2015. Trampeo y registro del parasitoide *Pachycrepoideus vindemmiae* (Rondani) (Hymenoptera: Pteromalidae) sobre *Drosophila suzukii* (Matsumura) (Diptera: Drosophilidae) en México. *Southwestern Entomologists* 40(1): 199-203.
- Naranjo, J. M., M. A. Mellin, V. D. González, J. A. Sanchez, G. Moreno y H. C. Arredondo. 2014. Susceptibility of *Drosophila suzukii* Matsumura (Diptera: Drosophilidae) to entomophatogenic fungi. *Southwestern Entomologist* 39 (1):201-203.
- Noyes, J. S. 2015. Universal Chalcidoidea base de datos. En línea: <http://www.nhm.ac.uk/researchcuration/research/projects/chalcidoids/database/detail.dsml?FamilyCode=PZD&VALGENUS=Pachycrepoideus&VALSPECIES=vindemmiae&VALAUTHOR=%28Rondani%29&VALDATE=1875&ValidAuthBracket=&TAXONCODE=&HOMCODE=0&&listPageURL=browseMedia.dsml%3F>. (Accesa en mayo 2015)
- Ovruski, S., M. Aluja, J. Sivinski y R. Wharton. 2000. Hymenopteran parasitoids on fruit infesting Tephritidae (Diptera) in Latin America and the southern United States: diversity, distribution, taxonomic status and their use in fruit fly biological control. *Integrated Pest Management Review*. (5): 81-107.
- Pearl, R., T. Park. y J. R. Miner. 1941. Experimental studies on the duration of life. XVI. Life tables for the flour beetle *Tribolium confusum* Duval. *The American Naturalist* 75(756): 5-19.

- Pererson, J. J. y D.W. Watson. 1992. Comparison of Sentinel and Naturally Occurring Fly Pupae to Measure Field Parasitismo by Pteromalid Parasitoids (Hymenoptera). *Biological Control* 2: 244-248.
- Poyet, M., S. Havard, G. Prevost, O. Chabrerie, G. Doury, P. Gibert y P. Eslin. 2013. Resistance of *Drosophila suzukii* to the larval parasitoids *Leptopilina heterotoma* and *Asobara japonica* is related to haemocyte load. *Physiological Entomology* (38): 45-53.
- Rodríguez, M., J. Valdéz, J. Vera, A. Castillo. 2000. Identificación de instares larvales de *Zabrotes subfasciatus* Boh (Coleoptera: Bruchidae) mediante las dimensiones de sus cápsulas cefálicas. *Agrociencia*. 34: 83-90.
- Rufus, I., N. Hahn., B. Tritten y C. Garcia. 2010. La *Drosophila* de las alas manchadas, una nueva plaga invasora en los frutales de Michigan. Michigan State University Extension Boletín. 1-4.
- Sarto, M. V. y R. R. Sorribas. 2011. *Drosophila suzukii* (Matsumura, 1931), nueva amenaza para las producciones agrícolas. *Phytoma*. España. 234:1-6.
- Sasaki, M., y R. Sato. 1995. Bionomics of the cherry drosophila, *Drosophila suzukii* Matsumura (Diptera: Drosophilidae) in Fukushima Prefecture Honshu. 1 *Drosophila* Injured on cherry Fruit. Annual Report of the Society of Plant Protection of North Japan 46: 164 – 166.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2004. http://www.sagarpa.gob.mx/tramitesySwervicios/sms/Documents/sectorial_231107.pdf. (Accesada en abril 2014).

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (SAGARPA). 2011. Circular. 1 – 22.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (SAGARPA). Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Aguas caliente (CESVA). 2012. Mosca del vinagre de alas manchadas. Programa de vigilancia Epidemiológica.

Servicio de información agroalimentaria y pesquera (SIAP). Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (SAGARPA). 2012. <http://www.siap.gob.mx/>(Consultado en línea en junio de 2013

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2012. <http://www.siap.gob.mx/> (Consultado en línea en julio de 2013).

Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA). Dirección General de Sanidad Vegetal (DGSV). 2012. Lineamientos por los que se establecen las acciones fitosanitarias para el manejo y control de *Drosophila suzukii* en México. 1-14

Shearer, P., B. Van y H. Philip. 2011. Spotted wing *Drosophila* (*Drosophila suzukii*) in the Southern interior Valleys of British Columbia. Agricultural Environment and Wildlife. 1-10.

Sistema Coordinado para la Vigilancia de Plagas Reglamentadas y su Epidemiología (SCOPE). 2005. En línea: <http://www.scopemx.uaslp.mx/>. (Accesada en mayo 2015)

Stacconi, M. R., A. Grassi., D. T. Dalton., B. Miller., M. Ouantar., A. Loni., C. Ioriatti.,

- V. M. Walton y G. Anfora. 2013. First field records of *Pachycrepoideus vindemiae* as a parasitoid of *Drosophila suzukii* in European and Oregon small fruit production areas. *Entomologia* (1): 11-16.
- Taylor, M. L., N. Wedell D. J. Hosken. 2008. Sexual selection and female fitness in *Drosophila simulans*. *Behavioral Ecology Sociobiology* 62: 721-728.
- Tochen S., D. T. Dalton, N. Wiman, C. Hamm, P. W. Shearer y V. M. Walton. 2014. Temperature-related development and population parameters for *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) on cherry and blueberry. *Environmental Entomology* 43(2): 501- 510.
- Tormos, J., F. Beitia, E. A. Bockmann, J. D. Asís y S. Fernandez. 2009. The preimaginal phases and development of *Pachycrepoideus vindemmiae* (Hymenoptera, Pteromalidae) on Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Diptera, Tephritidae). *Microscopy and Microanalysis*. 15: 422-434.
- Valle, A. P., P. Espinosa y E. Campos. 2011. La mosca de vinagre de alas manchadas un riesgo potencial para la fruticultura. *Monitor Agrícola*. 4-6.
- Varley, G. C., G. R. Gradwell y M. P. Hassell. 1973. *Insect population ecology, an analytical approach*. Blackwell Scientific Publications. Oxford. Pp 212.
- Vian, A., 2011. Synthèse bibliographique *Drosophila suzukii* (Matsumura, 1931). AOC- FLAM année 2010-2011. 1-32.
- Vlach, J. 2010. Identifying *Drosophila suzukii*. Department of Agriculture. Oregon. 1-14.
- Walsh, D., B. Bolda, R. E. Goodhue, A. J. Dreves, J. C. Lee, D. J. Bruck, V. M .Walton, S. D. O'neal y F.G. Zalom. 2011. *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae):

Invasive pest of ripening soft fruit expanding its geographic range and damage potential. *Journal of Integrated Pest Management*. (1):1-7.

Wilcox, D., B. Dove, D. David y D. Greer. 2002. UTHSCSA Image Tool for Windows Versión 3.0. The University of Texas Health Science Center in San Antonio.U.S.A

Zúñiga, A. A. H. 2005. Determinación etárea en *Heliothis zea* Boddie a través de la medición de las setas frontales: una herramienta para la gestión de recursos agrícolas. B.S. tesis, Facultad de Recursos Naturales, Universidad Católica de Temuco, Chile.