



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR
DE LOS REYES

MAESTRÍA EN AGROBIOTECNOLOGÍA

EVALUACIÓN DE BIOINSECTICIDAS A BASE DE HONGOS
PARA EL CONTROL DE *Drosophila suzukii* EN LOS REYES,
MICHOACÁN.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRA EN AGROBIOTECNOLOGÍA

PRESENTA:

Biol. María De Los Ángeles Urbina Campos

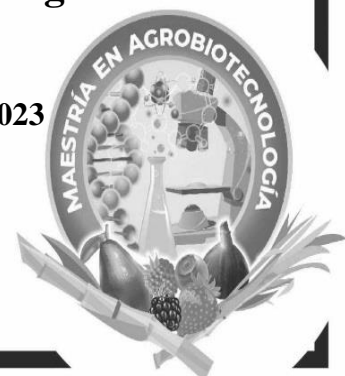
DIRECTOR(A) DE TESIS:

M.C. Gamaliel Valdivia Rojas

CO-DIRECTORA DE TESIS:

M.C. Alma Angelina Morfín Arriaga

Los Reyes de Salgado, Michoacán, febrero, 2023





LOS REYES, MICH., A 17 DE FEBRERO DEL 2023.

ASUNTO: SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN
PARA IMPRESIÓN DE LA TESIS

MTRA. EDNA GABRIELA CEJA SILVA
COORDINADORA DE ESTUDIOS DE POSGRADO
DE POSGRADO

P R E S E N T E

Por medio del presente le informo que ha sido revisado y liberado el siguiente proyecto para su autorización de impresión:

a) Nombre del Sustentante:	URBINA CAMPOS MARIA DE LOS ANGELES
b) Maestría en:	Maestría en Agrobiotecnología
c) Matricula:	M19060441
d) Nombre del Proyecto:	EVALUACIÓN DE BIOINSECTICIDAS A BASE DE HONGOS PARA EL CONTROL DE <i>Drosophila suzukii</i> EN LOS REYES, MICHOACÁN.
e) Producto	Tesis

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

ATENTAMENTE:

Miembros del Comité Tutorial:

M.C. GAMALIEL VALDIVIA ROJAS	M.C. ALMA ANGELINA MORFÍN ARRIAGA	M.C. MARTHA ELENA ARROYO VALDES	M.C. SANTOS ZEPEDA GUZMÁN
Director de Tesis	Codirector Tesis	Tutor 1	Tutor 2

La presente tesis, titulada: Evaluación de bioinsecticidas a base de hongos para el control de *Drosophila suzukii* en Los Reyes, Michoacán, realizada por la alumna: María De Los Ángeles Urbina Campos, bajo la dirección del consejo particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN AGROBIOTECNOLOGÍA

CONSEJO PARTICULAR:

DIRECTOR DE 
TESIS _____
M.C. GAMALIEL VALDIVIA ROJAS

CODIRECTOR 

M.C. ALMA ANGELINA MORFÍN ARRIAGA

ASESOR 1: 

M.C. MARTHA ELENA ARROYO VALDES

ASESOR 2: 

M.C. SANTOS ZEPEDA GUZMÁN

Los Reyes de Salgado, Michoacán, a febrero de 2023

Síntesis curricular

María De Los Ángeles Urbina Campos es originaria de la localidad de San Francisco Peribán Michoacán, nació el 25 de mayo de 1992. En agosto del año 2010 ingresó a la Universidad Michoacana San Nicolás de Hidalgo, en Morelia, Michoacán y egresó con el Título Licenciada en Biología, en el 2015. En el 2016 laboró como Bióloga auxiliar general en investigación en campo en la empresa BUCOSA.” Buffet de consultoría y servicios agrícolas” ubicada en Los Reyes, Michoacán, posteriormente en agosto 2016 al 2021 fungió como Profesora Encargada del Área de Ciencias, en la Casa de los jóvenes “María Montessori “clases en la secundaria “CJMM” impartiendo las materias de biología, física, química, natación y el taller de comida saludable. Posteriormente en agosto 2021 profesora de tiempo completo en la preparatoria “SIGNUM APRENDIZAJE EN EQUILIBRIO” impartiendo clases de biología i, biología ii, química i y química ii. Realizó la maestría en Agrobiotecnología en el Instituto Tecnológico Superior de Los Reyes Michoacán, en el periodo agosto 2019 hasta julio 2021 con un promedio de 97.6 durante el periodo que cursó sus estudios de posgrado público un ARTÍCULO DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA titulado: “Beauveria bassiana: Un hongo bioinsecticida”.

Agradecimientos

En primera instancia, agradezco al Posgrado en Agrobiotecnología del Instituto Tecnológico Superior de los Reyes, por la formación académica, profesional y personal que he recibido, por brindar los medios y materiales necesarios para llevar a cabo la investigación.

Agradezco al tutor principal del proyecto, M.C. Gamaliel Valdivia Rojas, por compartir sus conocimientos, las múltiples sugerencias y consideraciones durante el desarrollo de la investigación.

A los integrantes del comité tutor: la M.C. Martha Elena Arroyo Valdés y el M.C. Santos Zepeda Guzmán, quienes mejoraron el trabajo de tesis con sus aportaciones y acertadas sugerencias. Por el tiempo invertido en el escrito durante la realización de este proyecto.

A la profesora M.C. Alma Angelina Morfín Arriaga, por su apoyo incondicional, su disponibilidad, paciencia y por su importante aporte y participación activa en el desarrollo de esta tesis.

Agradezco a mis padres, por estar conmigo en todos los momentos difíciles, por apoyarme y alentarme a alcanzar mis sueños. Gracias por creer en mí y darme un ejemplo de vida tan grande como lo son ustedes.

A mis hermanos Angelina, Ulises y Martin Francisco por ser parte de mi vida a todos ellos por llenar mi vida de grandes momentos.

A mi familia y amigos, que me brindaron su apoyo, tiempo e información para el logro de mis objetivos.

A todas las personas que de una u otra manera estuvieron a mi lado, que me enseñaron y me dieron ánimos. Gracias a todos.

Dedicatoria

A la memoria de mi padre, quien fue el principal impulsor para estudiar un posgrado, el cual, con su amor, constancia y sus sabios consejos fuera posible cumplir una meta más en la vida.

“Padre mío, ocupas un lugar muy especial en mi corazón”

A mi madre, mi madre, por su amor, su fe, su generosidad y su incansable ayuda en todo momento, gracias a ella he llegado a culminar un éxito más de mi vida.

Este logro más que mío es de ustedes que lo hicieron posible y jamás me alcanzarán las palabras para agradecerles, por tanto.

A mis padres

A MI PADRE MARTIN URBINA ARROYO

A MI MADRE ROSA MARTHA CAMPOS GOMEZ

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	9
ÍNDICE DE CUADROS	10
RESUMEN.....	11
ABSTRACT	12
INTRODUCCIÓN.....	13
HIPÓTESIS.....	15
OBJETIVO GENERAL	15
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
I. MARCO TEÓRICO	16
1.1 ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN	16
1.1.1 Clasificación taxonómica de <i>Drosophila suzukii</i>	16
1.1.2 Morfología de <i>D. suzukii</i>	16
1.1.3 Biología de <i>D. suzukii</i>	17
1.2 DAÑOS DE <i>D. SUZUKII</i> EN ZARZAMORA	18
1.3 HOSPEDANTES	19
1.4 TÉCNICAS PARA EL CONTROL DE <i>D.SUZUKII</i>	19
1.4.1 Control químico	19
1.4.2 Método de trapeo y atrayentes	20
1.4.3 Control biológico	21
1.5 MECANISMOS DE ACCIÓN DE LOS HONGOS ENTOMOPATÓGENOS	22
1.5.1 Aplicación de hongos entomopatógenos	24
1.6 TÉCNICA DE MACHO ESTÉRIL.....	25
II. MATERIALES Y MÉTODOS.....	26
2.1 MATERIAL BIOLÓGICO	26
2.1.1 Establecimiento de <i>D. suzukii</i>	26
2.1.2 Bioproductos a base de hongos entomopatógenos.	27
2.2 ESTABLECIMIENTO DE LA DOSIS/LITRO DE LOS HONGOS.....	28
2.3 EFECTIVIDAD MIX BEMESI VS BASSIANA EN LA TRANSMISIÓN DEL HONGO EN <i>D. SUZUKII</i>	29

2.4 EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL SEXO EN LA TRANSMISIÓN DEL HONGO EN <i>D. SUZUKII</i> .	29
2.5 EVALUACIÓN DEL TIEMPO DE EFECTIVIDAD MIX BEMESI VS BASSIANA EN LA MORTALIDAD EN ADULTOS DE <i>D. SUZUKII</i> .	30
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
3.1 ESTABLECIMIENTO DE LA DOSIS/LITRO DE LOS HONGOS	31
3.2 EFECTIVIDAD MIX BEMESI VS B. BASSIANA EN LA TRANSMISIÓN DEL HONGO EN <i>D. SUZUKII</i> .	32
3.3 EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL SEXO EN LA TRANSMISIÓN DEL HONGO EN <i>D. SUZUKII</i> .	33
3.4 EVALUACIÓN DEL TIEMPO DE EFECTIVIDAD MIX BEMESI VS B. BASSIANA EN LA MORTALIDAD EN ADULTOS DE <i>D. SUZUKII</i> .	34
IV. CONCLUSIONES	37
V. RECOMENDACIONES	38
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39
ANEXOS	45

Índice de Figuras

Página

Figura 1. A) Macho adulto <i>D.suzukii</i> , manchas oscuras en las puntas de las alas. B) Hembra adulta <i>D. suzukii</i> carece de manchas en las alas.	16
Figura 2. Ciclo de <i>D. suzukii</i> . Tomado de Ficha técnica (2016) Programa Moscas de la Fruta. Subdepartamento Sanidad Vegetal /División Protección Agrícola y Forestal/SAG.	17
Figura 3. Fruto infestado por larvas de <i>D. suzukii</i> (fuente: Funes <i>et al.</i> , 2018).	18
Figura 4. Mecanismo de acción de los hongos entomopatógenos (Fuente: Correal <i>et al.</i> ,2018)	22
Figura 5. Adultos de <i>Spodoptera frugiperda</i> , muertos y esporulados por <i>Beauveria bassiana</i> (A) y <i>Metarhizium anisopliae</i> (B). Tomado de: Gutiérrez-Cárdenas (2017).	22
Figura 6. Establecimiento de <i>D. suzukii</i>	25
Figura 7. A) Dieta natural. B) Dieta artificial de <i>D. suzukii</i> .	26
Figura 8. Productos comerciales de hongos entomopatógenos utilizados para el control de <i>D. suzukii</i> . A) Mix BEMESSI. B) <i>Beauveria bassiana</i> .	26
Figura 9. Proceso del experimento. A) Materiales para la suspensión líquida. B) Adultos de <i>D. suzukii</i> colocadas en cajas Petri con esporas del hongo.C) Jaulas de plástico con alimento (dieta artificial). D)Cámara húmeda y esporulación de hongo.	
Figura 10. Evaluación de dos productos bioinsecticidas para el establecimiento de la dosis adecuada en <i>D. suzukii</i> . T0: Testigo, MixBT1:1gr/litro de Mix BEMESI, MixBT2:2gr/litro, MixBT3:4 gr/litro, BbT1:1gr/litro de <i>B. bassiana</i> , BbT2:2gr/litro, BbT3:4gr/litro.	27
Figura 11. Efectividad de dos productos bioinsecticidas para el control de <i>D. suzukii</i> . T0: Testigo, Mix BEMESI y <i>B. bassiana</i>	30
Figura 12. Efecto del sexo en <i>D. suzukii</i> T0: Testigo, MixBHem: Mix BEMESI Hembras, MixBMch: Mix BEMESSI machos, BbHem: <i>B. Bassiana</i> Hembras, BbMch: <i>B. bassiana</i> machos.	31
Figura 13. Evaluación del tiempo de efectividad en horas sobre la mortalidad de <i>D. suzukii</i> en diferentes tratamientos:T0 (24, 48, 72, 96 y 120 hr); MxB (24, 48, 72, 96 y 120 hr); Bb (24, 48, 72, 96 y 120 hr)	32

Índice de Cuadros

Página

Cuadro 1. Productos autorizados en México para el control de <i>D. sukukii</i> (fuente: Castro <i>et al.</i> , 2016).	19
--	----

Resumen

En la región de Los Reyes, Michoacán, la principal actividad económica es la agricultura, donde se interacciona constantemente con plagas que afectan a los cultivos y por consiguiente los plaguicidas al medio ambiente. La presente investigación evaluó el efecto que tienen dos productos comerciales a base de hongos entomopatógenos en la mosca del vinagre de las alas manchadas *Drosophila suzukii* como una alternativa de control biológico amigable para el medio ambiente y la salud humana. El trabajo experimental se llevó a cabo evaluando la mortalidad en *D. suzukii* de la manera siguiente: 1) Establecimiento de la dosis/litro de los hongos, 2) Efectividad Mix BEMESI vs *B. bassiana* en la transmisión del hongo, 3) Evaluación del efecto del sexo en la transmisión del hongo, 4) Evaluación del tiempo de efectividad Mix BEMESI vs *B. bassiana* en la mortalidad en adultos de *D. Suzukii*. Los resultados muestran que a concentraciones mayores de los productos hay un efecto positivo sobre la mortalidad en las moscas, entre la efectividad de los dos productos Mix BEMESSI disminuyó significativamente la supervivencia de *D. suzukii*. Con respecto al efecto del sexo se mostró que existe mayor susceptibilidad en hembras que en machos para el producto comercial Mix BEMESSI mientras que en *B. bassiana* hay una diferencia significativa en machos que en hembras. Finalmente, se demostró que el tiempo con mayor mortalidad en moscas de la fruta es entre las 96 horas y 120 horas. En este estudio se pudo establecer que los hongos entomopatógenos tienen potencial para ser utilizados de manera exitosa para ser utilizados en el control biológico de *D. suzukii*.

Palabras clave: Control biológico, Hongos entomopatógenos, *D. suzukii*.

Abstract

In the region of Los Reyes, Michoacán, the main economic activity is agriculture, where there is constant interaction with pests that affect crops and consequently pesticides to the environment. The present investigation evaluated the effect of two commercial products based on entomopathogenic fungi on the spotted-winged vinegar fly *Drosophila suzukii* as a friendly biological control alternative for the environment and human health. The experimental work was carried out evaluating the mortality in *D. suzukii* in the following way: 1) Establishment of the dose/liter of the fungi, 2) Effectiveness Mix BEMESI vs Bassiana in the transmission of the fungus, 3) Evaluation of the effect of sex in the transmission of the fungus, 4) Evaluation of the effectiveness time Mix BEMESI vs Bassiana in mortality in adults of *D. Suzukii*. The results show that at higher concentrations of the products there is a positive effect on mortality in flies, between the effectiveness of the two Mix BEMESSI products significantly decreased the survival of *D. suzukii*. Regarding the effect of sex, it was shown that there is greater susceptibility in females than in males for the commercial product Mix BEMESSI, while in Bassiana there is a significant difference in males than in females. Finally, it was shown that the time with the highest mortality in fruit flies is between 96 and 120 hours. In this study it was possible to establish that entomopathogenic fungi have the potential to be used successfully to be used in the biological control of *D. suzukii*.

Key words: Biological control, entomopathogenic fungi, *D. suzukii*.

INTRODUCCIÓN

Drosophila suzukii se conoce como mosca del vinagre de alas manchadas; puede causar daños a cultivos frutícolas de epidermis delgada, como (arándanos, frambuesa, zarzamora, fresa, cereza, chabacano, manzana, níspero, tomate entre otros) (Walsh *et al.*, 2011). Son transmisores de microorganismos como las levaduras *Kloeckera* y *Saccharomyces*, y bacterias del género *Acetobacter*, que provocan la descomposición en las frutas, caracterizada por su fuerte olor ácido parecido al del vinagre (Carreras y Rodríguez, 2009).

Su distribución geográfica de *Drosophila suzukii* a nivel mundial es muy amplia, es una plaga endémica del sureste asiático que ha colonizado rápidamente por Europa, Norteamérica y Sudamérica. En México fue reportada por primera vez en el estado de Michoacán en el 2011, se ha ido distribuyendo en los estados de Colima, Jalisco, Baja California, Aguascalientes, Guanajuato, México, Querétaro y Coahuila. Su rápida propagación se debe principalmente a la intervención humana, el comercio global entre países, por los medios de transporte y no a la capacidad del insecto para dispersarse (SAGARPA, 2016).

El método más común para el control de esta plaga ha sido el uso de insecticidas químicos y la colocación de trampas-cebo. Aunque éste método ha sido efectivo, es una constante amenaza para el medio ambiente, por lo que la búsqueda de métodos de control ambientalmente amigables continúa siendo una prioridad.

Una propuesta que tiene potencial para el manejo de moscas es el control de microorganismos entomopatógenos. Los hongos tienen la capacidad de propagarse por medio de insectos huésped causando epizootias permaneciendo en el ambiente por largo tiempo (Bukhari, *et al.*, 2011).

Las especies de hongos más utilizadas como agentes de control tenemos: *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Lecanicillium lecanii* e *Isaria fumorosae* entre otras (Mnyone, 2012; Pérez-Acosta, 2016).

Estudios recientes indicaron que la combinación de alguno de estos hongos con la técnica de contaminación cruzada (autodiseminación) puede tener un efecto mayor que el de aplicar los hongos por aspersión como lo indican (Rincón, 2009; García, 2011; Suárez y Cortez, 2014). Además, dichos autores comentan que es recomendable

combinar dos o más cepas de hongos como agentes de control en campo. Para esto, los insectos liberados e infectados deben ser capaces de propagar los conidios. Por tal motivo la presente investigación propone evaluar la influencia de los hongos sobre la mortalidad de adultos de *D. sukii*.

Hipótesis

- La transmisión de hongos entomopatógenos tiene potencial para ser utilizados en el control biológico de *D. sukii*.

Objetivo General

Determinar la patogenicidad de hongos entomopatógenos sobre adultos de *D. sukii* bajo condiciones de laboratorio.

Objetivos Específicos

- Determinar la dosis más patogénica para adultos de *D. sukii* en condiciones de laboratorio.
- Determinar si el producto Mix BEMESI y *B. bassiana* tienen potencial para el control biológico de *D. sukii*.
- Evaluar el impacto de mortalidad en sexos y el tiempo de mortalidad efectivo en *D. sukii*.

I. MARCO TEÓRICO

1.1 Origen y distribución

La mosca del vinagre de alas manchadas (*Drosophila suzukii*) es una especie originaria del Sudeste de Asia y se encuentra ampliamente distribuida en diversos países (SENASICA, 2016). En el continente americano se detectó por primera vez en 2008 en EE.UU. En México el primer reporte oficial de esta plaga fue en noviembre de 2011, en el municipio de los Reyes, Michoacán, en ese mismo año se detectó su presencia en Colima y Jalisco. Con su rápida dispersión los estados que presentan mayor densidad de hospedantes son Baja California, Zacatecas y Michoacán (SENASICA, 2013, GARCÍA *et al.*, 2016).

1.1.1 Clasificación taxonómica de *Drosophila suzukii*

Dominio: Eukaryota

Reino: Metazoa

Phylum: Arthropoda

Subphylum: Uniramia

Clase: Insecta

Orden: Diptera

Familia: Drosophilidae

Género: *Drosophila*

Especie: *Drosophila suzukii* Matsumura (CABI, 2019).

1.1.2 Morfología de *D. suzukii*

De acuerdo con (Colomar, 2014) la mosca del vinagre de alas manchadas (*Drosophila suzukii* Matsumura) en estado adulto es un insecto pequeño, miden aproximadamente 2-3 mm de longitud, presenta ojos rojos y tórax de color marrón claro; con unas franjas negras en el abdomen. Existe un dimorfismo sexual evidente entre la especie que distingue a los machos de las hembras, los machos poseen una mancha oscura cerca del

extremo de las dos alas (Fig. 1). La hembra es un poco más grande y carece de manchas en las alas, presenta un ovopositor aserrado tipo sierra altamente esclerotizado que le confiere a la hembra de penetrar la epidermis de los frutos.

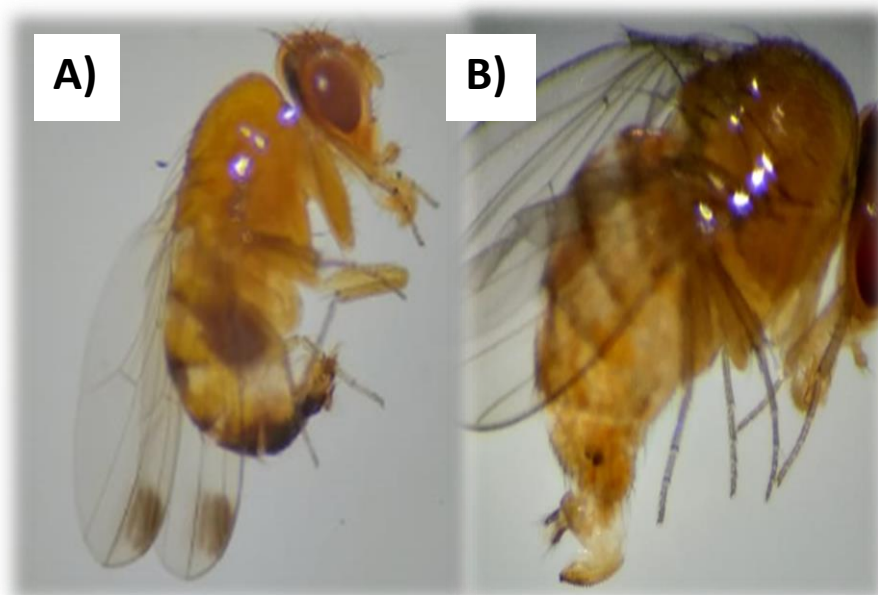


Figura 1. A) Macho adulto *D.suzukii*, manchas oscuras en las puntas de las alas. B) Hembra adulta *D. suzukii* carece de manchas en las alas.

Los huevos son de color blanco y translucidos de forma ovalada que miden 0,4-0,6 mm de longitud, con dos filamentos en un extremo que permiten la respiración (espiráculo). Las larvas son blancas, cilíndricas, con piezas bucales negras y pasan por tres estadios larvales dentro de la fruta. Las pupas son de color marrón rojizo y posee en uno de sus extremos dos prolongaciones, que son tubos de respiración, que se ramifican de forma característica en su extremo distal (SENASICA, 2013; Funes *et al.*, 2018; Gutierrez,2018).

1.1.3 Biología de D. suzukii

El ciclo biológico depende de las condiciones de temperatura y humedad en el ambiente, esto influye en el desarrollo y duración del ciclo de *D. suzukii* (Walsh *et al.*, 2011). El apareamiento ocurre en cualquier momento del día, mayormente durante las horas de luz mostrando mayor actividad entre los 20° y 25°C. Una vez copulada, la hembra selecciona el fruto hospedero principalmente aquellas más cercanas a su máxima madurez. Cada hembra deposita de 1 a 3 huevos por sitio de ovoposición de 7- 16 huevos

por día y un promedio de 384 huevos durante toda su vida (Fig. 2). La eclosión de los huevos dentro del fruto puede tardar de 1 a 3 días, después emerge la larva que se desarrollan en 3 a 13 días posteriormente pasa al estado de pupa y en un periodo de 4 a 15 días emerge el adulto. Los adultos de *D. suzukii* pueden vivir de 21 a 63 días. Alcanzan la madurez sexual 2 o 3 días después de la emergencia (Funes *et al.*, 2018;Gutierrez,2018).

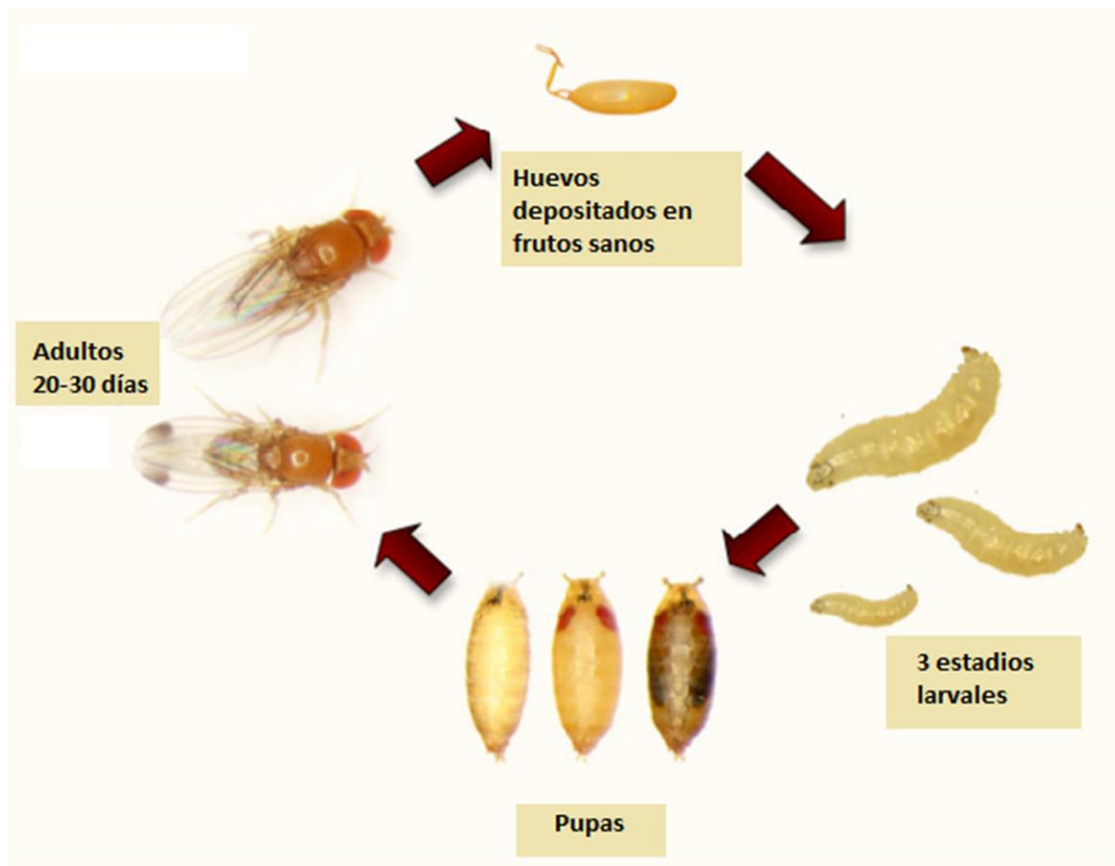


Figura .2 ciclo de *D. suzukii*. Tomado de Ficha técnica (2016) Programa Moscas de la Fruta. Subdepartamento Sanidad Vegetal /División Protección Agrícola y Forestal/SAG.

1.2 Daños de *D. suzukii* en zarzamora

D. suzukii es una especie que tiene la particularidad de que las hembras utilizan frutos sanos como sustrato de oviposición, provocando grandes pérdidas económicas en algunas especies de frutales es una de las pocas excepciones en cuanto a sus hábitos alimentarios, poseen una estructura en forma de ovopositor aserrado bien esclerotizado con el que le permite romper la epidermis de los frutos para depositar los huevos en el interior de la fruta. Es decir, las hembras de esta especie oviponen en frutos sanos que se encuentran en estado de maduración y no requiere fruta sobremadura, ni previamente

dañada o en descomposición como ocurre con la gran mayoría moscas del genero *Drosophila*. Las larvas nacen en el interior del fruto y se alimentan de la pulpa provocando un ablandamiento y hundimiento en ciertas áreas, causan un daño directo lo que genera un rápido deterioro del fruto provocando que no sea comercializable (Fig. 3), además favorecen el desarrollo de plagas secundarias por patógenos que contribuyen a incrementar las pérdidas (Funes *et al.*, 2018;Gutierrez,2018).



Figura 3. Fruto infestado por larvas de *D. suzukii* (fuente: Funes *et al.*, 2018).

1.3 Hospedantes

Los cultivos comerciales que son susceptibles la mosca de vinagre de alas manchadas (*D. suzukii*) a nivel nacional son la fresa (*Fragaria* spp.),arandano (*Vaccinium*), vid (*Vitis vinifera*),frambuesa (*Rubus* spp.),cereza (*Prunus avium*), durazno (*P. persica*), manzana (*Malus* spp.), zarzamora (*Rubus* spp.), ciruela (*Prunus* spp.) y la pera (*Pyrus* spp.)(SENASICA, 2019) .Los cultivos del ciclo anual en el 2017,ocuparon una superficie sembrada de 101,984.04 hectáreas con una producción de 1,665,476.58 toneladas con un valor de producción en 38,472,631,980 millones de pesos. (SIAP-SADER.2019). Teniendo en cuenta que los cultivos hospederos de *D. suzukii* son de alto valor comercial es importante contar con técnicas de control eficientes.

1.4 Técnicas para el control de *D.suzukii*

1.4.1 Control químico

Con la aparición reciente de la plaga invasora *D. suzukii* se han realizado diversos estudios sobre la eficiencia de insecticidas entre los cuales los más efectivos se han registrado tres tipos (piretroides bifentrin,beta-ciflutrin,permetrina,zeta-cipermetrina, los organofosforados malatión,diazinón y las spinosinas, spinosad,spinetoram) donde

estos tratamientos químicos van dirigidos contra los adultos, ya que una vez que está el huevo en el interior del fruto no hay solución posible (Colomar,2016). Los productos permitidos por SENASICA, (2014) en el manual para el manejo fitosanitario de *D. suzukii* se presentan de acuerdo a cultivo, ingrediente activo y dosis (Cuadro 1) para México.

Cuadro 1. Productos autorizados en México para el control de *D. suzukii* (fuente:Castro *et al.*, 2016).

Cultivo	Ingrediente activo	Dosis
Arándanos	Spinosad	200 a 333 ml/ha
	Zeta Cipermetrina	0.5 a 0.7 L/ha
Frambuesa	Bifentrina	0.8-1 L/ha
	Carbarilo	1.25-2.5 L/ha
	Imidacloprid	0.25-0.45 L/ha
	Spinosad	200 a 333 ml/ha
	Zeta Cipermetrina	0.5 a 0.7 L/ha
Fresa	Abamectina	0.5 - 1.25 L/ha 80 - 100 ml/100 L de agua
	Azadiractina	0.36 - 1.17 L/ha
	Bifentrina	500 ml/ha
	Endosulfan	1.5 - 2 L/ha
	Malation	1.0 -1.5 L/ha
	Spinosad	200 a 333 ml/ha
	Zarzamora	Bifentrina
	Imidacloprid	0.25 - 0.45 L/ha
	Spinosad	200 a 333 ml/ha
	Zeta Cipermetrina	0.5 - 0.7 ml/ha

1.4.2 Método de trapeo y atrayentes

La utilización de trampas con atrayente es el método más utilizado para determinar presencia de la plaga, se ven influenciadas por el color, estructura, forma, tamaño, número de orificios de la trampa y el uso de la mezcla de diferentes cebos que son altamente atractivos a la mosca del vinagre, además, la colocación de tarjetas adhesivas dentro de la trampa aumenta la eficiencia (García *et al.*, 2016). Los cebos pueden estar compuestos de fruta madura, puré de frutilla, jugo de cereza, aceite de citronella, aceite de geranio, sidra de manzana, vinagre de manzana, vino de cereza, azúcar y mezclas de levadura/azúcar/agua. En cultivos comerciales las trampas se instalan en puntos estratégicos del cultivo como canales de riego, caminos, dirección predominante del viento etc. A los productores se les recomienda colocar al menos una trampa cada 2.5

hectáreas. ÉL método de trapeo se puede iniciar en la etapa de fructificación hasta concluir la última cosecha con el objeto de detectar la presencia temprana de las moscas e iniciar acciones de control oportunas (SENASICA ,2014).

1.4.3 Control biológico

Existen múltiples microorganismos de control biológico (hongos, bacterias, virus, nematodos, artrópodos depredadores y parasitoides) que se conocen por su capacidad de invadir e infectar a los insectos y que pueden ser utilizados como herramientas para regular las poblaciones *D. suzukii*.

Nemátodos entomopatógenos (NEP)

Estudios realizados con nematodos entomopatógenos de la especie *Steinernema carpocapsae*, *S. feltiae* y *Heterorabditis bacteriophora* fueron capaces de infectar y reproducirse utilizando larvas de *D. suzukii* y *D. melanogaster* como huésped, en dos sustratos (papel de filtro y agar). La mayor eficacia contra *D. suzukii* fue lograda por *S. feltiae* y *S. carpocapsae* (94 y 84%) de infección. Estos resultados muestran que *D. suzukii* es susceptible como *D. melanogaster* a los nematodos, lo que confirma el potencial de estos nematodos como agentes de control biológico contra esta importante plaga (Garriga *et al.*, 2017).

Bacterias entomopatógenos

Respecto a las bacterias son muy escasos los estudios relacionados sobre estos controladores biológicos, se ha reportado que *D. suzukii* lleva una cepa de la bacteria endosimbiótica *Wolbachia*, llamado *w Suz*, que tiene una frecuencia del 46 % de infección (Cattel *et al.*, 2016) mientras que en las de EEUU fue del 17 % el cual las hembras infectadas producen menos progenie que las hembras no infectadas (Hamm *et al.*, 2014; Colomar,2016).

Hongos entomopatógenos (HEP)

Los HEP pertenecen a un amplio grupo de microorganismos de gran importancia dentro de los agroecosistemas ya que proveen múltiples servicios, como su capacidad natural para regular las poblaciones de insectos, la estabilidad del suelo, la descomposición de la materia orgánica, entre otros. Motta-Delgado y Murcia-Ordóñez (2011) indican que

los HEP de mayor utilización para el control biológico incluyen: *Metarhizium*, *Beauveria*, *Aschersonia*, *Entomophora*, *Zoophthora*, *Erynia*, *Eryniopsis*, *Akanthomyces*, *Hirsutella*, *Hymenostilbe*, *Fusarium*, *Paecilomyces* y *Lecanicillium* (*Verticillium*). De los cuales los de mayor utilización en el mundo son *M. anisopliae*, *B. bassiana*, *B. brongniartii*, *P. fumosoroseus* (*Isaria fumosoroseus*) (Téllez-Jurado *et al.*, 2009).

El uso de estos organismos es una de las mejores alternativas para el control biológico por ser técnica económica, sencilla y amigable para el medio ambiente. (Quesada-Moraga, 2002; de Albuquerque y de Albuquerque, 2008; Shahid *et al.*, 2012).

La mayoría de los bioplaguicidas disponibles comercialmente están formulados a base de los conidios de este tipo de hongos, ya que son las estructuras con las que se dispersan en la naturaleza y al entrar en contacto con los insectos, inician el ciclo infeccioso (Vega, 2008).

1.5 Mecanismos de acción de los hongos entomopatógenos

Los mecanismos de acción de los hongos entomopatógenos en los insectos actúan como agentes fúngicos mediante varias fases (Fig.4):

1. Adhesión y germinación de la espora, ocurre mediante receptores específicos de naturaleza glicoproteica, es un proceso mediado por moléculas denominadas adhesinas. Por otro lado, el intercambio catiónico entre moléculas como Ca^{2+} y el Mg^{2+} que reducen las fuerzas de repulsión electrostáticas provocando la adhesión de la espora (Téllez *et al.*, 2009). El conidio germina y forma el apresorio (estructura de infección).

2. El proceso de la penetración, es posible gracias a la acción combinada de dos mecanismos uno físico y uno químico, el primero consiste en la presión ejercida por la estructura fúngica llamada haustorio, la cual ataca primeramente la capa cuticular rompiendo las áreas esclerosadas y membranosas de la cutícula. El mecanismo químico consiste en la acción enzimática, tales como proteasas, lipasas y quitinasas, las cuales degradan la cutícula del insecto, facilitando la entrada del hongo (Monzón, 2001; Téllez *et al.*, 2009). Los hongos producen toxinas que son utilizadas durante el ciclo de infección entre ellas se han encontrado dextruxinas, demetildextruxina y protodextruxina, las cuales son sustancias de baja toxicidad, pero de mucha actividad tóxica sobre insectos, ácaros y nematodos. (Monzón, 2001)

3. Dentro del hemocele las hifas del hongo colonizan al patógeno provocando síntomas fisiológicos anormales como carencia de coordinación, comportamientos alterados y parálisis, daño físico en los tejidos, y la deshidratación de las células.

4. Los metabolitos secundarios producidos por los hongos actúan sobre las células especializadas del sistema inmune provocando la muerte del insecto y termina de colonizarlo, las hifas emergen del insecto y forma las esporas nuevamente (Correal *et al.*,2018).

5. Por último, la esporulación de hongo con las condiciones adecuadas de humedad y temperatura. Finalmente, la dispersión de la spora por el proceso de autodiseminación o contaminación cruzada (Téllez *et al.*,2009; Correal *et al.*,2018).

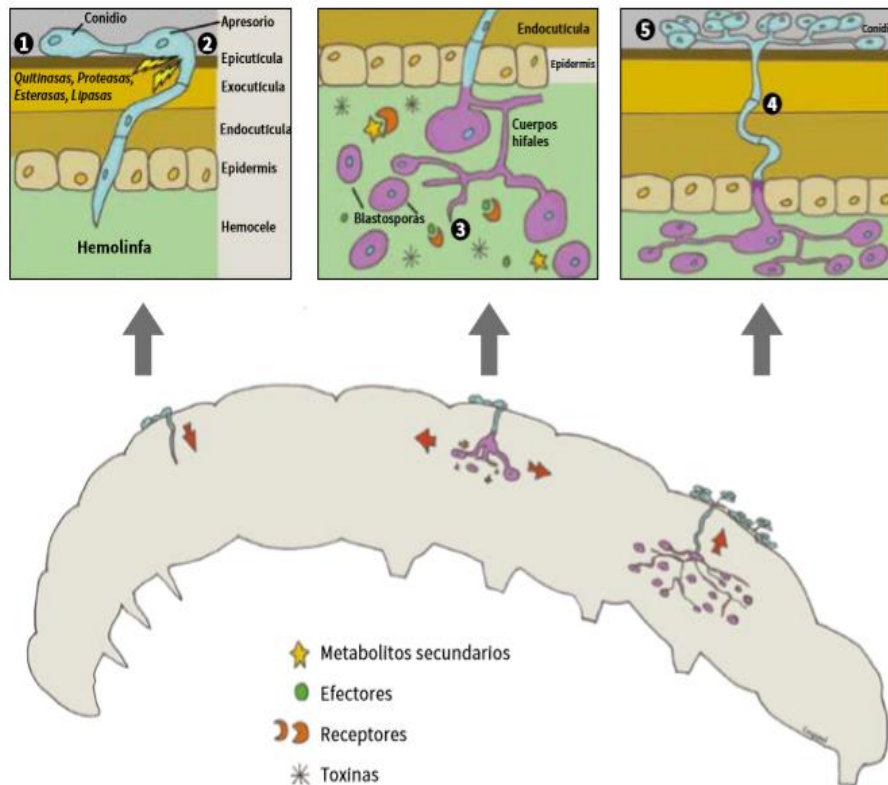


Figura 4. Mecanismo de acción de los hongos entomopatógenos (Fuente: Correal *et al.*,2018)

El tiempo para causar la muerte depende de varios factores como: tipo de huésped, temperatura, humedad y estado de desarrollo del huésped. Cuando las condiciones son favorables, el hongo saldrá a través de las partes suaves del cuerpo del insecto (Fig. 5).

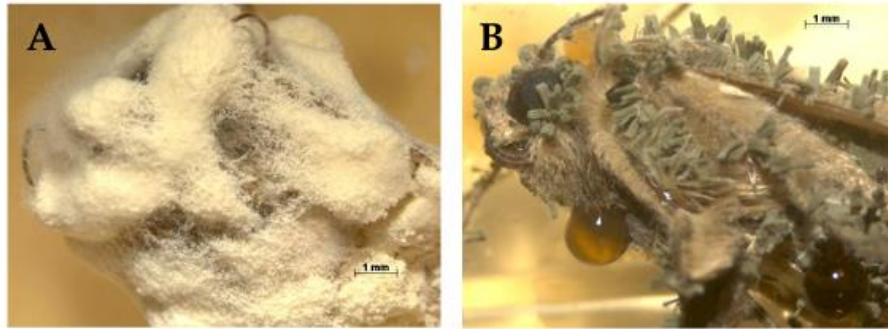


Figura 5. Adultos de *Spodoptera frugiperda*, muertos y esporulados por *Beauveria bassiana* (A) y *Metarhizium anisopliae* (B). Tomado de: Gutiérrez-Cárdenas (2017).

1.5.1 Aplicación de hongos entomopatógenos

El uso de HEP para el control de moscas de la fruta puede realizarse mediante diferentes técnicas: 1) asperjándolo sobre la superficie del suelo, dirigido a larvas o adultos, 2) utilizando trampas cebo (atrayentes + conidios), o liberando insectos estériles como vectores, previamente tratados con conidios (Toledo *et al.*, 2020). También es importante considerar los siguientes factores para aplicar esta técnica: La espora por gramo, la viabilidad de los conidios, virulencia (o patogenicidad) sobre las fases biológicas de la plaga, tiempo letal medio y la pérdida de la viabilidad del hongo a nivel de campo y laboratorio (Toledo *et al.*, 2020).

Diversas investigaciones han reportado que el uso de hongos entomopatógenos disminuye las poblaciones de plagas agrícolas (Delgado *et al.*, 2011). Kaaya (1989), evaluó la efectividad de cuatro hongos entomopatógenos: *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Paecilomyces fumosoroseus* y *P. farinosus*, resultaron ser patógenas para la mosca tsetsé adulta, *Glossina morsitans morsitans*, pero *B. bassiana* y *M. anisopliae* fueron las más patógenas, causando mortalidades de hasta 100%.

Se han probado productos comerciales en base de *Beauveria bassiana* que mostraron que causó un 44 % de mortalidad de adultos *D. suzukii* después de 7 días de tratamiento, mientras que *Lecanicillium muscarium* Zare apenas sobrepasó el 30 % (Cuthbertson *et al.*, 2014). En otro estudio evaluaron tres productos y observaron que la aplicación directa de *Metarhizium anisopliae* sobre las hembras adultas obtuvo una mortalidad significativamente más alta que la del testigo sin tratar, pero no mostró ningún efecto sobre la fecundidad de *D. suzukii*, mientras que la aplicación en aerosoles fúngicos de

B. bassiana y de *Paecilomyces fumosoroseus* no obtuvo una mortalidad significativamente diferente del control (Woltz et al., 2015; Colomar, 2016).

1.6 Técnica de macho estéril

La técnica del insecto estéril (TIE) es un método de control que se basa en la exposición de pupas o adultos a radiación ionizante para ocasionar esterilidad reproductiva. Para llevar a cabo la técnica, primero se realiza la cría en masa del insecto plaga y luego se irradia esta población. Los machos que han sido esterilizados son liberados en grandes cantidades para competir sexualmente con individuos silvestres de la misma especie y aparearse con las hembras salvajes. De esta manera, se logra disminuir la producción de progenie (Nikolouli et al., 2018), esta estrategia ha sido utilizada eficazmente contra muchas plagas de cultivos como el gusano barrenador *Chrysomya bezziana*, *Cylas formicarius*, *D. suzukii*, *Anastrepha*, *Ceratitis*, *Lobesia botrana* (Ugarte et al., 2016; Contreras, 2016) Esta técnica es considerada un método de control amigable para el medioambiente y de la salud humana. Sin embargo, su implementación es muy costosa (Funes, 2018; Gutierrez, 2018).

Diversos estudios muestran que los hongos entomopatógenos se puede aplicar a través de insectos vectores, en un estudio los machos estériles de *C. capitata* fueron inoculados con conidios de *B. bassiana* y liberados sobre áreas infestadas en Guatemala donde se demostró su transmisión horizontal a adultos silvestres. También se demostró la transmisión de entomopatógenos cuando se liberaron moscas estériles inoculadas en un brote de la mosca del Mediterráneo en el estado de Chiapas, México. La dispersión de conidios entomopatógenos mediante insectos vectores se han propuesto como alternativas para el control de moscas de la fruta (FAO/IAEA. 2019).

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Material Biológico

2.1.1 Establecimiento de *D. suzukii*

La crianza de *D. suzukii* fue desarrollada a partir de colectas en campo de frutos dañados. Estas frutas fueron muestreadas desde predios o áreas en donde se detectó la presencia de *D. suzukii*. Una vez recolectada la fruta con síntomas de daño por estadios inmaduros de la mosca, fue trasladada al laboratorio, y allí las muestras se colocaron en frascos registrando la fecha de recolección y localidad (Fig 6). Los frascos se ubicaron en cámaras climatizadas con las óptimas condiciones de desarrollo de la mosca, con la finalidad de obtener individuos adultos.



Figura 6. Establecimiento de *D. suzukii*

Para el sexado de adultos y asegurar que las especies colectadas pertenezcan a *D. suzukii* todos los adultos obtenidos fueron expuestos a $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ por un tiempo de 1 a 5 minutos aproximadamente con la finalidad de reducir su metabolismo y así realizar una identificación morfológica de los adultos obtenidos. Una vez separados fueron mantenidos en jaulas entomológicas con un diámetro $30 \times 30 \text{ cm}^3$ forradas con tela tipo tul para su ventilación.

Para la alimentación de adultos se optó por evaluar dos sistemas, el primero; basado en algo similar a su entorno natural como lo son frutos (zarzamora, frambuesa o fresa) el segundo; basado en una dieta elaborada y evaluada por Segura en 2018, conformada por: Agua destilada (1000 ml), Agar bacteriológico (8gr), Levadura (40 gr), Harina de

maíz (80 gr), Azúcar (100gr), Etano absoluto (3ml), Metíl parén(3gr)Ácido cítrico (3gr), dicha dieta además de servir como alimento para los diferentes estadios, cumple el rol de sustrato para ovipostura de la hembra(Fig. 7).

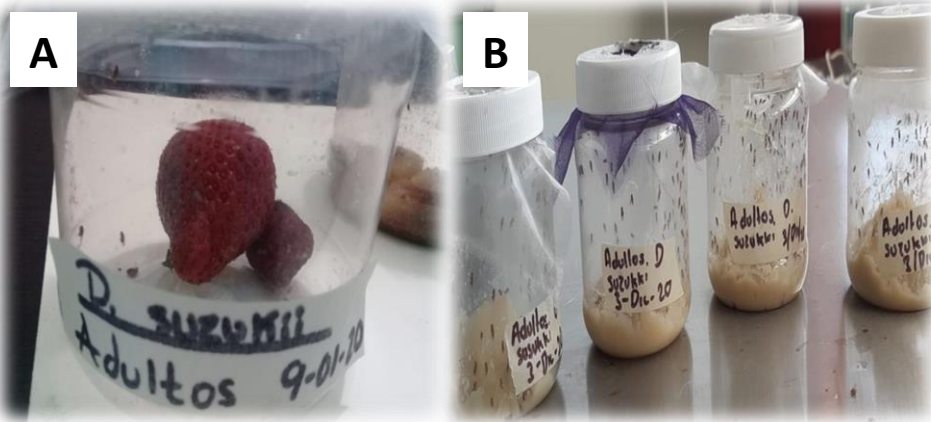


Figura 7. A) Dieta natural. B) Dieta artificial de *D. suzukii*.

2.1.2 Bioproductos a base de hongos entomopatógenos.

Se evaluaron dos reguladores microbiológicos de insectos a base de hongos entomopatógenos (Figura 6) el primero fue un producto en polvo Mix BEMESI compuesto por: *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Isaria javanica* e *Isaria fumorosa*. El segundo *Beauveria bassiana* por su nombre comercial compuesto por un solo tipo de hongo con presentación en polvo, ambos productos fueron obtenidos de Biossa (Biomanejo Integral Orgánico Sustentable para la agricultura) y la concentración de esporas contenida en los bioproductos fue de 1×10^{12} mL⁻¹.

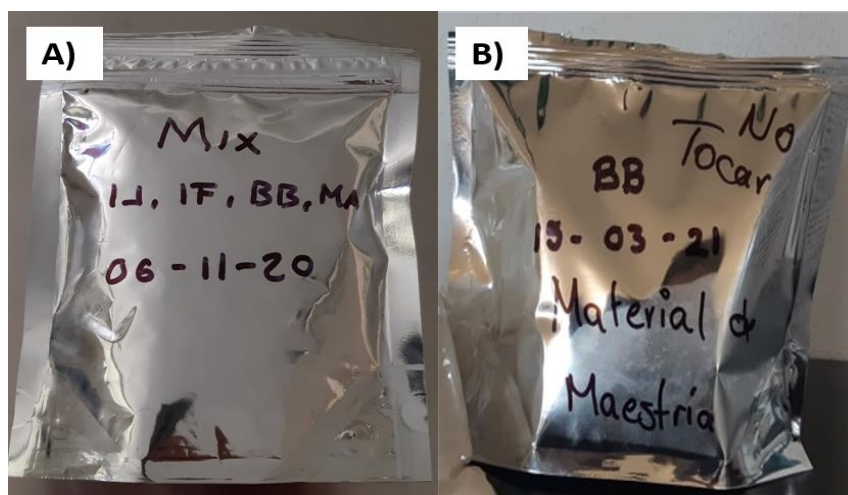


Figura 8. Productos comerciales de hongos entomopatógenos utilizados para el control de *D. suzukii*. A) Mix BEMESSI. B) *Beauveria Bassiana*.

2.2 Establecimiento de la dosis/litro de los hongos

Para determinar la dosis adecuada se realizaron dos tratamientos y un testigo (T0, Mix B, Bb) cada uno en diferentes concentraciones, en un tamaño de muestra 30 adultos con una edad conocida de 6 días de emergidos. Para el tratamiento MixBT1 se preparó una suspensión fúngica donde se utilizó 1 gr de Mix BEMESI, 1gr de harina de maíz, se agregó un adherente/dispersante no iónico marca FLICK®, a razón de 0.5 mL x 1L de agua. Para el segundo tratamiento MixBT2 se utilizaron 2gr de Mix BEMESI, 2gr de harina de maíz, se adiciono un adherente/dispersante no iónico FLICK®, a razón de 2 mL x 1L de agua. Para el tercer tratamiento MixBT3 se agregaron 4gr de Mix BEMESI, 4gr de harina de maíz, se añadió un adherente/dispersante no iónico FLICK®, a razón de 2 mL x 1L de agua. El producto fúngico *B. bassiana* (Bb) se utilizaron las siguientes concentraciones de esporas: BbT1 compuesto de 1 gr de *B. bassiana*, 1gr de harina de maíz, se agregó un adherente/dispersante no iónico marca FLICK®, a razón de 0.5 mL x 1L de agua. Para el segundo tratamiento BbT2 se utilizaron 2gr de *B. bassiana*, 2gr de harina de maíz, se adiciono un adherente/dispersante no iónico FLICK®, a razón de 2 mL x 1L de agua. Para el tercer tratamiento BbT3 se agregaron 4gr de *B. bassiana*, 4gr de harina de maíz, se adicionó un adherente/dispersante no iónico FLICK®, a razón de 2 mL x 1L de agua. Los bioplaguicidas se asperjaron a los adultos de *D. suzukii* colocadas en cajas Petri con esporas del hongo con una duración de 30 min. Posteriormente se colocaron en las jaulas de plástico con alimento (dieta artificial) monitoreando a las 12 horas y después cada 24 horas.

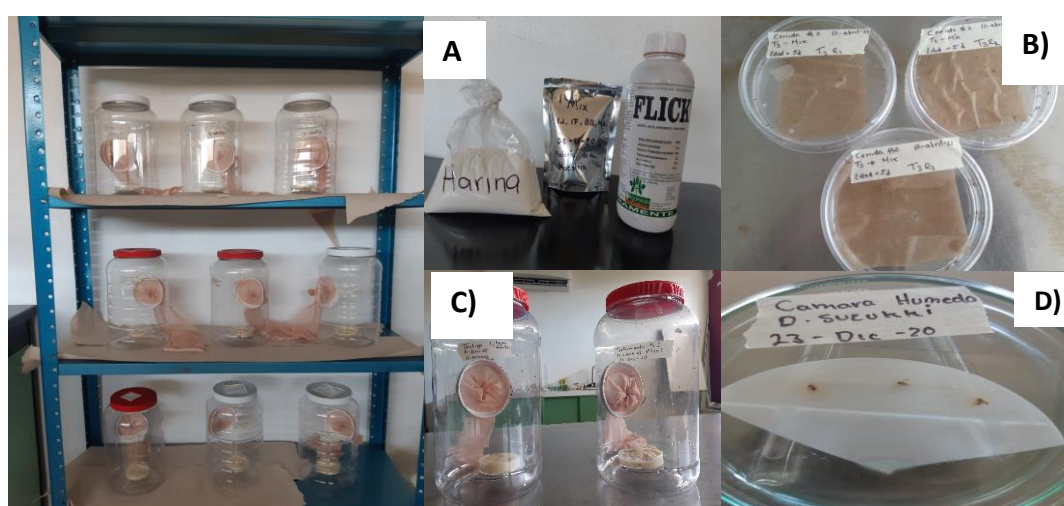


Figura 9. Proceso del experimento. A) Materiales para la suspensión líquida. B) Adultos de *D. suzukii* colocadas en cajas Petri con esporas del hongo. C) Jaulas de plástico con alimento (dieta artificial). D) Cámara húmeda y esporulación de hongo.

Los resultados obtenidos fueron procesados mediante un análisis de varianza (ANOVA) y para la diferencia de medias se utilizó una prueba de Tukey ($p < 0.05$) estos análisis se realizaron con ayuda del paquete estadístico JMP versión 13.2.0,2016.

2.3 Efectividad Mix BEMESI vs Bassiana en la transmisión del hongo en *D.*

Suzukii.

Se evaluaron dos tratamientos fúngicos cada uno correspondiente a una cepa comercial cultivada el Mix BEMESI y *B. bassiana* y un testigo (1,2,3) en un tamaño de muestra 10 adultos con una edad conocida de 5 días de emergidos. Para la aplicación de los bioproductos comerciales los adultos se colocaron en cajas Petri y se asperjaron con esporas del hongo 30 min en contacto y posteriormente se liberaron los insectos infectados con dieta artificial en las jaulas entomológicas. Se realizaron tres repeticiones de cada uno de los tratamientos. La mortalidad de moscas fue monitoreada durante 5 días y las moscas muertas encontradas en cualquier punto en el experimento fueron transferidas inmediatamente en una caja petri limpia con papel filtro humedecido e incubado durante otra semana a 25°C para comprobar visualmente la esporulación bajo un microscopio. Las esporas eran visibles creciendo en el exterior de las moscas infectadas. Los resultados obtenidos fueron procesados mediante un análisis de varianza (ANOVA) y para la diferencia de medias se utilizó una prueba de Tukey ($p < 0.05$) estos análisis se realizaron con ayuda del paquete estadístico JMP versión 13.2.0,2016.

2.4 Evaluación del efecto del sexo en la transmisión del hongo en *D. Suzukii.*

Para conocer el efecto de los hongos en *D. suzukii* todos los adultos obtenidos fueron expuestos a -5 °C por un tiempo de 1 a 2 minutos aproximadamente con la finalidad de reducir su metabolismo y así poder separar machos y hembras adultas. Se evaluaron los dos tratamientos fúngicos el Mix BEMESI y *B. bassiana* y un testigo (1,2,3) en un tamaño de muestra 10 adultos con una edad conocida de 5 días de emergidos. Para la aplicación de los bioproductos comerciales los adultos se colocaron en cajas Petri y se asperjaron con esporas del hongo 30 min en contacto y posteriormente se liberaron los insectos infectados con dieta artificial en las jaulas entomológicas. Se realizaron tres repeticiones de cada uno de los tratamientos repitiendo el bioensayo tres veces. Diariamente se revisaron los insectos y se registró la mortalidad. Los cadáveres se colocaron en cámara húmeda para el desarrollo del hongo para comprobar visualmente la esporulación bajo un microscopio en hembras y machos. Los resultados obtenidos

fueron procesados mediante un análisis de varianza (ANOVA) y para la diferencia de medias se utilizó una prueba de Tukey ($p < 0.05$) estos análisis se realizaron con ayuda del paquete estadístico JMP versión 13.2.0,2016.

2.5 Evaluación del tiempo de efectividad Mix BEMESI vs Bassiana en la mortalidad en adultos de *D. Suzukii*.

Para determinar el tiempo de mayor efectividad de los hongos entomopatógenos se evaluaron los dos tratamientos fúngicos Mix BEMESI y *B. bassiana* y un testigo (1,2,3) en un tamaño de muestra 10 adultos con una edad conocida de 5 días de emergidos, los adultos se colocaron en cajas Petri y se asperjaron con esporas del hongo 30 min en contacto y posteriormente se liberaron los insectos infectados con dieta artificial en las jaulas entomológicas. Se realizaron tres repeticiones de cada uno de los tratamientos. La mortalidad de moscas fue monitoreada durante 5 días cada 24hrs,48hrs,72 hrs,96 hrs,120 hrs y las moscas muertas encontradas en las jaulas fueron transferidas inmediatamente en una caja petri limpia con papel filtro humedecido e incubado durante otra semana a 25°C para comprobar visualmente la esporulación. Los resultados obtenidos fueron procesados mediante un análisis de varianza (ANOVA) y para la diferencia de medias se utilizó una prueba de Tukey ($p < 0.05$) estos análisis se realizaron con ayuda del paquete estadístico JMP versión 13.2.0, 2016.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Establecimiento de la dosis/litro de los hongos

Se probaron tres dosis/litro (1gr,2gr,4gr) por tratamiento del Mix BEMESI y *B. bassiana* en ejemplares de *D. suzukii*, para poder determinar la concentración efectiva de los hongos en la mortalidad de las moscas. Como podemos observar en la gráfica (Figura 10) el tratamiento MixBT3 tiene una diferencia significativa aumentando el % de mortalidad en las moscas con respecto al resto de los tratamientos, esto nos indica que la dosis efectiva para el Mix BEMESI es a 4gr/lt. Pero también podemos observar que el producto *B. bassiana* también incrementó la mortalidad, pero esto solo fue significativo con respecto a BbT1, MixBT1 y el testigo. Esto nos indica que las dos primeras dosis parecen no ser efectivas en el control de las moscas de *D. suzukii*. Ya que son similares sus efectos al testigo.

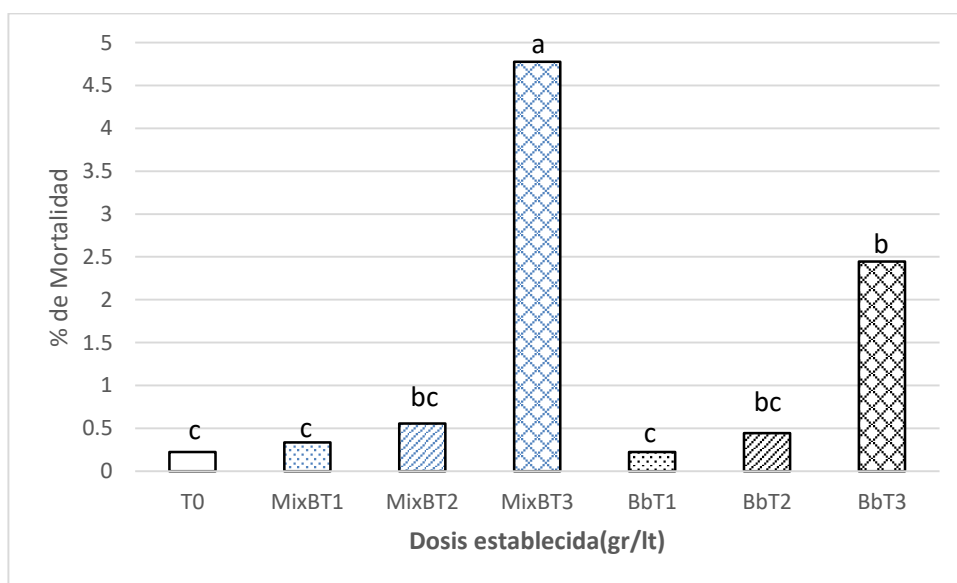


Figura 10. Evaluación de dos productos biosecticidas para el establecimiento de la dosis adecuada en *D. suzukii*. T0: Testigo, MixBT1:1gr/litro de Mix BEMESI, MixBT2:2gr/litro, MixBT3:4 gr/litro, BbT1:1gr/litro de *B. bassiana*, BbT2:2gr/litro, BbT3:4gr/litro. Letras diferentes indican significancia estadística (Tukey, $p \leq 0.001$) entre columnas.

Los resultados obtenidos muestran que, a concentraciones mayores en los productos utilizados, hay una mayor mortalidad en los experimentos esto es debido a que la concentración de esporas aumenta por cada gramo esto es importante ya que la patogenicidad de la cepa contra la plaga objetivo debe ser conocida, así como la cantidad de esporas requeridas para inducir una epizootia.

3.2 Efectividad Mix BEMESI vs B. bassiana en la transmisión del hongo en *D. Suzukii*

Se utilizaron dos productos compuestos por hongos entomopatógenos el Mix BEMESI vs *B. bassiana*, en ejemplares de *D. suzukii*, para poder determinar cuál de los dos productos tiene un efecto mayor sobre % de mortalidad de las moscas. Como podemos observar en la gráfica (figura 11) el tratamiento MixBT3 tiene una diferencia significativa con respecto a *B. bassiana* y el Testigo, esto nos indica que el Mix BEMESI presentó un % de mortalidad mayor en comparación al otro producto. Pero también podemos observar que el producto *B. bassiana* también incrementó la mortalidad, pero esto solo fue significativo con respecto testigo. Esto nos indica que los dos productos tienen un efecto positivo en la mortalidad en adultos de *D. suzukii*, sin embargo, el producto que tuvo mayor porcentaje de mortalidad fue MixBT3.

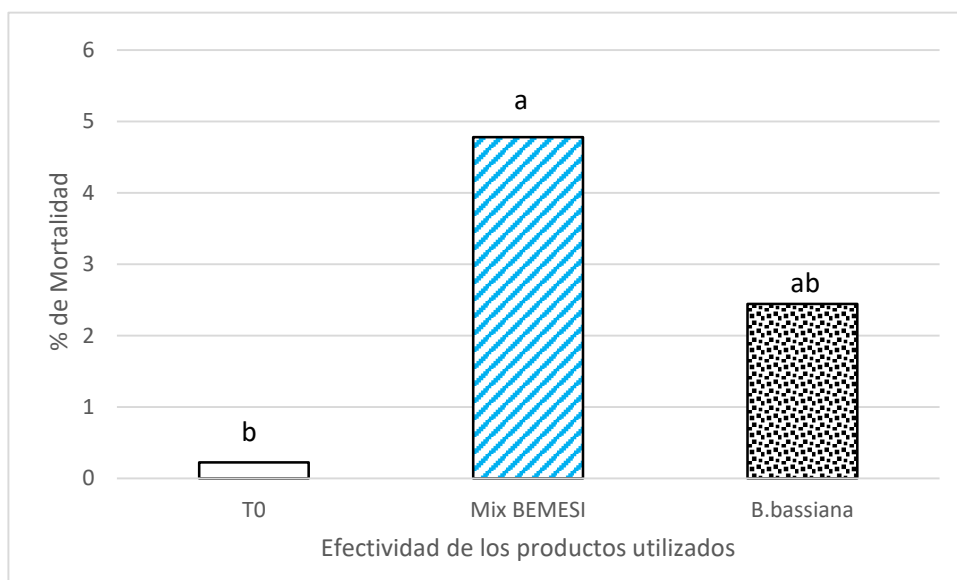


Figura 11. Efectividad de dos productos bioinsecticidas para el control de *D. suzukii*. T0: Testigo, Mix BEMESI y *B. bassiana*. Letras diferentes indican significancia estadística (Tukey, $p \leq 0.0005$) entre columnas.

(Rincón, 2009; García, 2011; Suárez y Cortez, 2014) indicaron que la combinación de alguno de estos hongos con la técnica de contaminación cruzada (autodiseminación) puede tener un efecto mayor que el de aplicar los hongos por aspersión, para esto, los insectos liberados e infectados deben ser capaces de propagar los conidios y obtener mayor mortalidad en los insectos. Así mismo se pueden aplicar mezclas de hongos entomopatógenos con dosis sub letales para lograr efectos sinérgicos superiores a los logrados con aplicaciones de cada producto por separado. Los resultados obtenidos

coinciden con los experimentos realizados por dichos autores, dónde el Mix BEMESI al estar compuesto por varias cepas tiene mayor efectividad en la Mortandad en comparación del producto *B. bassiana* compuesto por solo una cepa.

3.3 Evaluación del efecto del sexo en la transmisión del hongo en *D. Suzukii*.

Se evaluó el efecto del sexo (Hembras-Machos) de *D. suzukii* para el Mix BEMESI y *B. bassiana*, para poder determinar si las hembras o los machos son más susceptibles a los hongos entomopatógenos como podemos observar en la gráfica (figura 12) los resultados muestran que entre el Mix BEMESI no hay una diferencia significativa, sin embargo, si afecta ligeramente más a las hembras que a los machos. Con respecto a *B. bassiana* se observa que no hay diferencia, pero en este caso afecta más a los machos que a las hembras de lo contrario al Mix. comparado con el testigo se muestra que hay diferencias significativas al aplicar los productos a base de hongos.

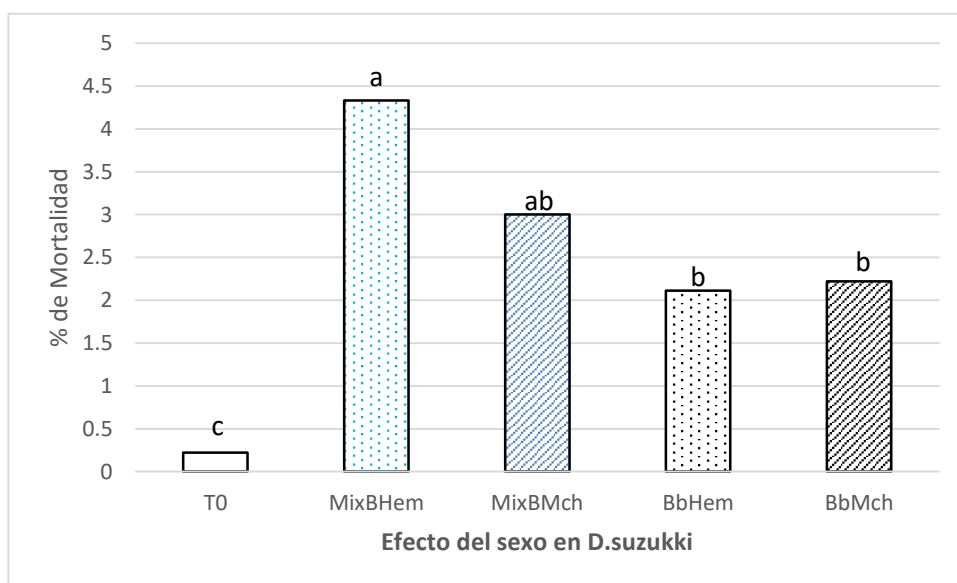


Figura 12. Efecto del sexo en *D. suzukii* T0: Testigo, MixBHem: Mix BEMESI Hembras, MixBMch: Mix BEMESSI machos, BbHem: *B. Bassiana* Hembras, BbMch: *B. Bassiana* machos.

Existe poca información sobre la susceptibilidad en hembras o machos en campo como en laboratorio, los resultados muestran que las hembras son más susceptibles a los machos par el Mix BEMESSI y para *B. bassiana* fueron los machos ya que se pudo haber visto influenciado por el método experimental, la disponibilidad de recursos, o la

competitividad de la población. Para comprobar la susceptibilidad se sugiere seguir realizando pruebas con variables más controladas.

3.4 Evaluación del tiempo de efectividad Mix BEMESI vs B. bassiana en la mortalidad en adultos de *D. Suzukii*.

Se evaluó cada 24 horas el % mortalidad en ejemplares de *D. suzukii* en los productos Mix BEMESI y B. bassiana, para poder determinar el tiempo en el que se presentó mayor mortandad de las moscas. Como podemos observar en la gráfica (Figura 13) los resultados de los tratamientos en los que se puede notar la diferencia significativa en el tiempo en horas al presentar mayor porcentaje de mortalidad en adultos de *D. suzukii* con el producto Mix BEMESI entre las 96 hrs y 120 hrs después de su aplicación. De igual manera se presenta una diferencia entre el producto B. Bassiana es el mismo tiempo, lo cual nos indica que si hubo mortalidad en las demás horas, pero fue menor. En la figura 13 se presentan los resultados donde a las 24 hrs para el testigo (TO) el Mix BEMESSI (Mix B) y B. bassiana (Bb) no hay diferencias en ambos tratamientos, a las 48 hrs para los tres tratamientos solo el Mix B tuvo un resultado sobresaliente en comparación a los demás. Para las 72 hrs observamos mayor mortalidad en el MixB y B. bassiana que el testigo. El monitoreo dentro de las 96 hrs nos indica que el Mix BEMESSI y B. Bassiana muestran similitudes, pero hay mayo mortalidad en MixB que en B. Bassiana en comparación con el testigo. Finalmente se puede apreciar en la gráfica que el tiempo más sobresaliente de la acción de los hongos entomopatógenos es después de 120 hrs para el Mix BEMESI.

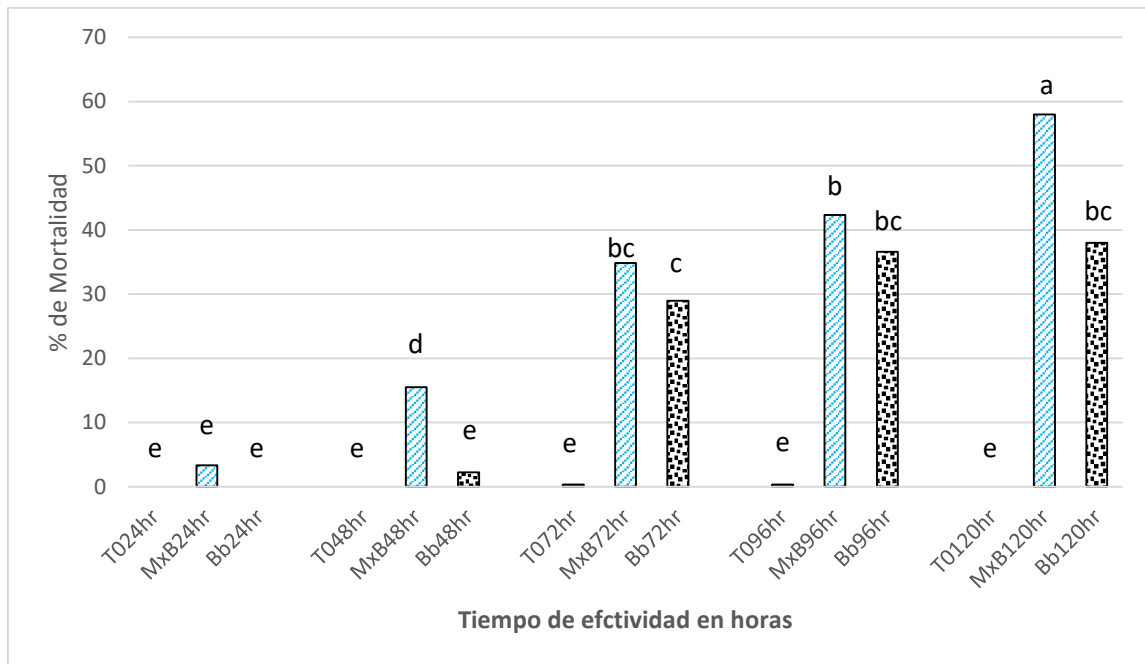


Figura 13. Evaluación del tiempo de efectividad en horas sobre la mortalidad de *D. suzukii* en diferentes tratamientos T0 (24, 48, 72, 96 y 120 hr); MxB (24, 48, 72, 96 y 120 hr); Bb (24, 48, 72, 96 y 120 hr)

De acuerdo con (Cuthbertson *et al.*, 2014) donde probó diferentes productos comerciales a base de *Beauveria bassiana* demostraron que causó un 44 % de mortalidad de adultos *D. suzukii* después de 7 días de tratamiento, mientras que *Lecanicillium muscarium* Zare apenas sobrepasó el 30 %. En comparación con el presente trabajo resultó ser similar ya que hubo un porcentaje alto de mortalidad con *B. bassiana* en adultos de *D. suzukii*, con respecto al tiempo fue significativo ya que se encontró que en los primeros días de la aplicación hubo resultados favorables, siendo los más sobresalientes después de los 5 días de aplicación de los hongos entomopatógenos.

Los autores (Woltz *et al.*, 2015; Colomar, 2016) evaluaron tres productos y observaron que la aplicación directa de *Metarhizium anisopliae* sobre las hembras adultas obtuvo una mortalidad significativamente más alta que la del testigo sin tratar, pero no mostró ningún efecto sobre la fecundidad de *D. suzuki*, mientras que la aplicación en aerosoles fúngicos de *B. bassiana* y de *Paecilomyces fumosoroseus* no obtuvo una mortalidad significativamente diferente del control. De esta manera se muestra que los hongos entomopatógenos tienen el potencial para ser utilizados en el control de plagas como la mosca de las manchadas *D. suzukii*. Es importante mencionar que el tiempo para causar

la muerte depende de varios factores como: tipo de huésped, temperatura, humedad y estado de desarrollo del huésped.

IV. CONCLUSIONES

Los productos entomopatógenos comerciales Mix.BEMESSI y *B. bassiana* tienen potencial para el control de *D. suzukii* aplicados a una concentración óptima de 4gr/lit del Mix BEMESSI y *B. bassiana* ya que obtuvieron un mayor índice de mortalidad en adultos de *D. suzukii*, lo cual nos indica ser una dosis efectiva en condiciones de laboratorio. Al evaluar la eficacia de los productos comerciales Mix BEMESSI y *B. bassiana* se obtuvo que Mix BEMESSI tuvo una mayor mortalidad disminuyendo la supervivencia de *D. suzukii* a comparación con *B. bassiana*. Para las pruebas de susceptibilidad realizadas, las hembras de *D. suzukii* son más susceptibles a los hongos entomopatógenos para el producto comercial Mix BEMESSI, mientras que para el producto *B. bassiana* fueron los machos. Por último, el tiempo de mayor efectividad sobre la mortalidad en *D. suzukii* es entre las 96 horas-120 horas. En condiciones de laboratorio los productos a base de hongos entomopatógenos tiene potencial para ser utilizados en el control biológico de *D. suzukii*. Se resalta la necesidad de realizar este estudio en campo para evaluar el comportamiento de los bioinsecticidas evaluados.

V. RECOMENDACIONES

A fines de complementar y continuar el estudio de la línea de investigación abordada en este trabajo de tesis, se propone tener en cuenta los siguientes puntos:

- Realizar pruebas con otros productos comerciales para evaluar su efecto.
- Evaluar con concentraciones mayores de los productos comerciales entomopatógenos para comprobar si hay mayor mortalidad en adultos de *D. suzukii*.
- Evaluar la mortalidad en diferentes las etapas inmaduras y reproducción de *D. suzukii*.
- Evaluar la fecundidad en hembras de *D. suzukii*.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albuquerque Maranhão, E. A., & de Albuquerque Maranhão, E. H. (2008). Hongos entomopatógenos: importante herramienta para el control de “moscas blancas” (Homoptera: Aleyrodidae). *Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica*, 5, 209-242.
- Bukhari, T. Takken, W. Koenraadt, C. (2011). Development of *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* formulations for control of malaria mosquito larvae. *Parasites and Vectors* 4: 23. doi: 10.1186/1756-3305-4-23.
- CABI. 2019. Crop Protection Compendium. CAB International. United Kindom. En línea: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/109283.pdf>. (Acceso diciembre 26,2019)
- Carreras, S. B., y Rodríguez, B. D. (2009). Evaluación de cepas de *Bacillus thuringiensis* para el control de *Drosophila melanogaster* Maengi. *Fitosanidad*, 13(2), 83-88.
- Cárdenas, A. M. (2010). EFECTO DE LA HUMEDAD RELATIVA SOBRE LA GERMINACIÓN DE LAS ESPORAS DE *Beauveria bassiana* Y LA PATOGENICIDAD A LA BROCA DEL CAFÉ *Hypothenemus hampei*. *Revista U.D.C.A.*, 67-76.
- Colomar, A. E. (2014). *Drosophila suzukii* (Matsumura, 1931) (Diptera: Drosophilidae) una nueva plaga de frutales que se está extendiendo mundialmente. Distribución, biología y ecología. *Revista Argent. Agron.*, 1-19.
- Colomar, L. E. (2016). Métodos de control para *Drosophila suzukii* (Matsumura)(Diptera: Drosophilidae); una nueva plaga de frutales que se está extendiendo mundialmente. *Rev. Agron. Noroeste Argent.* , 19-30.
- Correal, C. E., Torres, L. A. T., Rivero, L. F. V., Pardey, A. E. B., Mogollón, M. V. Z., & Prado, A. M. C.2018. Hongos entomopatógenos en el control biológico de insectos plaga. Volumen 1. Agentes de control biológico. Capítulo 6. pp 338-363.

- Cuthbertson, AGS; Collins, DA; Blackburn, LF; Audsley, N.; Bell, HA Detección preliminar de posibles productos de control contra *Drosophila suzukii*. *Insectos* 2014, 5, 488-498. <https://doi.org/10.3390/insects5020488>
- Castro S, R. & Castillo P, M. (2016). Distribución potencial de la mosca del vinagre de las alas manchadas (*Drosophila suzuki* Matsumura) en México. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Rigoberto_Castro_Sosa/publication/318380388_Distribucion_potencial_de_la_mosca_del_vinagre_de_las_alas_manchadas_Drosophila_suzuki_Matsumura_en_Mexico/links/596674aca6fdcc18ea609962/Distribucion-potencial-de-la-mosca-del-vinagre-de-las-alas-manchadas-Drosophila-suzuki-Matsumura-en-Mexico.pdf. (Acceso enero 07,2020).
- DELGADO, P. A. M.; MURCIA-ORDOÑEZ, B. Hongos entomopatógenos como alternativa para el control biológico de plagas. *Ambi-Agua*, Taubaté, v. 6, n. 2, p. 77-90, 2011. (doi:10.4136/ambi-agua.187)
- FAO/IAEA. 2019. Uso de Hongos Entomopatógenos para el Control de Moscas de la Fruta en Programas TIE en Área Amplia. A. Villaseñor, S. Flores, S. E. Campos, J. Toledo, P. Montoya, P. Liedo y W. Enkerlin (eds.), Organización de las Naciones Unidas Para la Agricultura y la Alimentación/Organismo Internacional de Energía Atómica. Viena, Austria. 46 pp.
- Funes, C. F., Kirschbaum, D. S., Escobar, L. I., & Heredia, A. M. (2018). *La mosca de las alas manchadas, Drosophila suzukii (Matsamura). Nueva plaga de las frutas finas en Argentina*. Ediciones INTA.
- García, A. C., Bravo, P.D., Ruiz-Galván, I., Romero-Gómez, G., Quezada-Salinas, A., Hernández-Pablo, S., & Acevedo-Reyes, N. PRESENCIA DE LA MOSCA DEL VINAGRE DE LAS ALAS MANCHADAS *Drosophila suzukii* (Matsumura, 1931)(DIPTERA: DROSOPHILIDAE) EN MÉXICO.
- García, M. A. M. (2011). *Hongos entomopatógenos (Mycota: Deuteromycetes) aislados en el noroeste de México: impacto sobre la longevidad, fecundidad, fertilidad y tasas de cópula e inseminación en Aedes aegypti (Diptera: Culicidae)* (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Nuevo León).

- García-Ávila, C., Bravo-Pérez, D., Ruiz-Galván, I., RO-MERO-GOMEZ, G., Quezada-Salinas, A., Hernández-Pablo, S., ... & Acevedo-Reyes, N. (2016). Presencia de la mosca del vinagre de las alas manchadas *Drosophila suzukii* (Matsumura, 1931) (Diptera: Drosophilidae) en México. *Presence of spotted wing drosophila, Drosophila suzukii*, 354-60.
- Garriga, A., Morton, A., & Garcia-del-Pino, F. (2018). Is *Drosophila suzukii* as susceptible to entomopathogenic nematodes as *Drosophila melanogaster*? *Journal of pest science*, 91(2), 789-798.
- Gutiérrez Cárdenas, O. G. (2018). Integración de hongos entomopatógenos-feromona sexual para el manejo de adultos de *Spodoptera frugiperda* Smith (Lepidoptera: Noctuidae). Disponible en: <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/25063/TesisOscar%20Giovanni%20Guti%C3%A9rrez%20C%C3%A1rdenas.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (Acceso enero 07,2020).
- KAAYA, G. P. *Glossina morsitans morsitans*: mortalities caused in adults by experimental infection with entomopathogenic fungi. *Acta Tropica*, v. 46, n. 2, p. 107-114, 1989. [http://dx.doi.org/10.1016/0001-706X\(89\)90004-1](http://dx.doi.org/10.1016/0001-706X(89)90004-1)
- Mnyone, L., Lyimo, I., Lwetoijera, D., Mpingwa, M., Nchimbi, N., Hancock, P., Russell, T., Kirby, M., Takken, W., Koenraadt, C., (2012). Exploiting the behaviour of wild malaria vectors to achieve high infection with fungal biocontrol agents. *Malaria Journal*, 11:87
- Nikolouli, K., Colinet, H., Renault, D., Enriquez, T., Mouton, L., Gibert, P., ... y Bourtzis, K. (2018). Técnica de insectos estériles y simbiosis de *Wolbachia* como herramientas potenciales para el control de la especie invasora *Drosophila suzukii*. *Revista de ciencia de plagas*, 91 (2), 489-503.
- Novelo R.L.F.2009. Capacidad de inseminación, competitividad sexual y dispersión en campo de machos estériles de *Anastrepha ludens* tratados con *Beauveria bassiana*. Tesis de Doctorado. Colegio de la Frontera Sur.

- Palomares, V. M. G. 2019. EFECTO DE LA IRRADIACIÓN EN PARÁMETROS DE CALIDAD Y FERTILIDAD DE *Drosophila suzukii* MATSUMURA (DIPTERA: DROSOPHILIDAE).
- Pérez-Acosta, J. D. J. (2016). Evaluación de un insecticida formulado con *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana* (balsamo) Vuillemin para el control biológico de *Meccus pallidipennis* vector de la enfermedad de chagas. (Tesis de Licenciatura). Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
- P. Montoya, J. Toledo y E. Hernández (eds.) Moscas de la Fruta: Fundamentos y Procedimientos para su Manejo, 2020. S y G editores, Ciudad de México. pp. 563-571.
- Quesada-Moraga, E. (2002). Los hongos entomopatógenos en el control de las plagas de insectos. PHYTOMA España, 144: 41-48.
- Rincón, L. F. N. (2009). *Capacidad de inseminación, competitividad sexual y dispersión en campo de machos estériles de Anastrepha ludens tratados con Beauveria bassiana* (Doctoral dissertation, El Colegio de la Frontera Sur).
- Shahid, A., Rao, A., Bakhsh, A., Husnain, T., (2012). Entomopathogenic fungi as biological controllers: new insights into their virulence and pathogenicity. *Archives of Biological Sciences* 64: 21–42.
- Segura, C. J. (2018). Evaluación del control de *Drosophila suzukii* (Díptera: Drosophilidae) mediante técnica del insecto estéril (TIE) sobre huertos de arándano de la Región del Biobío. Facultad de ciencias agronómicas y de los alimentos. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.
- SENASICA. 2013. Mosca del vinagre de alas manchadas (*Drosophila suzukii* Matsumura). Dirección General de Sanidad Vegetal – Sistema Nacional de vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria. México, D. F. Ficha Técnica No. 7. 22 p.
- SENASICA. (2014). Manual para el manejo fitosanitario de la mosca del vinagre de las alas manchadas (*Drosophila suzukii* Matsumura).

SENASICA. 2016. Mosca del vinagre de alas manchadas (*Drosophila suzukii*) (Matsumura, 1931) (Diptera: Drosophilidae). Aviso público del riesgo y situación actual. Servicio Nacional de Sanidad Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA)-Dirección General de Sanidad Vegetal - Programa de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria. Última Actualización: marzo 2016. En línea: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/172755/Aviso_publico_Mosca_del_vinagre_2016.pdf. (Acceso enero 02,2020).

SENASICA. 2019. Mosca del vinagre de alas manchadas (*Drosophila suzukii*) Matsumura. Servicio Nacional de Sanidad Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA)-Dirección General de Sanidad Vegetal - Programa de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria. Con la colaboración del Centro Nacional de Referencia Epidemiológica Fitosanitaria (LaNREF) Cd. de México, Última Actualización: marzo 2016, Ficha técnica No. 7: 21. En línea: <http://sinavef.senasica.gob.mx/SIRVEF/ContenidoPublico/Fichas%20tecnicas/Ficha%20T%C3%A9cnica%20Mosca%20del%20vinagre%20de%20alas%20manchadas.pdf>. (Acceso noviembre 30,2021).

SIAP-SADER. 2019. Cierre de producción agrícola por cultivo. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). En línea: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> Consultado el 30 de noviembre de 2019.

Suárez, N. J., y Cortez, M. H. (2014). Transmisión horizontal de *Beauveria bassiana* en poblaciones controladas de *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Psyllidae). *Entomología Mexicana*, 1, 338-343

Téllez-Jurado, A., Cruz Ramírez, M. G., Mercado Flores, Y., Asaff Torres, A., & Arana-Cuenca, A. (2009). Mecanismos de acción y respuesta en la relación de hongos entomopatógenos e insectos. *Revista mexicana de micología*, 30, 73-80.

Toledo, J., Campos, S., Flores, S., Montoya, P. (2020). Uso de hongos entomopatógenos en el manejo de moscas de la fruta: eficacia de Adultos

estériles vectores y autodiseminadores de conidios. *Moscas de la fruta: fundamentos y procedimientos para su manejo*. 563-571.

Vega F.E., Posada F., Aime M.C., Pava-Ripoll M., Infante F., Rehner S.A., 2008. Entomopathogenic fungal endophytes. *Biol Control* 46:72–82

Walsh, D. B., M. P. Bolda, R. E. Goodhow, 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. doi: 10.1603/ipm10010.

Woltz J.M., Donahue K.M., Bruck D.J., Lee J.C. (2015). Efficacy of commercially available predators, nematodes and fungal entomopathogens for augmentative control of *Drosophila suzukii*. *Journal of Applied Entomology* 139: 759-770.

ANEXOS

ANEXO 1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS EXPERIMENTOS

En este anexo se colocan los resultados de los análisis de varianza y prueba de comparación de medias realizados a cada una de las evaluaciones.

3.1 Análisis de Varianza de la evaluación de diferentes tratamientos sobre la concentración adecuada de los productos Mix BEMESSI y B. bassiana.

Análisis de varianza					
Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de los cuadrados	Razón F	Prob > F
Trat	6	161.52381	26.9206	13.3020	<.0001*
Error	56	113.33333	2.0238		
C. Total	62	274.85714			

3.1.1 Comparaciones en parejas de Tukey de la evaluación de diferentes tratamientos sobre la concentración adecuada de los productos Mix BEMESSI y B. bassiana.

Informe de letras de unión		
Nivel		Media
MixBT3	A	4.7777778
BbT3	B	2.4444444
MixBT2	B C	0.5555556
BbT2	B C	0.4444444
MixBT1	C	0.3333333
BbT1	C	0.2222222
T0	C	0.2222222

Los niveles no conectados por la misma letra son significativamente distintos.

3.2 Análisis de Varianza de la efectividad de los productos bioinsecticidas para el control de *D. suzukii*. Mix BEMESI y B. Bassiana.

Análisis de varianza					
Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de los cuadrados	Razón F	Prob > F
Trat	2	93.40741	46.7037	10.6414	0.0005*
Error	24	105.33333	4.3889		
C. Total	26	198.74074			

3.2.1 Comparaciones en parejas de Tukey sobre la efectividad de los productos bioinsecticidas para el control de *D. suzukii*. Mix BEMESI y B. Bassiana.

Informe de letras de unión

Nivel		Media
MixBT1	A	4.7777778
BbT2	A B	2.4444444
T0	B	0.2222222

Los niveles no conectados por la misma letra son significativamente distintos.

3.3 Análisis de Varianza sobre Efecto en el sexo en *D. sukuzki*.

Análisis de varianza

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de los cuadrados	Razón F	Prob > F
Trat	4	80.57778	20.1444	18.3131	<.0001*
Error	40	44.00000	1.1000		
C. Total	44	124.57778			

3.3.1 Comparaciones en parejas de Tukey del efecto en el sexo en *D. sukuzki*.

Informe de letras de unión

Nivel		Media
MixBHem	A	4.3333333
MixBMch	A B	3.0000000
BbMch	B	2.2222222
BbHem	B	2.1111111
T0	C	0.2222222

Los niveles no conectados por la misma letra son significativamente distintos.

3.4 Análisis de Varianza del tiempo de efectividad en horas sobre la mortalidad de *D. sukuzki* en diferentes tratamientos.

Análisis de varianza

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de los cuadrados	Razón F	Prob > F
Trat	14	17186.772	1227.63	83.0837	<.0001*
Error	30	443.273	14.78		
C. Total	44	17630.046			

3.4.1 Comparaciones en pareja de Tukey del tiempo de efectividad en horas sobre la mortalidad de *D. sukuzki* en diferentes tratamientos.

Informe de letras de unión		
Nivel		Media
MxB120hr	A	58.000000
MxB96hr	B	42.333333
Bb120hr	B C	38.000000
Bb96hr	B C	36.600000
MxB72hr	B C	34.866667
Bb72hr	C	28.966667
MxB48hr	D	15.500000
MxB24hr	E	3.300000
Bb48hr	E	2.200000
T072hr	E	0.333333
T096hr	E	0.333333
Bb24hr	E	0.000000
T0120hr	E	0.000000
T024hr	E	0.000000
T048hr	E	0.000000

Los niveles no conectados por la misma letra son significativamente distintos.