



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
UNIDAD XOCHIMILCO

Casa abierta al tiempo

MAESTRIA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

ACTIVIDAD INSECTICIDA E INSECTISTÁTICA
DE EXTRACTOS DE JATROPA (*Jatropha curcas*) Y
DE EXTRACTOS DE *Beauveria bassiana* SOBRE
EL GUSANO COGOLLERO (*Spodoptera frugiperda*)
(Lepidoptera: Noctuidae)

T E S I S

**IDÓNEA COMUNICACIÓN DE RESULTADOS
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRA
EN CIENCIAS AGROPECUARIAS**

Presenta:

NORMA DANIELA GARCÍA CALDERÓN

Director de tesis:

DR. ANTONIO FLORES MACIAS

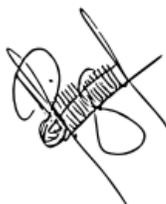
Ciudad de México

Agosto, 2023

Comité tutorial



Director: Dr. Antonio Flores Macias
Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco
División de Ciencias Biológicas y de la Salud
Departamento de Producción Agrícola y Ambiental



Co-Director: Dr. Miguel Ángel Ramos López
Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Química



Asesor: Juan Esteban Barranco Florido
Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco
División de Ciencias Biológicas y de la Salud
Departamento de Sistemas Biológicos

La presente investigación titulada: Actividad insecticida e insectistática de extractos de *Jatropha curcas* y de extractos de *Beauveria bassiana* sobre el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) (Lepidoptera: Noctuidae)” realizada por la Ingeniera Agrónoma Norma Daniela García Calderón ha sido aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

Maestra en Ciencias Agropecuarias

Presidente

Dr. Juan Esteban Barranco Florido

Secretario

Dr. Rodolfo Figueroa Brito

Vocal

Dr. Salvador Hernández Moreno

Ciudad de México, octubre de 2023

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Humanidades Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT), por el apoyo en el desarrollo de este trabajo a través de la beca 1143782.

A la Universidad Autónoma Metropolitana-Unidad Xochimilco por haberme permitido formarme en ella.

Al Doctor Antonio Flores Macias, por su confianza, motivación y conocimiento en todo mi proceso de formación.

Al Doctor Juan Esteban Barranco Florido, por su apoyo en el laboratorio, tiempo y paciencia en enseñarme.

Al Doctor Miguel Ángel Ramos López, por sus aportaciones en la investigación y su atención durante mi estancia en la Universidad Autónoma de Querétaro.

Al Doctor Rodolfo Figueroa Brito, por su atención y apoyo en los insumos para la dieta artificial de *Spodoptera frugiperda*.

A mi madre, Anabel Calderón Moreno y hermano, Luis Fernando García Calderón, por su cariño, apoyo incondicional y paciencia, por ser las principales motivaciones para seguir adelante.

A Miguel Ángel Hernández Huerta, por motivarme todos los días a seguir mis sueños y reconocer cada logro en mi vida.

El presente trabajo de investigación se realizó en:

El laboratorio de Biotecnología de la Universidad Autónoma Metropolitana-
Xochimilco

El Laboratorio de Fisiología y Tecnología de Cultivos de la Universidad Autónoma
Metropolitana-Xochimilco

El Laboratorio de Compuestos Naturales Insecticidas de la Facultad de Química
de la Universidad Autónoma de Querétaro.

ÍNDICE GENERAL	
RESUMEN	10
I. INTRODUCCIÓN	12
II. MARCO TEÓRICO Y DE REFERENCIA	13
2.1.1 Taxonomía	13
2.1.2 Distribución, plantas hospedantes y daños	13
2.1.3 Ciclo biológico y descripción	14
2.1.4 Métodos de control de <i>Spodoptera frugiperda</i>	20
2.1.4.1 Control mecánico	20
2.1.4.2 Control químico	20
2.1.4.3 Control biológico	20
2.1.4.4 Control cultural	20
2.1.4.5 Control con insecticidas botánicos	21
2.2 Plaguicidas naturales	21
2.2.1 Metabolitos secundarios	23
2.2.2 Actividad insecticida e insectistática	25
2.3 Extractos vegetales	26
2.3.1 <i>Jatropha curcas</i>	26
2.3.2 Taxonomía	27
2.3.3 Metabolitos secundarios presentes en los órganos de <i>Jatropha curcas</i>	27
2.3.4 Acción de extractos botánicos	27
2.4 Hongos entomopatógenos	28
2.4.1 <i>Beauveria bassiana</i>	30
2.4.2 Taxonomía	30
2.4.3 Metabolitos secundarios	30
2.4.4 Mecanismos de acción de <i>Beauveria bassiana</i> en el control de plagas	31
2.5 Situación actual del uso combinado de alternativas biológicas en el combate de insectos plagas	32
III. JUSTIFICACIÓN	34
IV. HIPÓTESIS	35
V. OBJETIVOS	35
5.1 Objetivo general	35
5.2 Objetivos específicos	35
VI. METODOLOGÍA	36

6.1 Sitio de trabajo	36
6.2 Recolección de material vegetal.....	36
6.3 Extractos de <i>Jatropha curcas</i>	36
6.4 Obtención de insectos	37
6.5 Extracto de <i>Beauveria bassiana</i>	39
6.5.1 Cultivo monospórico.....	39
6.5.2 Siembra en medio de cultivo solido.....	40
6.5.3 Fermentación sólida	40
6.5.4 Obtención de metabolitos secundarios	41
6.6 Bioensayos.....	43
6.6.1 Bioensayo de la actividad insecticida e insectistática de <i>Jatropha curcas</i>	43
6.6.2 Bioensayo de la actividad insecticida e insectistática de <i>Beauveria bassiana</i>	43
6.6.3 Bioensayo de la actividad insecticida e insectistática de <i>Beauveria bassiana</i> y <i>Jatropha curcas</i>	43
VII. VARIABLES.....	43
VIII. DISEÑO EXPERIMENTAL	44
IX. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	44
X. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	45
10. 1 Actividad insecticida de <i>Jatropha curcas</i> y <i>Beauveria bassiana</i> sobre <i>Spodoptera frugiperda</i>	45
10.1.1 Mortalidad de larva	45
10.1.2 Mortalidad de pupa	49
10. 2 Actividad insectistática de <i>Jatropha curcas</i> y <i>Beauveria bassiana</i> sobre <i>Spodoptera frugiperda</i>	50
10.2.1 Peso pupal	50
10.2.2 Duración de fase larval.....	51
10.2.3 Duración de fase pupal.....	53
10.2.4 Porcentaje de emergencia relativa de adultos.....	55
XI. CONCLUSIÓN.....	59
XII. REFERENCIAS	60
XIII. ANEXOS.....	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo biológico <i>Spodoptera frugiperda</i> (Secretaría de Agricultura y Ganadería <i>et al.</i> , 1998).....	14
Figura 2. Huevos de <i>Spodoptera frugiperda</i> (elaboración propia).....	15
Figura 3. Larvas L1 (elaboración propia).....	16
Figura 4. Larvas L2 (elaboración propia).....	16
Figura 5. Larva de <i>Spodoptera frugiperda</i> con segmentos y cápsula cefálica (DGSV, 2021).	17
Figura 6. Estadio larval L5 (elaboración propia).....	17
Figura 7. Estadios larvales <i>Spodoptera frugiperda</i> (MRI, 2019).	18
Figura 8. Pupa <i>Spodoptera frugiperda</i> (DGSV, 2021).	18
Figura 9. Pupa A (macho), pupa B (hembra) de <i>Spodoptera frugiperda</i> (Guzmán <i>et al.</i> , 2016).	19
Figura 10. Adultos A (hembra), B (macho) de <i>Spodoptera frugiperda</i> (Herrera, 2013).	19
Figura 11. Mecanismo de acción de los hongos entomopatógenos (elaboración propia). 32	
Figura 12. Semillas de <i>Jatropha curcas</i> (elaboración propia).....	36
Figura 13. Extracto en el rotavapor (elaboración propia).....	37
Figura 14. Extracto de <i>Jatropha curcas</i> (elaboración propia).	37
Figura 15. Cría artificial de <i>Spodoptera frugiperda</i>	38
Figura 16. Larvas L2 de <i>Spodoptera frugiperda</i> (elaboración propia).....	38
Figura 17. Siembra de <i>Beauveria bassiana</i> en medio SDAY (elaboración propia).	39
Figura 18. Cepa de <i>Beauveria bassiana</i> en un cultivo de Agar Desxtrosa-Saboraand (elaboración propia).	40
Figura 19. Medio de cultivo solido de <i>Beauveria bassiana</i> (elaboración propia).	41
Figura 20. A) Extracto crudo; B) Extracto crudo después de centrifugarse a 10,000 rpm; C) Filtrado al vacío (elaboración propia).	42
Figura 21. D) Metabolitos y enzimas después de centrifugarse a 3000 rpm; D) Metabolitos de <i>Beauveria bassiana</i> liofilizados (elaboración propia).	42
Figura 22. Larvas de <i>Spodoptera frugiperda</i> muertas por metabolitos secundarios de <i>Beauveria bassiana</i> a 5000 ppm (elaboración propia).	48
Figura 23. Pupas de <i>Spodoptera frugiperda</i> muertas por metabolitos secundarios de <i>Beauveria Bassiana</i> a 2500 ppm.	50
Figura 24. Pesado de pupa de <i>Spodoptera frugiperda</i> (elaboración propia).	51
Figura 25. Larva de <i>Spodoptera frugiperda</i> (elaboración propia).	53
Figura 26. Pupas muertas de <i>Spodoptera frugiperda</i> por extracto de <i>Jatropha curcas</i> a 2500ppm (elaboración propia).	55
Figura 27. Adultos de <i>Spodoptera frugiperda</i> con deformidades, alimentadas con extracto de <i>Beauveria bassiana</i> a las concentraciones de 2500 y 1000 ppm (elaboración propia).58	

Figura 28. Adulto macho sano de <i>Spodoptera frugiperda</i> (control negativo) (elaboración propia).	58
---	----

ÍNDICE DE CUADROS Y GRÁFICOS

Cuadro 1. metabolitos secundarios con nitrógeno y sin nitrógeno en su estructura.	25
Cuadro 2. Composición para ¼ Kg de dieta artificial para alimentar a larvas de <i>Spodoptera frugiperda</i> (Burton y Perkins, 1987).	38
Cuadro 3. Variables.	43
Cuadro 4. Mortalidad de larva en los diferentes tratamientos.....	47
Cuadro 5. LC ₅₀ concentración letal 50%; LC ₉₀ concentración letal 90% calculada utilizando la mortalidad de las larvas.	48
Cuadro 6. Mortalidad de pupa en los diferentes tratamientos.	49
Cuadro 7. Peso pupal en los diferentes tratamientos.	51
Cuadro 8. Duración de la fase larval en los diferentes tratamientos.....	52
Cuadro 9. Duración de la fase pupal en los diferentes tratamientos.....	54
Cuadro 10. Emergencia relativa de adultos en los diferentes tratamientos.	56
Cuadro 11. Emergencia de hembras en los diferentes tratamientos.	57
Cuadro 12. Emergencia de machos en los diferentes tratamientos.....	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Duración de cada ciclo de <i>Spodoptera frugiperda</i>	14
Tabla 2. Compuestos en las diferentes estructuras de la planta <i>Jatropha curcas</i> (Pabón y Hernández-Rodríguez, 2012).....	27
Tabla 3. Principales hongos entomopatógenos utilizados comercialmente para el control de insectos plaga (Miranda <i>et al.</i> , 2021).	29
Tabla 4. Principales metabolitos producidos por hongos entomopatógenos (Téllez-Jurado <i>et al.</i> , 2009; Borges <i>et al.</i> , 2010).	31
Tabla 5. Composición para cultivo solido de <i>Beauveria bassiana</i>	40

RESUMEN

El maíz es el grano más consumido a nivel mundial y su principal plaga es *Spodoptera frugiperda*, la cual puede llegar a ocasionar la pérdida total del cultivo. El método de control más utilizado en este insecto plaga es la aplicación de insecticidas químicos sintéticos, los cuales han generado resistencia en el insecto, efectos negativos al medio y a la salud humana. Existen diferentes alternativas al empleo de estos productos, una de ellas es el uso de extractos vegetales y extractos de hongos entomopatógenos, los cuales tienen la ventaja de ser de bajo impacto ecológico, económicos y accesibles en su elaboración. En la presente investigación, se evaluó la actividad insecticida e insectistática del extracto acetónico de semillas de *Jatropha curcas* y el extracto del hongo *Beauveria bassiana* sobre larvas L2 del gusano cogollero, *Spodoptera frugiperda*. Se realizaron tres bioensayos en laboratorio, evaluando el extracto acetónico de las semillas de *J. curcas* (EAcJC) y el extracto acuoso de *B. Bassiana* (EABb) en las concentraciones de 5000, 2500, 1000 ppm y la combinación de ambos extractos a 2500+2500, 1250+1250, 500+500 ppm. Como control positivo se utilizó DiPel® a 1000 ppm y como control negativo agua destilada. El EABb mostraron una mortalidad de 100% a 5000 ppm, mientras que el extracto de *J. curcas* + *B. bassiana* alcanzó el 80% a 2500 ppm. La mortalidad de pupas fue de 53% al aplicar el EABb a 2500 ppm y del 50% al aplicar el EAcJC a 5000 ppm. No se presentó diferencia estadísticamente significativa en el peso de las pupas, pero la fase larval se alargó al utilizar el extracto de EAcJC a todas sus concentraciones y, el periodo pupal, se acortó respecto al control al utilizar el extracto de EAcJC a 5000 ppm. El menor porcentaje de emergencia de adultos se obtuvo en el tratamiento de EAcJC a 5000 ppm y la combinación de EABb + EAcJC a 2500 ppm (17.60%). Al utilizar EABb se observaron deformidades en los adultos y en todos los tratamientos se observó un mayor número de hembras que de machos; a excepción del tratamiento control donde prevalecieron los machos en un 62%. Lo anterior hace suponer que el EAcJC y el EABb pueden ser empleados para el control de *S. frugiperda*, siendo los EABb los que presentaron mayor actividad insecticida e insectistática contra *S. frugiperda* y no se observó un efecto sinérgico al utilizar la combinación de EABb + EAcJC. Sin embargo, pruebas de campo son necesarias para determinar si los resultados de laboratorio se replican en condiciones de campo.

ABSTRACT

Corn is the most consumed grain worldwide and its main pest is *Spodoptera frugiperda*, which can cause the total loss of the crop. The most widely used control method for this insect pest is the application of synthetic chemical insecticides, which have generated resistance in the insect and negative effects on the environment and human health. There are different alternatives to the use of these products, one of which is the use of plant extracts and extracts of entomopathogenic fungi, which have the advantage of being of low ecological impact, economic and accessible in their elaboration. In the present investigation, the insecticidal and insecticidal activity of the acetone extract of *Jatropha curcas* seeds and the extract of the fungus *Beauveria bassiana* on L2 larvae of the codling moth, *Spodoptera frugiperda*, was evaluated. Three laboratory bioassays were conducted, evaluating acetonic extract of from *J. curcas* seeds (EAcJC) and the aqueous extract of *B. bassiana* (EABb) at concentrations of 5000, 2500, 1000 ppm and the combination of both extracts at 2500+2500, 1250+1250, 500+500 ppm. DiPel® at 1000 ppm was used as a positive control and distilled water as a negative control. The EABb showed 100% mortality at 5000 ppm, while the *J. curcas* + *B. bassiana* extract reached 80% at 2500 ppm. Pupae mortality was 53% when EABb was applied at 2500 ppm and 50% when EAcJC was applied at 5000 ppm. There was no statistically significant difference in pupal weight, but the larval stage was longer when EAcJC extract was used at all concentrations, and the pupal period was shorter than the control when EAcJC extract was used at 5000 ppm. The lowest percentage of adult emergence was obtained in the treatment of EAcJC at 5000 ppm and the combination of EABb + EAcJC at 2500 ppm (17.60%). When using EABb, deformities were observed in the adults and in all treatments a greater number of females than males were observed; except for the control treatment where males prevailed in 62%. This suggests that EAcJC and EABb can be used for the control of *S. frugiperda*, being EABb the one that presented greater insecticidal and insecticidal activity against *S. frugiperda*, and a synergistic effect was not observed when using the combination of EABb + EAcJC. However, field trials are needed to determine if the laboratory results are replicated in field conditions.

I. INTRODUCCIÓN

Los insectos plaga representan una de las mayores causas de pérdida en los cultivos en todo el mundo; las pérdidas en la producción agrícola mundial por plagas fluctúan en 40 %, ocasionando mermas económicas de miles de millones de dólares al año (Agroasemex, 2019). Una de estas plagas es *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), conocida comúnmente como el “gusano cogollero del maíz”, la cual se caracteriza por ser una plaga migratoria, de carácter polífago; el cultivo que más se ve afectado es el maíz, llegando a ocasionar la pérdida total del cultivo (DGSV, 2021).

El manejo integrado de plagas sobre esta especie emplea medidas culturales, etológicas, biológicas y químicas. Esta última es la más utilizada y ha ocasionado resistencia a la mayoría de los insecticidas químicos sintéticos empleados, generado efectos negativos al medio y a la salud de los productores (Aragón, 2017; Eisa *et al.*, 2020; Wafaa *et al.*, 2017). Existen diferentes alternativas al uso de estos productos, una de ellas es el empleo de extractos vegetales y extractos de hongos entomopatógenos, los cuales se extraen por medios físicos y químicos; como la fermentación, decocción, maceraciones e infusiones (Hernán, 2019) y tienen la ventaja de ser de bajo impacto ecológico, económicos y accesibles en su elaboración (Cerna-Chávez *et al.*, 2021).

Se han realizado diferentes estudios sobre extractos obtenidos a partir de plantas; entre estas, una con alto potencial para el combate de plagas es *Jatropha curcas*, la cual ha mostrado tener efectos nematocidas, fungicidas, antibacterianos, antiinflamatorios, diuréticos e insecticidas (Nidhi y Trivedi, 2002; Méndez *et al.*, 2018;). En su efecto insecticida ha demostrado ser eficaz contra polillas, mariposas, pulgones, insectos, escarabajos, moscas y cucarachas (Manda *et al.*, 2020); además, la mayoría de las especies de plantas que se utilizan en la protección vegetal exhiben un efecto insectistático, ya que inhiben el desarrollo y comportamiento de los insectos, sin matarlos (Montero-Contreras *et al.*, 2017; Flores-Sánchez *et al.*, 2020).

Otra alternativa para el control de plagas es el uso de extractos de hongos entomopatógenos, entre los que se encuentran *Beauveria bassiana*, el cual produce metabolitos secundarios que tienen propiedades insecticidas e importantes aplicaciones en la biotecnología (Marín-Cruz *et al.*, 2017; Vargas-Chacón, 2020; Dávila, 2020). Estos metabolitos comprenden tantos agentes líticos, enzimas, compuestos volátiles y otras sustancias tóxicas, que pueden participar en la solubilización de la cutícula del insecto o en la inhibición de procesos metabólicos y fisiológicos, impidiendo su desarrollo y provocando su muerte (Solera, 2017; Mesa *et al.*, 2019). En los últimos años se ha estudiado la interacción de extractos

vegetales y hongos entomopatógenos con el objetivo de potencializar el efecto contra plagas (Mertz *et al.*, 2010; Formentini *et al.*, 2014; Cerna-Chávez *et al.*, 2021)

Debido a que el procedimiento más utilizado para combatir a *S. frugiperda* es el control químico y este ha mostrado efectos negativos sobre la salud humana y el ambiente, el objetivo del presente estudio es evaluar los efectos insecticidas e insectistáticos de extracto de jatropha (*Jatropha curcas*) y de extracto de *B. bassiana* sobre el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) como una alternativa al uso de insecticidas químicos sintéticos.

II. MARCO TEÓRICO Y DE REFERENCIA

2.1 *Spodoptera frugiperda*

2.1.1 Taxonomía (Borror *et al.*, 1989).

REINO: Animal

PHYLLUM: Atelocerata

CLASE: Insecta

SUBCLASE: Pterygota

ORDEN: Lepidoptera

FAMILIA: Noctuidae

SUMFAMILIA: Amphipyriinae

GENERO: Spodoptera

ESPECIE: *S. frugiperda* J. E. Smith 1797

2.1.2 Distribución, plantas hospedantes y daños

Spodoptera spp. son lepidópteros pertenecientes a la super familia de los noctuidos, incluye 25 especies; entre ellas se encuentra *S. frugiperda*, la cual se caracteriza por ser migratoria y polífaga atacando un total de 186 hospedantes. Su nombre común es “gusano cogollero del maíz”, es originaria de las áreas tropicales y subtropicales de América y ha invadido recientemente África, Asia y Oceanía, donde ocasiona graves pérdidas económicas debido a su rápido desarrollo, resistencia a insecticidas sintéticos, alta fecundidad y su capacidad de migración (Hruska, 2019; EPPO, 2020; DGSV, 2021).

El “gusano cogollero del maíz está presente en todos los estados de la República Mexicana, los principales hospedantes son: el maíz, sorgo, cacahuate, caña de azúcar, arroz, frijol, algodón, soya, chile, cebolla, alfalfa, tomate, lino y papa. Sus mayores afectaciones son en el maíz; las larvas ocasionan pérdidas que van del 10 al 100 %, sobre todo si la planta es atacada cuando tiene entre 40 y 60 cm (Bautista, 2006; Hruska, 2019).

Esta plaga puede causar daños en cualquier estadio larval, alimentándose del follaje y frutos; como larva, penetra el cogollo de plantas pequeñas (10 a 60 cm de altura), su presencia se detecta al observar hojas perforadas. El daño foliar se caracteriza por la alimentación irregular y excremento húmedo parecido al aserrín cerca del cogollo del maíz y las hojas superiores de la planta; la larva se alimenta del cogollo en los primeros cinco d y posteriormente se dirige a la base de la planta para barrenar el tallo, sin que este se caiga y, refugiarse dentro de él (DGSV-CNRF, 2020; DGSV, 2021).

2.1.3 Ciclo biológico y descripción

El gusano cogollero es un insecto holometábolo, es decir tiene un ciclo de vida completo pasando por los estadios biológicos de huevo, larva, pupa y adulto, su ciclo se completa en un periodo de 24 a 40 d en verano y 60 a 90 d en invierno. Pasa por seis estadios larvarios (Tabla 1; Figura 1) y es más abundante en climas tropicales y subtropicales (Pioneer, 2017; Hruska, 2019; DGSV-CNR, 2020; Hernández-Trejo, 2020; DGSV, 2021).

Estadio	Duración
Huevo	3-5 d
Larva	14-22 d
Pupa	7-13 d
Adulto	10-12 d

Tabla 1. Duración de cada ciclo de *Spodoptera frugiperda*.

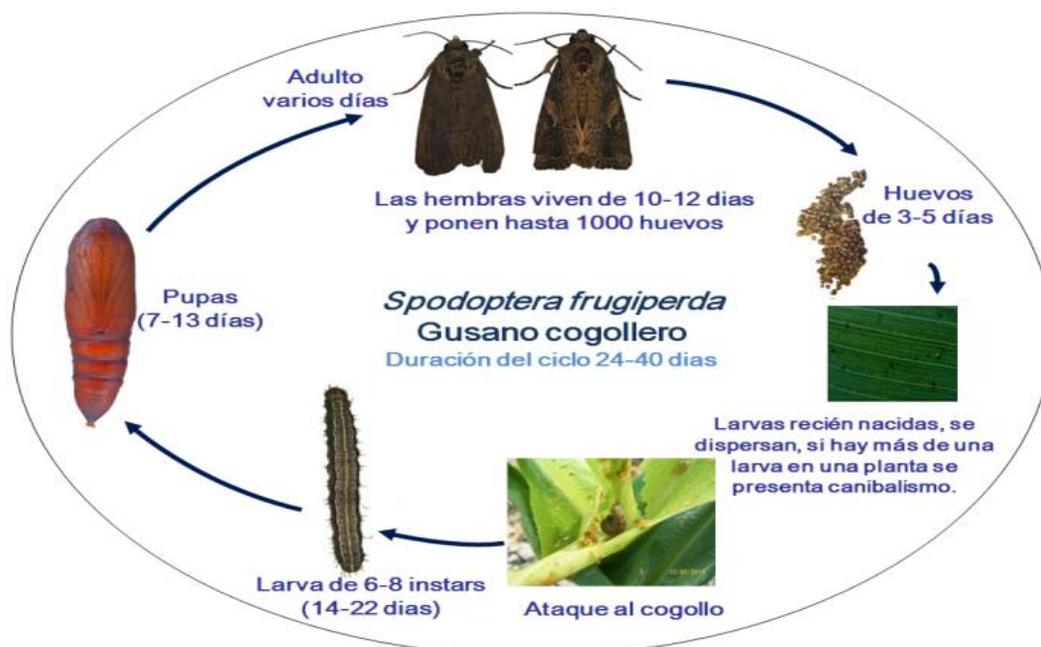


Figura 1. Ciclo biológico *Spodoptera frugiperda* (Secretaría de Agricultura y Ganadería et al., 1998).

1. Huevo

La ovoposición comienza entre 3 y 5 d después del apareamiento. Los huevos son esféricos y miden alrededor de 0.4 mm de diámetro y 0.3 mm de altura; las hembras colocan los huevos en el envés de las hojas más jóvenes y los cubren con escamas de color gris claro blancuzco, que desprenden del abdomen, para evitar su deshidratación y protegerlos de enemigos naturales (Figura 2). Previos a la eclosión se van oscureciendo (DGSV, 2021; MRI, 2019).

Una hembra oviposita hasta 1000 huevos a lo largo de su vida y los deposita en pequeños grupos de 100 a 150 huevos, puede ser en la misma planta o en plantas distintas; después de la última oviposición, las hembras están próximas a morir (DGSV-CNRF, 2020; Hruska, 2019).



Figura 2. Huevos de *Spodoptera frugiperda* (elaboración propia).

2. Larva

El gusano cogollero normalmente pasa por seis estadios larvarios. El primer y segundo estadio raspan las hojas y los estadios posteriores dejan agujeros en las hojas. Las larvas neonatas (L1) cuando nacen son blanquecinas con pequeños puntos negros de los que sobresalen setas primarias con cabeza negra; luego de alimentarse, presentan una tonalidad verde claro, para luego tornarse color castaño. Las larvas tienen hábitos caníbales y solo sobreviven las más aptas o las que se mueven a otras plantas (DGSV, 2021; MRI, 2019; Hruska, 2019).

Generalmente en los estadios L2 a L3 son similares en color al primer instar, pero por lo general se oscurecen justo antes de entrar al cuarto instar. Las larvas L3 tienen la cabeza con tonalidad acaramelada o parda y se observan tres líneas longitudinales amarillentas en el dorso. En estos estadios ya consumen la totalidad de las hojas, dejando los orificios irregulares y se dirigen al cogollo buscando protegerse (Figura 3 y 4) (MRI, 2019; DGSV, 2021)



Figura 3. Larvas L1 (elaboración propia).



Figura 4. Larvas L2 (elaboración propia).

Los instares L4 a L6 son de color oscuro y tienen la cabeza negra o parda, con una “Y” invertida de color blanco en la cabeza. En vista dorsal presentan cuatro puntos negros que forman un trapecio (Figura 5) y en los laterales tienen una línea discontinua blanca en el centro-dorsal, así como amarillo y rojo moteado en la parte ventral del abdomen (Figura 6) (Guzmán *et al.*, 2016; MRI,2019; DGSV, 2021).

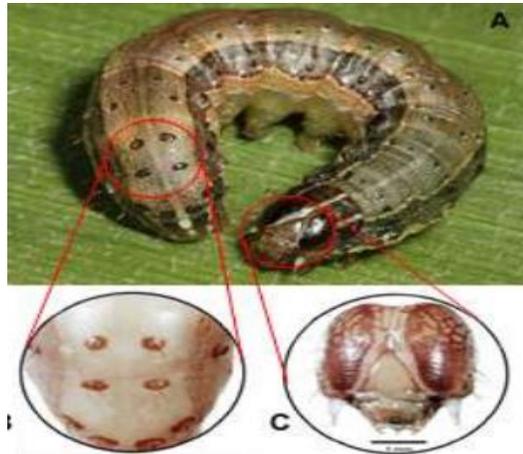


Figura 5. Larva de *Spodoptera frugiperda* con segmentos y cápsula cefálica (DGSV, 2021).



Figura 6. Estadio larval L5 (elaboración propia).

Las larvas, en los últimos estadios pueden medir de 3.5 a 4 cm de largo (Figura 7). El estadio es clave para su control: cuanto más avanzadas están, más difíciles son de controlar. En estos estadios se pueden mover dentro y desde fuera del cultivo y están activas tanto de día como de noche. Cuando la larva se encuentra en su último estadio L5-L6, las larvas se dejan caer al suelo para excavar una cámara subterránea (DGSV, 2021; MRI, 2019; Guzmán *et al.*, 2016).

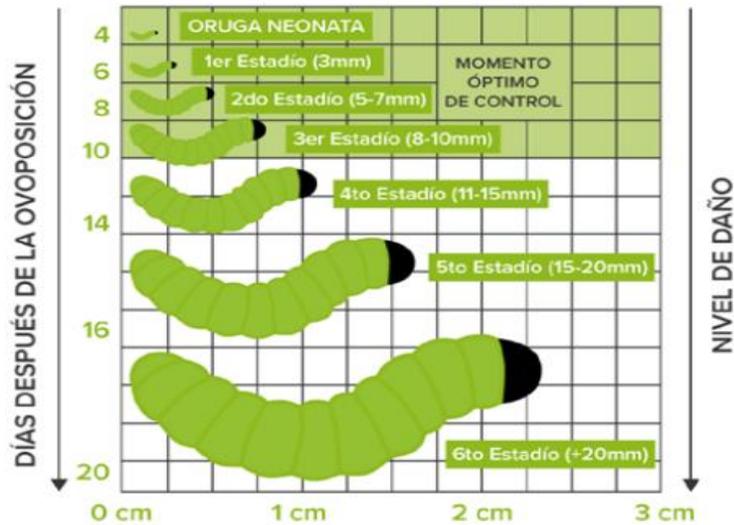


Figura 7. Estadios larvales *Spodoptera frugiperda* (MRI, 2019).

3. Pupa

Cuando la larva de 2 a 8 cm se entierra en el suelo, comienza a construir un capullo con fragmentos de tierra unidos mediante secreciones de seda, lo cual le permite protegerse del ataque de depredadores y de las bajas temperaturas de invierno. En esta etapa de pupa, son de color verde claro, tornándose más tarde a un color marrón oscuro conforme están próximas a emerger (Figura 8); miden entre 14 a 18 mm de longitud y alrededor de 4.5 mm de diámetro, la duración de este estadio es de 7 a 13 d en verano, pero hay temporadas en que puede durar hasta 40 d (Zheng *et al.*, 2011; Pioneer, 2017; MRI, 2019; DGSV, 2021).



Figura 8. Pupa *Spodoptera frugiperda* (DGSV, 2021).

En esta etapa, los sexos se pueden diferenciar, ya que los machos en el noveno esternito abdominal muestran dos elevaciones que corresponden a los testículos; y las hembras, en el octavo segmento abdominal presentan unas líneas curvadas que corresponde a la bursa copulatrix (Figura 9) (Guzmán *et al.*, 2016; DGSV, 2021).

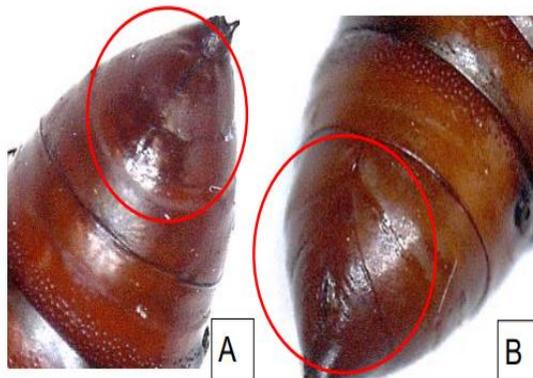


Figura 9. Pupa A (macho), pupa B (hembra) de *Spodoptera frugiperda* (Guzmán *et al.*, 2016).

4. Adulto

Finalmente, tras la metamorfosis, emergen los nuevos adultos los cuales son de hábitos nocturnos, migratorios y gregarios; durante el día permanecen en reposo, protegidos entre el follaje y emergen durante la noche, extienden las alas y vuelan para después aparearse, estas polillas suelen vivir de 10 a 12 d. Son atraídos fuertemente por la luz, lo dulce y la fruta en descomposición, se localizan fácilmente durante las noches volando alrededor de las lámparas eléctricas (CESAVE CDMX, 2018; DGSV-CNRF, 2020).

La envergadura alar de las polillas varía entre 32 y 40 mm; en el macho, el área costal de las alas anteriores es de coloración pálida y tienen una mancha elíptica blanquecina cerca del centro; a un lado de esta, una franja diagonal clara dirigida del margen costal al centro del ala, presenta una pequeña mancha blanquecina en el margen apical (Figura 10). La hembra presenta una mancha elíptica en el margen costal delimitado por una línea clara y varían de color gris a pardo, con manchas y líneas muy difusas. Las del macho son color pardo con una banda amarillenta entre manchas oscuras y el tercio posterior más claro (Townsend *et al.*, 2007; MRI, 2019; DGSV, 2021).

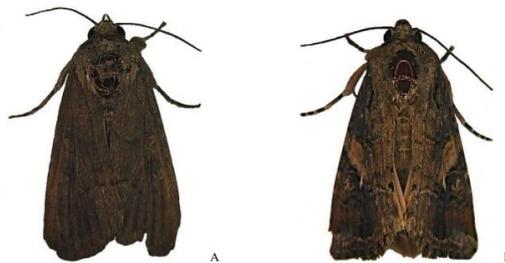


Figura 10. Adultos A (hembra), B (macho) de *Spodoptera frugiperda* (Herrera, 2013).

2.1.4 Métodos de control de *Spodoptera frugiperda*

2.1.4.1 Control mecánico

En el control mecánico se utilizan barreras físicas con finalidad de recolectar al insecto plaga, se emplean prácticas que van desde manipular la intensidad de luz y temperatura, eliminar la plaga manualmente y colocar barreras como, por ejemplo, mallas plásticas que impidan el paso de polillas o trampas cromáticas (Jiménez, 2009; Hernández-Trejo, 2019).

2.1.4.2 Control químico

Los insecticidas químicos sintéticos destacan por su efectividad, amplio espectro y bajo costo, los más utilizados para el control de *S. frugiperda* son los piretroides, organofosforados, azadiractina, carbamatos, avermectinas y dimaidas. Anualmente, 2, 600 t de insecticidas químicos sintéticos se destinan para combatir esta plaga (Hernández-Trejo *et al.*, 2019; CNRF, 2021); sin embargo, traen diversos efectos si no se usan adecuadamente, por ejemplo, contaminación en cuerpos de agua, suelo y aire (Hassaan y El Nemr, 2020)

Estos han permitido mantener la producción controlando los organismos plaga, sin embargo, el uso irracional de estos ha favorecido la resistencia de las poblaciones de *S. frugiperda*. Lo cual ha provocado que el uso de insecticidas sintéticos ya no sea suficiente herramienta para el control de la plaga; además, al ser de amplio espectro y tóxicos, contaminan las corrientes subterráneas de agua, suelo y aire, disminuyen la fertilidad del suelo, eliminan enemigos naturales, crean resistencia y afectan la salud humana causando problemas en el sistema endocrino, tumores, cáncer e incluso la muerte (Hassaan y El Nemr, 2020).

2.1.4.3 Control biológico

Entre los organismos empleados para combatir a *S. frugiperda* se encuentran parasitoides (*Telenomus sp*, *Trichogramma sp*, *Chelonus sp*, *Meteorus sp*, *Lespacia sp*, *Pristomerus spinator*, *Cotesia marginiventris*, *Ophion flavidus* y *Eucelatoria armígera*) hongos (*Metarrizum anisopliae*, *Beauveria bassiana*, *Isaria fumosorosea*, nematodos (*Neoaplectana carposapsae*, *Heterorhabditis*) virus (baculovirus) y bacterias (*Bacillus thuringiensis*) como alternativa de menor impacto hacia el ambiente. (Yasem, 2009; Hernández-Trejo, 2019; Sánchez, 2019; CNRF, 2021).

2.1.4.4 Control cultural

Consiste en la adopción de ciertas prácticas como la preparación del suelo mediante el arado que permite que larvas y pupas queden expuestas a la intemperie y al ataque de enemigos naturales. La rotación de cultivos, barreras naturales, eliminación de arvenses y malezas y la destrucción de los residuos del cultivo después de la cosecha (Alcalá, 2008).

2.1.4.5 Control con insecticidas botánicos

Los extractos vegetales, tienen mecanismos de acción biocida, debido al contenido de metabolitos secundarios en ellas, los cuales causan un efecto atrayente, repelente, estimulante o inhibidor contra insectos. Estos extractos vegetales se caracterizan por el contenido de metabolitos secundarios sintetizados por las plantas que han demostrado tener propiedades bactericidas, insecticidas, fungicidas, antioxidantes, anticancerígenas, cardiovasculares, etc. Los principales compuestos que presentan actividad insecticida son fenoles, alcaloides y terpenos (Santos-Alves, 2018). Actualmente, estos metabolitos son los principales candidatos en el desarrollo de productos naturales para el combate de plagas agrícolas (Chen *et al.*, 2021; Miranda *et al.*, 2021) con el objetivo de minimizar la aplicación de plaguicidas sintéticos (Flores-Villegas *et al.*, 2019).

Se han realizado evaluaciones para el control de *S. frugiperda* con productos obtenidos a partir de plantas, algunos ejemplos de éstas son: Asteraceae, Celastraceae, Euphorbiaceae, Poaceae, Rubiaceae, Lamiaceae, Meliaceae, Apiaceae y Cactaceae. El extracto de *Carica papaya* (Caricaceae) provocó un 90 % de mortalidad; *Vernonia holosenicea* (Asterácea) 87 % de mortalidad y *Siphoneugena densiflora* (Myrtaceae) 100 % de mortalidad larval (Rioba, 2020).

2.2 Plaguicidas naturales

Los criterios para nombrar a los plaguicidas de origen natural varían según el autor, por lo cual se hizo una recopilación de la definición según distintos autores.

Algunos autores definen como bioplaguicidas a aquellos productos hechos a base de ingredientes naturales como plantas, microorganismos o de sustancias que liberan dichos organismos (MS, enzimas, toxinas) (Xiaoman *et al.*, 2021) los cuales representan una alternativa para el control de plagas en los cultivos agrícolas, se caracterizan por ser ecológicos y no generar daños a organismos benéficos y humanos (Thakur *et al.*, 2020; Manda *et al.*, 2020), por el hecho de que sus formulaciones están compuestas por organismos vivos completos, como animales, plantas, virus y bacterias (Xiaoman *et al.*, 2021; Tamez *et al.*, 2001). Estos ofrecen una alternativa para controlar insectos plaga y la pérdida de rendimiento sin comprometer la calidad del producto (Kumar *et al.*, 2021).

Otros autores definen como biopreparados a aquellos que se utilizan principalmente para la fertilización de los suelos, el control de plagas y enfermedades, son de fácil elaboración, los insumos están disponibles, por lo que son alternativas sostenibles (Suquillo *et al.*, 2021). Álvarez L, (2015) define como productos naturales a aquellos elaborados de una gran variedad de plantas, hongos y bacterias.

Magallanes *et al.*, (2023) menciona que los plaguicidas pueden ser naturales o sintéticos. Los plaguicidas naturales son un tipo de sustancias que se obtienen de

fuentes naturales como plantas, animales y algunos elementos minerales y se caracterizan por ser seguros para el medio ambiente y seres humanos debido a su baja toxicidad. Estos se pueden dividir en, los bioquímicos (hormonas, enzimas, feromonas) y microbianos (virus, bacterias, hongos, protozoos, nematodos) y de origen botánico. (Abubakar *et al.*, 2020).

Existen diferentes tipos de plaguicidas naturales:

1. Microbianos, son obtenidos a partir de hongos, virus, bacterias y protozoos bacterias (Xiaoman *et al.*, 2021; Tamez *et al.*, 2001).
2. Botánicos o extractos vegetales, son productos derivados de los diferentes órganos de las plantas (Xiaoman *et al.*, 2021).
3. Bioquímicos, son compuestos naturales o compuestos sintéticos con la misma estructura que los compuestos naturales y controlan las plagas a través de mecanismo no tóxicos, se caracterizan por interferir en el crecimiento, apareamiento o atracción del insecto (Xiaoman *et al.*, 202; Kumar *et al.*, 2021). Los plaguicidas bioquímicos incluyen feromonas de insectos que son sustancias químicas que actúan atrayendo al insecto y disminuyendo su apareamiento y, los reguladores de crecimiento (IGRs) que inhiben procesos fundamentales para la supervivencia de los insectos, provocando alteraciones en su reproducción, eclosión de los huevos y en la muda (Kumar *et al.*, 2021).

A nivel mundial se comercializan aproximadamente 1400 productos como plaguicidas y estos van en aumento (Villegas y Vera, 2018) sin embargo estos solo representan el 5% del mercado de productos para protección de cultivos. En 2011 el crecimiento del mercado de los pesticidas químicos fue de 3%, mientras que los biopesticidas crecieron a tasas del 16% con respecto al año anterior, por lo cual se espera que estos tengan una tasa de crecimiento anual de 15-20%, con un valor de 4,3 mil millones de dólares en 2020 hasta alcanzar los 8,5 mil millones de dólares en 2025 (Markets and Markets, 2018; Jiménez, 2015)

Bacillus thuringiensis es un bacilo Gram positivo productor de proteínas Cry, las cuales presentan toxicidad contra larvas de insectos plaga de los órdenes Lepidóptera, Coleóptera y Díptera, entre otros y se caracteriza por ser amigable con el medioambiente (Portela-Dussán *et al.*, 2013). Sin embargo, también se han reportado insecticidas resistentes y todos ellos elaborados a bases de *Bacillus thuringiensis* (Bt) (APRD, 2021). Debido a las problemáticas económicas, ambientales, de salud y la prohibición de algunos insecticidas sintéticos, los bioplaguicidas juegan un rol importante en el mercado, y es deseable un aumento de estos en los sistemas agrícolas (Agriculturers, 2017). Para incrementar su uso en México es necesario mayor investigación, difusión y factibilidad económica que

se enfoque a mejorar la producción y calidad de los productos con el fin de garantizar la efectividad del producto final (Tamez *et al.*, 2001).

2.2.1 Metabolitos secundarios

Los metabolitos secundarios son compuestos de bajo peso molecular y de naturaleza química diversa, pueden ser sintetizados por plantas, bacterias, algas, hongos y animales; se caracterizan por no participar en el crecimiento y desarrollo de los organismos, por lo cual la ausencia de estos no provoca la muerte, pero si deteriora a largo plazo la supervivencia de estos. Se les atribuyen funciones de defensa, atracción, competencia e interacción entre organismos de esta o diferente especie y pueden ser utilizados con fines medicinales insecticidas, repelentes etc. (González y Castro, 2008; Agostini-Costa *et al.*, 2012).

Los metabolitos secundarios se agrupan de acuerdo con su origen biosintético en tres grandes grupos: los fenoles, los terpenos y los compuestos secundarios nitrogenados (Almaraz-Abarca *et al.*, 2006). Debido a que se conocen aproximadamente 20,000 estructuras de metabolitos secundarios, se pueden clasificar en nitrogenados (aminoácidos, aminas, glucósidos cianogénicos, glucosinolatos, alcaloides, lectinas y péptidos,) y sin nitrógeno (monoterpenos, sesquiterpenos, triterpenos, esteroides, saponinas, fenilpropanoides, cumarinas poliacetilenos, ácidos grasos, ceras y policétidos (García, 2004; Sepúlveda-Jiménez *et al.*, 2003).

Metabolitos secundarios con nitrógeno en su estructura

Glicósidos

Son sustancias orgánicas donde hay una unión hemiacetalica con el grupo reductor del carbohidrato y un grupo OH etanólico o fenólico (enlace glucosídico), por lo tanto, su clasificación se basa por las unidades de azúcar.

Existen cuatro grupos de glicósidos: saponinas, glicósidos cardiacos, glicósidos cianogénicos y los glucosinolatos (Almaraz <i>et al.</i> , 2006; Avalos y Pérez-Urria, 2009; Reyes-Silva <i>et al.</i> , 2020)

Alcaloides

Los alcaloides son una gran familia de más de 15.000 metabolitos secundarios, estos son compuestos heterocíclicos que generalmente se sintetizan a partir de aminoácidos, tales como triptófano, tirosina, fenilalanina, lisina, arginina y ornitina y pueden estar solos o combinados con terpenoides, también se pueden derivar de purinas y del acetato de los policétidos y tienen en común tres características: son solubles en agua, contienen al menos un átomo de nitrógeno en la molécula, y exhiben actividad biológica.

Los alcaloides se pueden dividir en:

alcaloides isoquinolécicos, alcaloides quinolizidínicos, alcaloides pirrolizidínicos, alcaloides tropánicos y alcaloides indólicos (Sepúlveda-Jiménez *et al.*, 2003; Avalos y Pérez-Urria, 2009).

Metabolitos secundarios sin nitrógeno en su estructura

Terpenos o isoprenoides

(Mono-, di-, tri-, sesqui- y tetraterpenos, saponinas, esteroides, glucósidos y esteroides).

Entre estos se encuentran las hormonas, pigmentos o aceites esenciales y representa el grupo más diverso de MS con más de 40.000 moléculas diferentes (Avalos y Pérez-Urria, 2009). que varían en estructura desde moléculas lineales a policíclicas (Bizzo *et al.*, 2009).

En plantas, los isoprenos básicos para la síntesis de los terpenos son el isopentenil pirofosfato (IPP) o su isómero dimetilalil pirofosfato (DMAPP) (García, 2004).

Los terpenos suelen ser insolubles en agua y son sintetizados en la ruta del acetato-mevalonato, es decir proceden de unidades de acetato activo (acetil-Coenzima A) que se condensan y transforman para originar ácido mevalónico (unidad de cinco átomos de carbono, específica de la biosíntesis de terpenos). Los terpenos se clasifican por el número de unidades de isopreno (C5) que contienen: los terpenos de 10 C contienen dos unidades C5 y se llaman monoterpenos; los de 15 C tienen tres unidades de isopreno y se denominan sesquiterpenos, y los de 20 C tienen cuatro unidades C5 y son los diterpenos. Los triterpenos tienen 30 C, los tetraterpenos tienen 40 C y finalmente los politerpenos cuando contienen más de 8 unidades de isopreno (Avalos y Pérez-Urria, 2009).

La biosíntesis de las estructuras fenólicas se efectúa por dos rutas metabólicas esenciales: la ruta del mevalonato que se lleva al cabo en el citoplasma, en esta ruta tres moléculas de acetil-CoA se condensan para formar ácido mevalónico que reacciona hasta formar isopentenil difosfato (IPP) y la otra es la ruta DXP, la cual es independiente de la del mevalonato y que se realiza en los plástidos (Sepúlveda-Jiménez *et al.*, 2003; Avalos y Pérez-Urria, 2009., Bizzo *et al.*, 2009).

Fenoles, polifenoles o fenilpropanoides

(ácidos fenólicos, cumarinas, lignanos, estilbenos, flavonoides, taninos y ligninas).

La mayoría de los compuestos fenólicos derivan de la fenilalanina presente en plantas, hongos y bacterias y se caracterizan por ser compuestos aromáticos con por lo menos un anillo bencénico, se encuentran en sustancias como las cumarinas, quinonas, lignanos, flavonoides y taninos.

Existen dos rutas básicas implicadas en la biosíntesis de compuestos fenólicos:

La ruta es la del ácido malónico fuente importante para hongos y bacterias y la ruta del ácido siquímico, importante para plantas, donde a partir de eritrosa-4-P y de ácido fosfoenolpirúvico comienza una secuencia de reacciones que conduce a la síntesis de ácido siquímico y derivados de éste, aminoácidos aromáticos como la fenilalanina, triptófano y tirosina (Avalos y Pérez-Urria, 2009., Reyes-Silva *et al.*, 2020).

Cuadro 1. metabolitos secundarios con nitrógeno y sin nitrógeno en su estructura.

2.2.2 Actividad insecticida e insectistática

La actividad insecticida ocurre cuando se provoca la muerte del insecto por ejemplo la toxicidad por contacto, los cuales son compuestos que entran en contacto con la cutícula del insecto, ya que se pueden adherir al cuerpo de este (Pucheta *et al.*, 2006; Xin-Xin *et al.*, 2021). La actividad insectistática se caracteriza por inhibir el desarrollo y comportamiento normal del insecto en lugar de matarlo (Tlak y Dar, 2021); por lo tanto, se pueden considerar a los compuestos con efecto insectistático como preventivos (Silva *et al.*, 2002; Celis *et al.*, 2008)

Cuando ocurre la actividad insectistática, los compuestos pueden inhibir el desarrollo del insecto de las siguientes formas:

Reguladores de crecimiento: son moléculas que inhiben la metamorfosis del insecto, provocando que se desarrolle en una estación del año desfavorable, también pueden producir insectos con malformaciones, estériles o muertos (Celis *et al.*, 2008).

Inhibidores de la alimentación: son compuestos que por medio de la ingesta provoca que el insecto se deje de alimentar y muera por inanición ya que su efecto es sobre el sistema digestivo del insecto, la mayoría de los compuestos con esta actividad pertenecen al grupo de los terpenos (Celis *et al.*, 2008; Xin-Xin *et al.*, 2021).

Repelentes o atrayentes: el uso de estas sustancias es muy antiguo y generan un olor agradable o desagradable que interrumpe la alimentación del insecto, oviposición y toxicidad aguda e interferencia con el crecimiento (Celis *et al.*, 2008; Xin-Xin, *et al.*, 2021).

Los metabolitos con respuesta insectistática también genera cambios conductuales y de alimentación cómo la pérdida de peso y de fecundidad (Zimmermann, 2007). además, pueden inhibir en el crecimiento de microorganismos competidores (Ortiz-Urquiza y Keyhani, 2016). o pueden producir malformaciones (Marín-Cruz *et al.*, 2017).

2.3 Extractos vegetales

El uso de plantas para la obtención de extractos vegetales es muy amplio, ya que se conocen más de 1,600 especies con propiedades insecticidas (Silva *et al.*, 2003). Los principales compuestos bioactivos derivados de los extractos vegetales son: fenólicos, terpenoides, esteroides y alcaloides, estos se extraen por medios físicos y químicos como la fermentación, decocción, maceración e infusiones (Carbajal *et al.*, 2019; Hernán, 2019) y pueden tener una actividad insecticida o insectistática sobre los insectos (Xiaoman *et al.*, 2021; Wafaa *et al.*, 2017).

Los extractos vegetales, tienen mecanismos de acción biocida, debido al contenido de metabolitos secundarios en ellas, los cuales causan un efecto atrayente, repelente, estimulante o inhibidor contra insectos. Actualmente, estos metabolitos son los principales candidatos en el desarrollo de productos naturales para el combate de plagas agrícolas (Chen *et al.*, 2021; Miranda *et al.*, 2021) con el objetivo de minimizar la aplicación de plaguicidas sintéticos (Flores-Villegas *et al.*, 2019).

Estos extractos se pueden obtener utilizando solventes orgánicos de diferente polaridad, con el objeto de extraer una mayor cantidad de metabolitos de las plantas y de esta manera potenciar los efectos repelentes, anti alimentario, ovicida o insecticida de los extractos sobre la plaga a controlar (Auger y Thibout, 2004; Ducrot, 2004).

Los extractos vegetales han sido de interés en los últimos años ya que son considerados amigables con el medio ambiente, disminuyen la resistencia por insectos, no genera daños a la salud humana y desempeñan un papel importante en la producción de alimentos orgánicos. Sin embargo, las investigaciones se han orientado hacia los efectos insecticidas e insectistáticos de los extractos y sus dosis letales, pero dado que existe un gran número de defensas químicas, se sabe muy poco sobre mecanismo de acción de los metabolitos secundarios en las plantas, lo cual resulta de interés para determinar su uso en la agricultura (Lagrouh *et al.*, 2017).

2.3.1 *Jatropha curcas*

Jatropha curcas L. pertenece a la familia Euphorbiaceae es nativa de México y Centroamérica, cuenta con 175 especies y 45 de ellas se localizan en México. Es un árbol que crece a una altura de entre tres y cinco metros y en ocasiones su altura puede llegar a los ocho o diez metros cuando se encuentra en las condiciones favorables; se caracteriza por tener un exudado transparente o coloreado en las hojas cuando sufre algún daño. Presenta hojas alternas y su fruto capsular, posee de una a tres semillas ovoides o subglobosas, crece en ambientes tropicales y subtropicales, pero se caracteriza por soportar condiciones de sequía y baja fertilidad del suelo. Se le utiliza en la restauración de áreas erosionadas y

producción de biodiesel a partir de sus semillas, las cuales han sido el objeto de mayor estudio debido a su alto contenido de proteína (30 y 32 %) y lípidos (60 a 66 %), lo cual permite su uso como fuente de energía renovable. En los últimos años se ha estudiado debido a sus propiedades medicinales, insecticidas, antibacterial, antimicótica y anticancerígena (Martínez-Herrera, 2006; Pabón y Hernández-Rodríguez, 2012; CIATEJ, 2018; Carriel y Reyes, 2020).

2.3.2 Taxonomía

Reino: Plantae

Filo/división: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Euphorbiales

Familia: Euphorbiaceae

Género: *Jatropha*

Nombre científico: *J. curcas* L. (CIATEJ, 2018).

2.3.3 Metabolitos secundarios presentes en los órganos de *Jatropha curcas*.

Se han realizado estudios dirigidos a conocer la diversidad de la composición química de cada una de las partes de *Jatropha*, donde se han encontrado compuestos como flavonoides, diterpenos, esteroides, triterpenos, saponinas, cumarinas, deoxipreussomerinas, ácidos orgánicos, iridioides, saponinas y taninos. En la Tabla 2 se muestra los compuestos en diferentes estructuras de la planta (Pabón y Hernández-Rodríguez, 2012; Méndez *et al.*, 2018).

Estructura	Compuestos
Hojas	Flavonoides, diterpenos, esteroides, triterpenos y aminos.
Tallos	Triterpenos, cumarinas y diterpenos.
Raíces	Esteroides, triterpenos, cumarina, diterpenos y flavonoides.
Semillas	Esteroides, azúcares (dulcitol y sacarosa), diterpenos y proteínas.
Látex	Péptidos, enzimas y alcaloides.

Tabla 2. Compuestos en las diferentes estructuras de la planta *Jatropha curcas* (Pabón y Hernández-Rodríguez, 2012).

2.3.4 Acción de extractos botánicos

Los extractos botánicos provocan la pérdida de la acción de la membrana de las células nerviosas, lo que conduce a la pérdida de la función nerviosa, parálisis y la muerte. Los metabolitos secundarios de las plantas tienen un efecto tóxico al

interrumpir los procesos de intercambio de iones de sodio y potasio en las fibras nerviosas de los insectos, así como en la transmisión normal de los impulsos nerviosos. Estos metabolitos aumentan la actividad espontánea de los nervios sensoriales lo que provoca espasmos, falta de coordinación y convulsiones que afectan al sistema nervioso central (Ukoroiye *et al.*, 2020).

Los metabolitos que tienen un efecto antialimentario como los triterpenos, glucósidos, saponinas, esteroides, impiden la alimentación a través de una acción directa sobre los órganos del gusto en el insecto, después de la ingestión y la absorción, actuando sobre el sistema nervioso central de este (Adeyemi, 2010). Los terpenos bloquean los efectos estimulantes de la glucosa y el inositol en las células receptoras quimiosensoriales ubicadas en las piezas bucales de los insectos (Rattan, 2010).

Los aceites esenciales y sus componentes afectan procesos bioquímicos que alteran específicamente el sistema endocrino de los insectos. Pueden ser neurotóxicos o pueden actuar como reguladores del crecimiento, interrumpiendo el proceso normal de morfogénesis, un ejemplo son los aceites esenciales de plantas aromáticas, los cuales en su mayoría son monoterpenos, Estos han demostrado ser inhibidores de AChE (acetilcolinesterasa); la inhibición de AChE provoca la acumulación de acetilcolina en las sinapsis, provocando ataxia, es decir, genera falta de coordinación en el sistema neuromuscular, causando bradicardia, hipotensión, y eventualmente la muerte (Rattan, 2010).

Celis *et al.*, (2008) mencionan que la rotenona es un flavonoide extraído de *Derris elliptica* y *Lonchocarpus utilis* el cual es un insecticida de contacto e ingestión y repelente. Su modo de acción implica una inhibición del transporte de electrones a nivel de mitocondrias, bloqueando de esta forma la fosforilación del ADP a ATP por lo cual actúa inhibiendo el metabolismo del insecto. Los insectos intoxicados con rotenona presentan disminución del consumo de oxígeno, depresión en la respiración y ataxia que provocan convulsiones y conducen finalmente a la parálisis y muerte del insecto por paro respiratorio, un ejemplo son las piretrinas obtenidas de flores del piretro (*Chrysanthemum cinaerifolium*) estas tienen actividad insecticida al atacar el sistema nervioso central y periférico, lo que ocasiona descargas repetidas, seguidas de convulsiones. Las piretrinas obstruyen las entradas de los iones de sodio a los canales, lo cual altera la conductividad del ion en tránsito, estos compuestos provocan que el insecto deje de alimentarse y muera.

2.4 Hongos entomopatógenos

Los hongos son microorganismos eucariontes, unicelulares o pluricelulares, heterótrofos, sin clorofila, filamentosos y con paredes celulares que contienen quitina y celulosa. Se alimentan de materia orgánica muerta (saprobios) parásitos y depredadores, primero descomponen su alimento en pequeñas moléculas que después lo absorben a través de las membranas de sus células, su reproducción es sexual o asexual y ocurre con la formación de esporas de las paredes delgadas

llamadas conidios, los cuales forman conidióforos y van a permitir la dispersión y sobrevivencia a condiciones adversas (deshidratación o congelación) (Solera, 2017; CONABIO, 2020)

Los hongos juegan un papel importante en los ecosistemas ya que reciclan los nutrientes y contribuyen a regular las poblaciones de las plantas gracias a sus asociaciones simbióticas (CONABIO, 2020). También destaca su establecimiento endofítico de hongos entomopatógenos en cultivos de interés el cual nos ayuda a comprender las relaciones entre plantas y hongos y los mecanismos de defensa que los hongos entomopatógenos pueden inducir en las plantas (Bonilla, 2012).

Los hongos entomopatógenos pueden utilizarse para el control biológico de plagas, actualmente se conocen más de 700 especies de hongos entomopatógenos en casi 100 géneros, pero solo pocos han sido empleados en el control de insectos (Palacio, 2021). Los microorganismos entomopatógenos más utilizados son: *Metarhizium anisopliae* y *B. bassiana*. En la Tabla 3 se muestran los principales hongos entomopatógenos utilizados comercialmente para el control de plagas (Miranda *et al.*, 2021)

Especie	Insecto plaga
<i>Beauveria bassiana</i>	Langostas, chapulines, áfidos, escarabajos, mosquita blanca.
<i>Beauveria brogniartii</i>	Moscas, escarabajos
<i>Langenedium giganteum</i>	Mosquitos
<i>Metarhizium anisopliae</i>	Termitas, chapulines, gallina ciega, langostas, picudos del chile y algodón, escarabajos
<i>Isaria fumosorosea</i>	Mosquita blanca
<i>Lecanicillium (Verticillium) lecanii</i>	áfidos, trips, mosquita blanca

Tabla 3. Principales hongos entomopatógenos utilizados comercialmente para el control de insectos plaga (Miranda *et al.*, 2021).

Estas especies han sido utilizadas para el combate de insectos plaga. Existen diversos productos derivados de hongos entomopatógenos que son amigables con el ambiente y la salud humana; destacan por tener diferentes mecanismos de acción los cuales les permite que el hospedero no genere resistencia; sin embargo, el éxito de los hongos en el combate de insectos está limitado a condiciones ambientales como humedad relativa (mayor a 95%) y temperatura (entre 20 y 30°C) para la esporulación y germinación de esporas (Solera, 2017).

La aplicación en campo de los hongos entomopatógenos está afectada por factores abióticos y bióticos para que ocurra la infección; entre los factores abióticos que afectan la viabilidad y la persistencia de los hongos entomopatógenos en el campo

se encuentra los rayos ultravioletas, la temperatura, la humedad relativa y los funguicidas. A diferencia de otros agentes entomopatógenos estos no requieren ser ingeridos por el insecto ya que la infección puede ocurrir por contacto y adhesión de las esporas a las partes bucales, membranas Intersegmentales o a través de los espiráculos (Pucheta *et al.*, 2006). Entre los factores bióticos, se encuentran las plantas hospederas, las cuales pueden interferir con los patógenos fúngicos directa o indirectamente por su influencia en los insectos hospederos. Los insectos herbívoros tienen una relación compleja con sus plantas hospederas. La variación entre plantas hospederas también puede afectar la relación entre herbívoros y sus enemigos naturales. El desarrollo de los patógenos fúngicos dentro de los hospederos, puede ser afectado no sólo por las reacciones de inmunidad de los hospederos sino también, indirectamente, por la composición del alimento del hospedero (Carrillo-Rayas, 2009).

2.4.1 *Beauveria bassiana*

Es un hongo de clase de los Deuteromycetes, capaz de infectar a más de 200 especies de insectos. Habita naturalmente en el suelo, su apariencia es polvosa, de color blanco algodonoso o amarillento cremoso y su ciclo de vida consta de dos fases: la patogénica y la saprofítica (INTAGRI S.C, 2021). Actualmente se comercializa en varios países para el control de insectos plaga y en medio de cultivo alcanza su desarrollo completo en 21 d a 27°C (SENASICA, 1999).

Este hongo parasita insectos desde 3000 msnm y se puede encontrar en materia orgánica y hospederos parasitados (Solera, 2017).

2.4.2 Taxonomía

Reino: Fungi

División: Ascomycota

Clase: Sordariomycetes

Orden: Hypocreales

Familia: Clavicipitaceae

Género: *Beauveria*

Especie: *B. bassiana* (International Mycological Association (IMA) 2016).

2.4.3 Metabolitos secundarios

Se ha reportado un elevado número de metabolitos secundarios producidos por hongos entomopatógenos, los cuales han sido examinados y caracterizados. Pueden ser de estructura orgánica simple o compleja y muchos de ellos son toxinas peptídicas cíclicas y lineales, las que se derivan de otros metabolitos secundarios.

En la Tabla 4 se muestran los principales metabolitos producidos por hongos entomopatógenos (Téllez-Jurado *et al.*, 2009; Borges *et al.*, 2010).

Clasificación	Hongos que las producen
No peptídicas	
Oospereína	<i>Beuaveria tenella</i> , <i>B. bassiana</i>
Tenellina	<i>B. tenella</i>
Bassianina	<i>B. bassiana</i>
Ácido oxálico	<i>Beauveria</i> , <i>Verticillium</i> , <i>Metarhizium</i>
Ácido fusárico	<i>Fusarium</i>
Acido dipicolínico	<i>Beauveria</i> , <i>Paecilomyces</i> , <i>Verticillium</i>
Paecilomicinas	<i>Paecilomyces tenuipes</i>
Peptídicas lineales	
Leucinostinas	<i>Paecilomyces</i>
Efrapeptinas	<i>Tolypocladium</i>
Peptídicas cíclicas	
Beuvericina	<i>B. bassiana</i> , <i>Paecilomyces</i>
Beauverolidos	<i>B. bassiana</i> , <i>Paecilomyces</i>
Destruxininas	<i>Metarhizium</i>
Eniatinas	<i>Fusarium</i>
Ciclosporinas	<i>Metarhizium</i>

Tabla 4. Principales metabolitos producidos por hongos entomopatógenos (Téllez-Jurado *et al.*, 2009; Borges *et al.*, 2010).

2.4.4 Mecanismos de acción de *Beauveria bassiana* en el control de plagas

El mecanismo de acción insecticida de los hongos ocurre cuando el hongo infecta a los insectos por penetración directa, adhesión o contacto de las esporas sobre la cutícula de este (Bilgo *et al.*, 2018; Palacio, 2021).

El desarrollo de *B. bassiana* sobre insectos puede dividirse en cuatro etapas (Figura 11).

1.-Adhesión de la espóra a la cutícula del insecto y germinación de la espóra

El primer contacto del hongo ocurre cuando la espóra es adherida en la cutícula del insecto. Este proceso está mediado por la presencia de moléculas sintetizadas por el hongo denominadas adhesinas. El proceso de adhesión corre en tres etapas (Tanada y Kaya, 1993; Téllez-Jurado *et al.*, 2009).

Adsorción de la espóra a la superficie mediante el reconocimiento de receptores específicos de naturaleza glicoproteica en el insecto.

La adhesión o consolidación de la interfase entre la espóra pregerminada y la epicutícula.

La germinación y desarrollo hasta la formación del apresorio para comenzar la fase de penetración.

2.- Penetración en el hemocele

La penetración del hongo depende de las propiedades de la cutícula del insecto como el grosor, la esclerotización y la presencia de sustancias antifúngicas y nutricionales. La penetración ocurre por mecanismo físicos y químicos como la presión ejercida por una estructura fúngica denominada haustorio, la cual deforma primeramente la capa cuticular rompiendo luego las áreas esclerosadas.

3.- Esporulación

Cuando las condiciones de humedad y temperatura son las adecuadas, las hifas del hongo emergen al exterior del cadáver del insecto, donde ocurre la esporulación, esta ocurre generalmente en cadáveres, pero puede también ocurrir en insectos vivos (Tanada y Kaya, 1993; Téllez-Jurado *et al.*, 2009).

4.- Dispersión

Para finalizar el proceso, ocurre la dispersión de la spora, la cual puede ser un proceso activo o pasivo y depende de las características de la spora y el esporangio, cada spora puede adherirse o pasar de un invertebrado a otro por dispersión (Tanada y Kaya, 1993; Téllez-Jurado *et al.*, 2009).

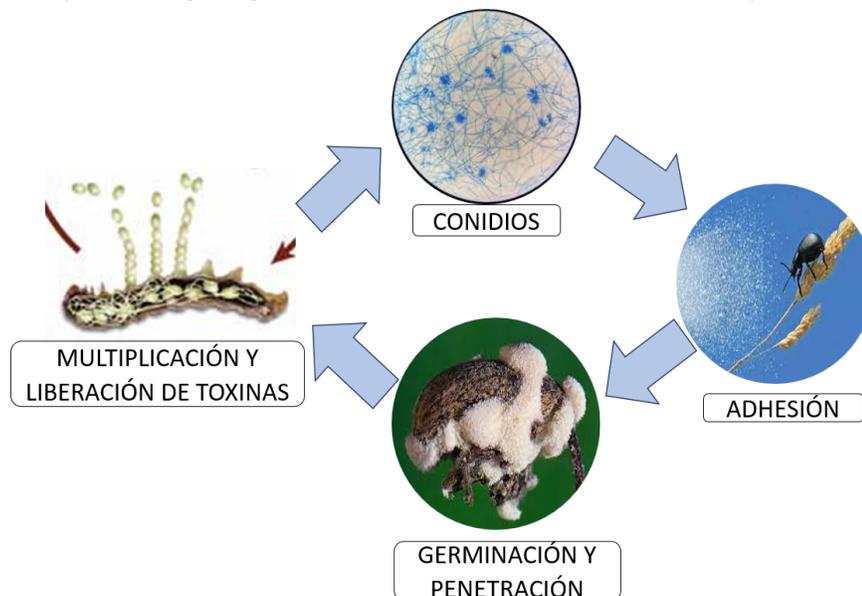


Figura 11. Mecanismo de acción de los hongos entomopatógenos (elaboración propia).

2.5 Situación actual del uso combinado de alternativas biológicas en el combate de insectos plagas

En los últimos años se ha estudiado la interacción de extractos vegetales y hongos entomopatógenos los cuales pueden influir en potencializar su efecto contra insectos plaga (Kanwai *et al.*, 2021). Algunos extractos vegetales influyen en parámetros como el crecimiento vegetativo, esporulación y germinación de conidios

y en ocasiones se puede originar una compatibilidad entre ellos (Mertz *et al.*, 2010; Formentini *et al.*, 2014; Cerna-Chávez *et al.*, 2021).

En una investigación, se evaluó la eficiencia de hongos entomopatógenos en combinación con diferentes extractos vegetales en el control de *Conotrachelus dimidiatus* bajo condiciones de laboratorio. Se evaluó la efectividad biológica de cepas nativas de *B. bassiana* y *M. anisopliae*, la susceptibilidad del picudo de la guayaba a extractos vegetales, así como la compatibilidad de *B. bassiana* y *M. anisopliae* con los extractos vegetales (pimienta y semilla de jícama) para el control del picudo. Los resultados demostraron que las cepas de *B. bassiana* fueron patógenas para el insecto. El extracto de pimienta y semilla de jícama mostraron actividad insecticida con al menos un 80 % de mortalidad y las mezclas entre los hongos y los extractos registraron mortalidades del 90 % (Cerna-Chávez *et al.*, 2021).

Se realizó un estudio donde el objetivo fue conocer el efecto de *Beauveria bassiana* (Balsamo) en combinación con extractos acuosos de chicalote (*Argemone mexicana* L.), chile (*Capsicum frutescens* L.) e higuera (*Ricinus communis* L.) para el manejo de *Sphenarium purpurascens* en cultivo de amaranto (*Amaranthus hypocondriacus* L.) En esta investigación al probar en laboratorio el efecto de *B. bassiana* sobre *S. purpurascens* se encontró que a los ocho días después de la inoculación hubo el 100% de mortalidad en el 2º y 4º estadio ninfal, mientras que en adultos la mortalidad fue de 76 y 81%. Después se probó en campo y el tratamiento de extractos de higuera + chile + *B. bassiana* presentó el menor número de chapulines (18. 88%), menor porcentaje de daño al follaje (11.77) y la mayor producción de grano (Vázquez *et al.*, 2016).

En otra investigación realizada por Ramírez-Zamora *et al.*, (2020) se evaluó el efecto de extractos acetónicos (AcEDv) y metanólicos (MeEDv) de *Dodonaea viscosa* a diferentes concentraciones (1000, 2000 y 4000 ppm) sobre el recuento total de hemocitos (THC) presentes en la hemolinfa de *Spodoptera exigua*, así como sobre su efecto insecticida solo y en combinación con el hongo entomopatógeno *Isaria fumosorosea*. Se utilizaron larvas L2 de *S. exigua* y se alimentaron con una dieta artificial que incorporaba ambos extractos. Los resultados arrojaron que el THC fue significativamente menor en el tratamiento con AcEDv a 1000 ppm y el tratamiento con MeEDv a 1000 y 4000 ppm en comparación con los controles negativos. El AcEDv a 1000 y 2000 ppm y el MeEDv a 4000 ppm aplicados con el hongo revelaron porcentajes de mortalidad superiores a 50%. Los extractos de *D. viscosa* redujeron el THC total de *S. exigua*, y sugieren que la aplicación de este extracto vegetal presenta un efecto sinérgico sobre la mortalidad de *S. exigua* expuesta al hongo entomopatógeno *I. fumosorosea*.

III. JUSTIFICACIÓN

El maíz es el grano más consumido a nivel mundial y el principal cultivo en México, debido a su importancia económica, social y cultural. Este cultivo se ve afectado por diversas plagas, siendo *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) una de las más dañinas, la cual puede llegar a ocasionar la pérdida total del cultivo. Su principal método de control es mediante insecticidas químico-sintéticos, los que como resultado de su uso indiscriminado han ocasionado resistencia, generado problemas de contaminación ambiental y efectos nocivos en la salud humana. Se han utilizado diferentes alternativas al uso de estos productos, una de ellas son extractos vegetales y extractos de hongos entomopatógenos, que se caracterizan por ser ecológicos, biodegradables y específicos para el insecto que atacan. Entre ellos destaca el interés por la planta *J. curcas* y el hongo entomopatógeno *B. Bassiana*, debido a su contenido de metabolitos secundarios que han demostrado tener actividad insecticida e insectistática contra esta plaga.

IV. HIPÓTESIS

- El extracto de *J. curcas*, así como el extracto crudo de *B. bassiana* ocasionan efectos insecticidas e insectistáticos sobre larvas de *S. frugiperda* en condiciones de laboratorio.
- El extracto de *J. curcas* combinado con los extractos crudos de *B. bassiana* tienen un efecto sinérgico en la actividad insecticida e insectistática sobre larvas de *S. frugiperda* en condiciones de laboratorio.

V. OBJETIVOS

5.1 Objetivo general

- Evaluar el efecto insecticida e insectistático del extracto de *Jatropha curcas* y de *Beauveria bassiana* sobre *Spodoptera frugiperda*.

5.2 Objetivos específicos

- Analizar mediante bioensayos, el efecto insecticida e insectistático del extracto de *Jatropha curcas* sobre *Spodoptera frugiperda*.
- Evaluar mediante bioensayos el efecto insecticida e insectistático de extractos crudos de *Beauveria bassiana* sobre *Spodoptera frugiperda*.
- Determinar el efecto insecticida e insectistático del extracto de *Jatropha curcas* combinado con el extracto crudo de *Beauveria bassiana* sobre *Spodoptera frugiperda*.

VI. METODOLOGÍA

6.1 Sitio de trabajo

El estudio se llevó a cabo en el Laboratorio de Fisiología y Tecnología de Cultivos y el laboratorio de Biotecnología de la Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco; y en el Laboratorio de Compuestos Naturales Insecticidas de la Facultad de Química de la Universidad Autónoma de Querétaro.

6.2 Recolección de material vegetal

Mediante un muestreo al azar, se recolectaron semillas de *J. curcas* del municipio de Atencingo, Puebla México (18°30'51.49"N, 98°36'26.59"O), ; el material vegetal fue trasladado al Laboratorio de Biotecnología de la Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco.

Las semillas seleccionadas no mostraban daño mecánico (Figura 12), presencia o daño por enfermedades fúngicas o entomológicas. Se desinfectaron con una solución de hipoclorito de sodio al 1% y posteriormente se lavaron con agua destilada. Se dejaron secar a temperatura ambiente para su posterior pulverizado en un molino marca K MF 10 basic IKA WERKE, especial para semillas de tamaño medio y pequeño.



Figura 12. Semillas de *Jatropha curcas* (elaboración propia).

6.3 Extractos de *Jatropha curcas*

El polvo fino obtenido del molido de las semillas (670 g), se colocó en un vaso de precipitado de 2000 mL, en el que se agregaron 1500 mL de disolvente (acetona), dejándose reposar durante 72 h. La mezcla se filtró en papel Whatman No 1, vertiendo el líquido en matraces Erlenmeyer de 250 mL. Con base en la metodología empleada por Pérez-Gutiérrez *et al.*, (2012), 150 mL de la muestra se colocaron en un matraz de balón de 1 L y mediante un rotavapor marca Buchi (Figura 13), se eliminó a presión reducida el disolvente, para finalmente, en una campana de extracción llevar a sequedad el concentrado (Figura 14).



Figura 13. Extracto en el rotavapor (elaboración propia).

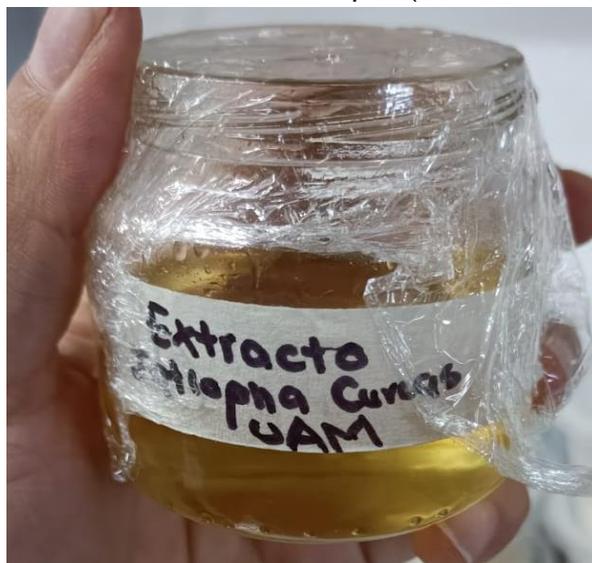


Figura 14. Extracto de *Jatropha curcas* (elaboración propia).

6.4 Obtención de insectos

Se utilizaron larvas de 48 h de edad de *S. frugiperda* en un estadio larval L2 (Figura 16) obtenidas a partir del pie de cría del laboratorio de Fisiología y Tecnología de Cultivos de la Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco. Las larvas se obtuvieron del Laboratorio de Compuestos Insecticidas de la Universidad Autónoma de Querétaro. Los insectos se recolectaron en Huimilpan, Querétaro (Latitud: 20° 28' 30" y 20° 33' 23" N/+; Longitud: 100° 19' 37" y 100° 23' 12" W/) y fueron criados en condiciones controladas de temperatura (25 ± 2 °C) y humedad (60 ± 5 %) con un fotoperiodo luz oscuridad de 12-12 h (Ramos-López *et al.*, 2010) y alimentadas con dieta artificial (Figura 15, Cuadro 2) (Burton y Perkins, 1987).

Cuadro 2. Composición para ¼ Kg de dieta artificial para alimentar a larvas de *Spodoptera frugiperda* (Burton y Perkins, 1987).

Sustancia	Cantidad
Frijol	30 g
Levadura de cerveza	8.75 g
Germen de trigo	13.75 g
Ácido ascórbico	0.87 g
Ácido sórbico	0.27 g
Metil 4-hidroxibenzoato	0.55 g
Agar bacteriológico	3.75 g
Agua para frijol	116 mL
Agua para agar	90 mL



Figura 15. Cría artificial de *Spodoptera frugiperda*.



Figura 16. Larvas L2 de *Spodoptera frugiperda* (elaboración propia).

6.5 Extracto de *Beauveria bassiana*

6.5.1 Cultivo monospórico

La cepa CHE-CNRCB 546 fue proporcionada por el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA), misma que se sembró en el Laboratorio de Biotecnología de la UAM-X en un medio SDA (Sabouraud Dextrosa) Figura 17). Se incubó a 20°C durante siete d hasta alcanzar una esporulación que cubrió por completo la caja Petri.

Conteo de esporas

En un tubo de 50 mL se colocaron 5 mL de Tween al 0.1%, a los que se les agregó 10 mL del medio de cultivo y se les agitó ligeramente para que se separaran todas las esporas. Se cargó 1 mL de la suspensión de esporas en una cámara de Neubauer y se contabilizaron el número de esporas con la ayuda de un microscopio óptico. Se realizaron las diluciones necesarias para tener una suspensión a una concentración de 50 a 100 esporas por mililitro, para lo que se utilizó la siguiente fórmula.

$$\frac{\text{Esporas}}{\text{Cuadro}} \times 25 \times 1000 \times \text{FD} = \text{Esporas / mL}$$

Cuadro

Donde:

Esporas/cuadro= Promedio de conidios contados en cinco cuadros.

25= Total de cuadros centrales (equivalente a 0.1mm³).

1000= Equivalencia (Esporas / mL).

FD= Factor de dilución de la muestra.

Siembra de esporas

Se sembró 1 mL de la concentración en una caja Petri con medio PDA (Agar papa dextrosa) que se distribuyeron sobre la superficie de la placa, dentro de una campana de flujo laminar. Se realizó la siembra por cuadruplicado y se incubaron a 28° C durante siete d, monitoreando el cultivo a partir de las 24 h de incubación mediante un microscopio óptico de 10x.

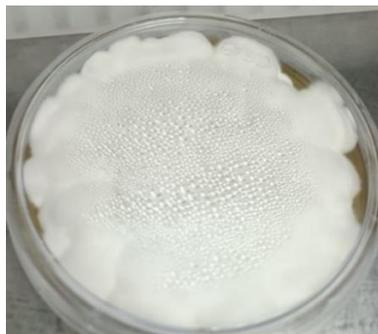


Figura 17. Siembra de *Beauveria bassiana* en medio SDA (elaboración propia).

Obtención del cultivo monospórico

En una campana de flujo laminar, se cortó con un bisturí estéril una colonia en formación de 2 mm² aproximadamente y se transfirió a otra placa de PDA con la finalidad de obtener un cultivo monospórico.

6.5.2 Siembra en medio de cultivo sólido

La cepa 546 de *B. bassiana* proveniente de un cultivo monospórico creció en un matraz de 250 mL con cultivo de Agar Dextrosa-Saboraund (ADS) durante 15 d a 25°C (Figura 18). Posteriormente, para la recolección de conidios se agregaron 50 mL de Tween® 80 al 0.05%. y se colocó un agitador magnético por 30 segundos dentro de una campana de flujo laminar (Barranco *et al.*, 2009).



Figura 18. Cepa de *Beauveria bassiana* en un cultivo de Agar Dextrosa-Saboraund (elaboración propia).

6.5.3 Fermentación sólida

Se realizó un cultivo de 300 g de materia húmeda, para ello, en un matraz Erlenmeyer de 2000 mL, se colocó 56.24 g de bagazo de caña, 6.75 g de cutícula de insecto, 2.25 g de sacarosa, 1.35 g de (NH₄)₂SO₄, 0.27 g de MgSO₄, 0.22 g de NaCl, 3.37 g de KH₂PO₄, 0.0225 g de FeSO₄·7H₂O, 0.0063 g de ZnSO₄, 0.0072 g de MnSO₄, 205 mL de agua destilada y 20 mL de conidios de *B. bassiana* a una concentración de 1 x 10⁷ esporas (Tabla 5 y Figura 19). Este preparado se ajustó a un pH de 5 y fue colocado en condiciones de humedad del 75% y temperatura 25°C. Finalmente se dejó el cultivo por nueve d en una estufa a 25°C para la obtención de los metabolitos secundarios (Barranco *et al.*, 2009).

Tabla 5. Composición para cultivo sólido de *Beauveria bassiana*.

Sustancia	Cantidad
Bagazo de caña	56.24 g
Cutícula de insecto	6.75 g

Sulfato de amonio $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	1.35 g
Sulfato de magnesio MgSO_4	0.27 g
Cloruro de sodio NaCl	0.22 g
Fosfato dibásico de potasio KH_2PO_4	3.37 g
Sulfato ferroso heptahidratado $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.0225 g
Sulfato de zinc ZnSO_4	0.0063 g
Sulfato manganoso monohidratado MnSO_4	0.0072 g
Sacarosa	2.25 g
Agua destilada	205 mL
Conidios	20 mL

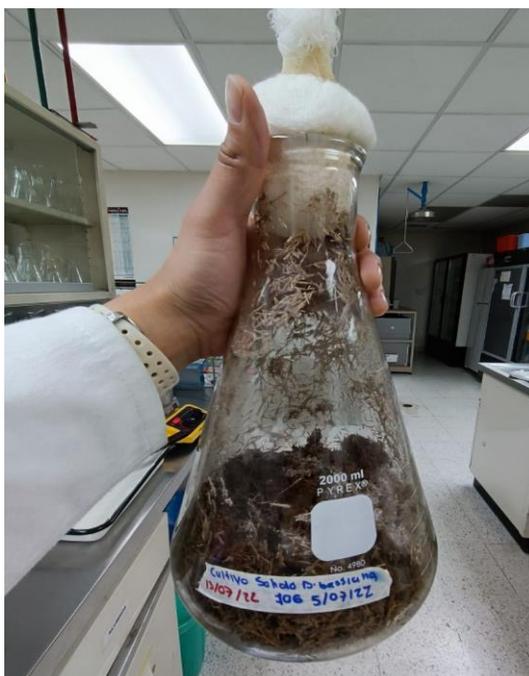


Figura 19. Medio de cultivo solido de *Beauveria bassiana* (elaboración propia).

6.5.4 Obtención de metabolitos secundarios

Los metabolitos se obtuvieron a los 9 d de la inoculación, al cultivo se le agregó agua destilada en un relación de 1:1 (p:v). El contenido de la fermentación se exprimió mediante una malla de cielo y se obtuvo como producto final el extracto

crudo, el cual se centrifugó a 10,000 rpm en una centrifugadora marca Du Pont Instruments a 4°C durante 10 min. Después de una segunda centrifugación, se filtró al vacío el sobrenadante con una membrana Millipore de 0.4µm (Figura 20). En 8 tubos Centricon® se agregaron por cada uno 4 mL de extracto crudo y se centrifugaron a 3,000 rpm a 8°C durante 10 min (Barranco *et al.*, 2009; Marín- Cruz *et al.*, 2017).

En la parte superior del tubo Centricon® quedaron las proteínas mayores a 10 KDa y en la parte inferior los metabolitos. Se recolectaron los metabolitos en frascos de vidrio y se congelaron a -20°C. Finalmente, los metabolitos se liofilizaron en un equipo LABCONCOA® bajo condiciones de presión y temperatura a 0.090 mBar y -40°C (Figura 21). (Marín- Cruz *et al.*, 2017).

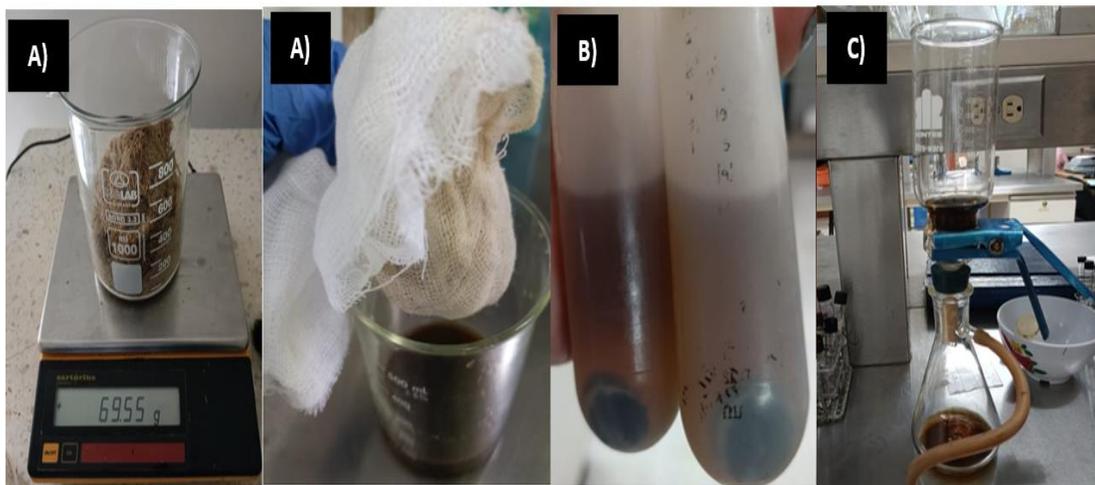


Figura 20. A) Extracto crudo; B) Extracto crudo después de centrifugarse a 10,000 rpm; C) Filtrado al vacío (elaboración propia).

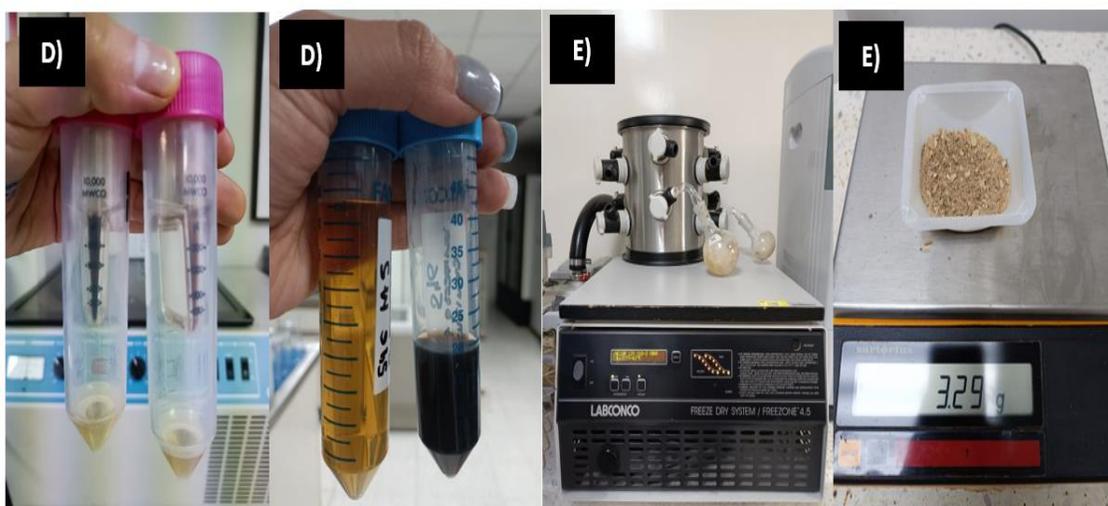


Figura 21. D) Metabolitos y enzimas después de centrifugarse a 3000 rpm; D) Metabolitos de *Beauveria bassiana* liofilizados (elaboración propia).

6.6 Bioensayos

6.6.1 Bioensayo de la actividad insecticida e insectistática de *Jatropha curcas*

Se utilizaron larvas en un estadio L2 a las que se alimentó mediante dieta artificial adicionada con el EAcJC a 5000, 2500 y 1000 ppm. Como control positivo se utilizó DiPel® a 1000 ppm y como control negativo agua destilada para todos los bioensayos (Cuadro 2). Para calcular las concentraciones deseadas se utilizó la siguiente formula:

$$250 \text{ gramos de dieta } \times \text{ ppm} / 1 \text{ kg de dieta.}$$

Las larvas se colocaron en recipientes de plástico del No. 0 Marca PRIMO con 1.25 cm de ancho por 1.75 de largo, a los que se les vertieron 3 g de la dieta. La dieta se dejó solidificar previamente durante 24 h a temperatura ambiente (Valdez, 2016; Marín-Cruz *et al.*, 2017; Armas, 2019).

6.6.2 Bioensayo de la actividad insecticida e insectistática de *Beauveria bassiana*

Al igual, que, en el bioensayo anterior, las larvas L2 se colocaron en recipientes de plástico, a los que se les vertieron 3 g de la dieta, previamente revuelta con EABb a las concentraciones de 5000, 2500 y 1000 ppm.

6.6.3 Bioensayo de la actividad insecticida e insectistática de *Beauveria bassiana* y *Jatropha curcas*.

Las larvas en un estadio L2 se colocaron en recipiente de plástico del No. 0 con 3 gramos de dieta artificial adicionada con el EAcJC y EABb en concentraciones de 1:1 (2500+2500, 1250+1250, 500+500 ppm).

VII. VARIABLES

La actividad insecticida e insectistática se evaluó mediante las variables descritas a continuación (Cuadro 3) (Marín-Cruz *et al.*, 2017; Armas, 2019).

Cuadro 3. Variables.

Actividad insecticida	Actividad insectistática
✓ % de mortalidad de larvas (medida en intervalos de 72 h)	✓ Peso de pupas (24 h después de su formación).
✓ % de mortalidad de pupas (medida en intervalos de 72 h).	✓ Duración de la fase larval (duración en d del estado larval).
	✓ Duración de la fase pupal (duración en d del estado pupal).
	✓ Porcentaje de emergencia relativa de adultos a partir de pupas.

La emergencia relativa de adultos se calculó utilizando la siguiente fórmula (Aguilera, 2001):

E = emergencia (%) Etr = emergencia en el tratamiento (%) Ete = emergencia en el testigo absoluto (%)	$E = \frac{Etr}{Ete} * 100$
---	-----------------------------

VIII. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se realizó un diseño experimental completamente al azar con 11 tratamientos y 20 repeticiones por tratamiento.

- T1 Extracto de *J. curcas* (5000 ppm).
- T2 Extracto de *J. curcas* (2500 ppm).
- T3 Extracto de *J. curcas* (1000 ppm).
- T4 Extracto de *B. bassiana* (5000 ppm).
- T5 Extracto de *B. bassiana* (2500 ppm).
- T6 Extracto de *B. bassiana* (1000 ppm).
- T7 Extracto de *J. curcas* y *B. bassiana* (5000 ppm).
- T8 Extracto de *J. curcas* y *B. bassiana* (2500 ppm).
- T9 Extracto de *J. curcas* y *B. bassiana* (1000 ppm).
- T10 Testigo (Agua destilada).
- T11 Producto comercial (DiPel®).

IX. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se determinó la normalidad de los datos (Shapiro-Wilk W test) y su homocedasticidad (Levene). En caso de no cumplirse esta premisa, se utilizó el análisis de varianza no paramétrico de Kruskal-Wallis. Los datos fueron analizados a través de un Análisis de Varianza (ANOVA) de una vía. Posteriormente, se realizó la prueba de Tukey ($p < 0.05$) para determinar posibles diferencias entre medias. Se calculó la concentración letal media al 50% (LC₅₀) y la concentración letal al 90% (LC₉₀) calculada utilizando la mortalidad de las larvas por medio de un análisis Probit. El procesamiento de los datos se llevó a cabo con el paquete estadístico JMP® versión 11 (SAS, 2022).

X. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

10.1 Actividad insecticida de *Jatropha curcas* y *Beauveria bassiana* sobre *Spodoptera frugiperda*.

10.1.1 Mortalidad de larva

Se obtuvo el 100% de mortalidad en larvas aplicando el EABb a 5000 ppm, el mismo resultado que al utilizar DiPel® a 1000 ppm. Seguido por el EABb combinados con el EAcJC a 2500 ppm (80%) con una concentración letal media de 199.52 ppm (Cuadro 5). El menor porcentaje de larvas muertas se obtuvo al utilizar los extractos por separado de EABb y EAcJC a 1000 ppm (25% de mortalidad); los cuales fueron estadísticamente iguales al control negativo (15% de mortalidad) (Cuadro 4).

Idrees *et al.*, (2022) aplicaron conidios de *B. Bassiana* a una concentración de 1×10^8 conidios mL^{-1} sobre larvas neonatales de *S. frugiperda* y observaron tasas de mortalidad de 45.6 a 53.6%, resultados inferiores a los nuestros, donde obtuvimos el 100% de mortalidad aplicado a 5000 ppm; lo anterior sin dejar de considerar que estas investigaciones trabajaron con conidios y no con extractos del hongo. Sin embargo, en otro estudio realizado por Vázquez *et al.*, (2016) donde probaron el efecto de *B. bassiana* sobre *S. purpurascens* inoculados tópicamente, se observó que a los 8 d después de la inoculación se presentó 100% de mortalidad en el 2º y 4º estadio ninfal a la misma concentración de 1×10^8 y 1×10^9 conidios mL^{-1} , Estos resultados son similares a los obtenidos por García y Bautista (2011), quienes reportaron una mortalidad de 96.6% en larvas de segundo estadio a una concentración de 1×10^9 conidios mL^{-1} aplicados tópicamente en larvas de *S. frugiperda*. En la presente investigación al utilizar EABb a 5000 ppm, se observó que a los 27 d se obtuvo el 100% de mortalidad ya que al utilizar los metabolitos se requiere de un mayor tiempo para causar un daño gradual, que termina con la muerte o incapacidad fisiológica del insecto. Marín (2018) observó que los metabolitos de *B. bassiana* a los 20 d tuvieron efecto insectistático y una mortalidad de 47.5% en larvas de *B. impatiens*. Las ventajas que podría tener cuando se utilizan metabolitos es la tolerancia a factores ambientales, ya que la eficiencia de los conidios depende de factores ambientales como los rayos ultravioleta, la temperatura, la humedad relativa y los funguicidas (Pucheta *et al.*, 2006)

En las larvas alimentadas con el EABb también se observó una pérdida de la movilidad y reducción de la alimentación Pinnamaneni y Potineni, (2010), mencionan que los metabolitos de bajo peso molecular son péptidos que pueden ser beauvericina, beauverólidos, basiacridina, bassianólidos, bassianina, entre otros y estos metabolitos intervienen en la destrucción de tejidos internos y el agotamiento de nutrientes, lo cual puede causar síntomas como la parálisis parcial o general y la lentitud por acciones neuromusculares, de igual forma Zimmermann (2007), menciona que pueden causar cambios conductuales y de alimentación, pérdida de peso, fecundidad o malformaciones. En otro estudio realizado por Rosas-García, (2020) se detectó bassianolida y beauvericina en cepas de *B. bassiana* y se

demonstró ser patogénicas sobre *S. exigua* y *S. frugiperda* donde todas las cepas causaron menos del 50 % de mortalidad en larvas.

En las investigaciones antes señaladas, se utilizaron los conidios del hongo aplicados de forma tópica; mientras que el caso de la presente investigación se aplicaron extractos de EABb que se añadieron directamente sobre la dieta. Al usar los conidios el mecanismo de acción es directamente sobre la cutícula (Tanada y Kaya, 1993; Téllez-Jurado *et al.*, 2009) mientras que al usar extractos de metabolitos sobre la dieta se tiene un efecto sobre el aparato digestivo (Rattan, 2010; Celis *et al.*, 2008; Xin-Xin *et al.*, 2021). Marín (2018) reportó que los metabolitos de *B. bassiana* dañan principalmente el sistema digestivo de las larvas de *B. impatiens*, en gran parte por las alteraciones producidas en el intestino medio, a nivel celular y de las membranas. En las larvas muertas por los metabolitos, el daño se observó en las células epiteliales del intestino medio y en los ciegos gástricos, las cuales sufrieron lisis y las células columnares presentaron un número elevado de vacuolas, lo cual sugiere un desequilibrio osmótico.

En cuanto al uso del extracto de *J. curcas*, los resultados de la presente investigación concuerdan con los de Valdez (2016), quien investigó la actividad insecticida de cinco genotipos de *J. curcas* y el genotipo "Atencingo", el cual proviene de la misma región donde se recolectaron las semillas de *J. curcas* de este estudio, obtuvo un alto efecto insecticida al reducir las larvas de *S. frugiperda* más del 64%; en la obtención de los extractos, utilizaron diferentes solventes, siendo el acetónico a 5000 ppm el que causó una reducción del 100% de la viabilidad de la larva. Tchegueni *et al.*, (2023) probaron en bioensayo el efecto insecticida del aceite de *J. curcas* sobre *S. frugiperda* encontrando que el aceite a una concentración de 10 mL L⁻¹ provocó una tasa de mortalidad del (87-92%) en estadios L1-2. Sin embargo, un estudio realizado por López *et al.*, (2022) demostró porcentajes menores de mortalidad (33.7%) donde aplicó el extracto de *J. curcas* sobre larvas L2 de *S. frugiperda* en dosis de 15 mL L⁻¹. Rattan, (2010) menciona que los aceites esenciales de plantas han demostrado ser inhibidores de AChE (acetilcolinesterasa); la inhibición de AChE provoca la acumulación de acetilcolina en las sinapsis, provocando ataxia, es decir, genera falta de coordinación en el sistema neuromuscular, causando bradicardia, hipotensión, y eventualmente la muerte.

Los resultados entre las diferentes investigaciones pueden ser debidos a que en el uso de extractos vegetales puede variar el contenido de metabolitos secundarios conforme las diferentes condiciones edafoclimáticas donde creció la planta, además de la sensibilidad a factores ambientales como la temperatura, radiación UV y humedad (Nicolás, 2011).

No se han encontrado registros sobre la combinación de *J. curcas* y *B. bassiana* sobre *S. frugiperda*, pero se han realizados estudios sobre la interacción de extractos vegetales y otros hongos entomopatógenos, en su presentación de

conidios. Vázquez *et al.*, (2016) estudiaron el efecto de *B. bassiana* en combinación con extractos acuosos de chicalote (*Argemone mexicana* L.), chile (*Capsicum frutescens* L.) e higuera (*Ricinus communis* L.) para el control de *S. purpurascens* en amaranto. Se realizaron diferentes combinaciones y al utilizar los extractos de higuera + chile + *B. bassiana* se presentó una menor población de chapulines (18.9%), menor porcentaje de daño al follaje (11.8%) además de incrementar el rendimiento de grano en ese cultivo.

De igual manera, los resultados de la presente investigación difieren de los reportados por Cerna-Chávez *et al.*,(2021), quienes evaluaron la eficiencia de hongos entomopatógenos (*B. bassiana* y *M. anisopliae*) en combinación con extractos vegetales (pimienta y semilla de jícama) en el control de *Conotrachelus dimidiatus*, encontraron que las mezclas entre los hongos y los extractos registraron mortalidades superiores (90%) que al aplicar el extracto de pimienta y semilla de jícama individualmente (80%). Nuevamente se refiere a investigaciones con conidios ya que no se encontraron referencias sobre extractos de hongos entomopatógenos.

Los resultados de la presente investigación arrojan un 100% de mortalidad al aplicar el EABb, estadísticamente igual que aplicar AcEJc a 5000 ppm y el conjunto (1250 ppm de EABb +1250 ppm de AcEJc) (Cuadro 2; Figura 22), por lo cual se puede decir que la combinación de ambos extractos no actúa en sinergia sobre la variable mortalidad de larva. Podría suponerse que se logró un efecto contrario, ya que la aplicación de ambos extractos redujo la mortalidad a un 80% con respecto el EABb, pero un 20% superior que el AcEJc (5000 ppm) de manera individual. Lo anterior sin dejar de considerar que las pruebas muestran que todos ellos no presentaron diferencias estadísticas.

Cuadro 4. Mortalidad de larva en los diferentes tratamientos

Tratamiento	Concentración (ppm)	Mortalidad de larva
DiPel®	1000 ppm	100±2.16 ^a
BB	5000 ppm	100±2.16 ^a
BB+JC	2500 ppm	80.00±4.76 ^b
JC	5000 ppm	60.00±3.91 ^c
BB+JC	5000 ppm	55.00±3.91 ^{c d}
BB+JC	1000 ppm	50.00±4.39 ^d
JC	2500 ppm	40.00±3.74 ^e

BB	2500 ppm	35.00±3.91 ^e
JC	1000 ppm	25.00±3.36 ^f
BB	1000 ppm	25.00±3.36 ^f
Control negativo		15.00±3.65 ^f

Datos basados en la media (N=20). Los valores medios (\pm SE) seguidos de la misma letra no son significativamente diferentes (test de Tukey, $p < 0,05$). JC=*Jatropha curcas*, BB=Metabolitos secundarios de *Beauveria bassiana*, BB+JC=Metabolitos secundarios de *Beauveria bassiana* + extracto de *Jatropha curcas*, CN (control negativo).

Cuadro 5. LC₅₀ concentración letal 50%; LC₉₀ concentración letal 90% calculada utilizando la mortalidad de las larvas.

Concentración (ppm)	LC ₅₀	LC ₉₀
<i>J. curcas</i> 5000 2500 1000	1258 ppm	1584 ppm
<i>B. bassiana</i> 5000 2500 1000	199.52 ppm	1995 ppm
<i>J. curcas</i> + <i>B. bassiana</i> 5000 2500 1000	251.18 ppm	1318.25 ppm



Figura 22. Larvas de *Spodoptera frugiperda* muertas por metabolitos secundarios de *Beauveria bassiana* a 5000 ppm (elaboración propia).

10.1.2 Mortalidad de pupa

Respecto a la viabilidad pupal, el EAcJC a 5000 ppm y el EABb aplicados a 2500 ppm tuvieron la menor viabilidad pupal causando entre 53 y 50 %mortalidad (Cuadro 6; Figura 23); seguidos por el EABb combinados con el EAcJC 1000 ppm (40%). Los tratamientos en los que se presentó mayor porcentaje de pupas fue en la combinación de EABb con EAcJC a 5000 ppm (11%) y el control negativo (7%). (Cuadro 6). Cabe señalar que no se observaron diferencia en las pupas muertas con los diferentes tratamientos, todas tomaron un color café oscuro a negro.

Valdez (2016) utilizó el EAcJCa 5000 ppm y este fue el más activo al reducir la viabilidad pupal en un 84%, valor superior al obtenido en la presente investigación.

Montecalvo y Navasero, (2021), evaluaron el efecto de los hongos entomopatógenos *B. bassiana* y *M. anisopliae* a una concentración de 1×10^9 conidios mL^{-1} sobre *S. frugiperda*, los cuales causaron un porcentaje de pupas no emergido de 23.33 % en *B. bassiana* y 40 % en *M. anisopliae* además de observar que, en las características de las pupas, como la longitud, el ancho y el peso, no variaron significativamente respecto al control. Marín (2018) utilizó los metabolitos de *B. bassiana* sobre larvas de *B. impatiens*, y reportó una mortalidad de pupas de 34% además de observar una reducción de la alimentación y el movimiento, además, algunos individuos permanecieron en estado larval y no lograron pupar; otros con malformación de larvas, pupas y adultos.

Cuadro 6. Mortalidad de pupa en los diferentes tratamientos.

Tratamiento	Concentración (ppm)	Mortalidad de pupa
JC	5000 ppm	50.00±4.59 ^a
BB	2500 ppm	53.75±4.57 ^a
BB+JC	1000 ppm	40.00±4.39 ^b
JC	1000 ppm	20.75±5.12 ^{b c}
BB+JC	2500 ppm	28.25±2.98 ^c
BB	1000 ppm	28.25±2.98 ^c
JC	2500 ppm	25.00±3.36 ^c
BB+JC	5000 ppm	11.25±4.34 ^d
Control negativo		7.00±2.58 ^d

Datos basados en la media (N=20). Los valores medios (\pm SE) seguidos de la misma letra no son significativamente diferentes (test de Tukey, $p < 0,05$). JC=*Jatropha curcas*, BB=Metabolitos

secundarios de *Beauveria bassiana*, BB+JC=Metabolitos secundarios de *Beauveria bassiana* + extracto de *Jatropha curcas*, CN (control negativo).



Figura 23. Pupas de *Spodoptera frugiperda* muertas por metabolitos secundarios de *Beauveria Bassiana* a 2500 ppm.

10. 2 Actividad insectistática de *Jatropha curcas* y *Beauveria bassiana* sobre *Spodoptera frugiperda*.

10.2.1 Peso pupal

Se registró el peso de las pupas 24 h después de su formación y no se observó diferencia estadísticamente significativa en esta variable, respecto al control (Cuadro 7).

Esto resultados son similares a los obtenidos por Quintana (2017), quien evaluó el extracto metanólico de tallo de *S. crotalarioides*, sobre *S. frugiperda*, registro el peso pupal a las 24 h de su formación y no se observó una diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos. De igual forma Valdez. (2016) evaluó el peso de las pupas tratadas con diferentes extractos de semillas de *J. curcas* de cinco genotipos distintos y ninguno de estos inhibió el peso de la pupa de *S. frugiperda*.

Montecalvo y Navasero (2021), evaluaron el efecto de los hongos entomopatógenos *B. bassiana* y *M. anisopliae* a una concentración de 1×10^9 conidios mL^{-1} sobre *S. frugiperda*, y se observó que las características de las pupas, como la longitud, el ancho y el peso, no variaron significativamente respecto al control. Es importante señalar que estos autores aplicaron conidios del hongo y no extractos.

Ribeiro *et al.*, (2012) evaluaron la actividad biológica de siete extractos metanólicos de hojas frescas y secas de *J. curcas* a 1000 mg kg^{-1} sobre *S. frugiperda* y al utilizar

el extracto de las hojas secas, de no se encontraron cambios estadísticamente significativos en el peso pupal respecto al control.

Cuadro 7. Peso pupal en los diferentes tratamientos.

Tratamiento	Concentración (ppm)	Peso pupal
JC	5000 ppm	0.16±0.02 ^a
JC	2500 ppm	0.15±0.02 ^a
JC	1000 ppm	0.15±0.04 ^a
BB	2500 ppm	0.15±0.02 ^a
BB	1000 ppm	0.16±0.03 ^a
BB+JC	5000 ppm	0.16±0.01 ^a
BBJC	2500 ppm	0.19±0.01 ^a
BB+JC	1000 ppm	0.16±0.01 ^a
Control negativo		0.15±0.02 ^a

Datos basados en la media (N=20). Los valores medios (\pm SE) seguidos de la misma letra no son significativamente diferentes (test de Tukey, $p < 0,05$). JC=*Jatropha curcas*, BB=Metabolitos secundarios de *Beauveria bassiana*, BB+JC=Metabolitos secundarios de *Beauveria bassiana* + extracto de *Jatropha curcas*, CN (control negativo).



Figura 24. Pesado de pupa de *Spodoptera frugiperda* (elaboración propia).

10.2.2 Duración de fase larval

Los extractos de EAcJC aplicados individualmente en todas las concentraciones, mostraron la mayor duración larval (de 23 a 28 d), pero estadísticamente iguales a

los demás tratamientos, incluido el control. Los tratamientos que redujeron la fase larval fueron el EABb a 1000 ppm y el combinado de EABb + EAcJC a 2500 ppm (19 a 17 d, respectivamente) (Figura 25 y Cuadro 8).

Los resultados concuerdan con Valdez. (2016) quien evaluó diferentes extractos de semillas de *J. curcas*. Al utilizar el extracto hexánico a 1000 ppm se obtuvieron 20 d en la duración larval. Evaluó el EAcJC a 2500 y 1000 ppm y tuvo una duración larval de 25 y 27 d, respectivamente. Ribeiro *et al.*, (2012) quienes evaluaron la actividad biológica de siete extractos metanólicos de hojas frescas y secas de *J. curcas* a 1000 mg kg⁻¹ sobre *S. frugiperda*, reportaron una duración de la fase larval en el tratamiento control de 21 d, resultados similares al obtenido en la presente investigación (23.81 d). Sin embargo, al utilizar el extracto de hojas frescas y secas de *J. curcas* si se observó una diferencia estadísticamente entre 2.80 y 2.18 d más corto que el control, lo cual difiere de nuestros resultados; ya que en la presente investigación el EAcJC a las tres diferentes concentraciones aumento la duración de la fase larval entre 0.1 y 5 d respecto al control. Debe de considerarse que el disolvente usado fue diferente entre ambas investigaciones.

En la presente investigación se observó una inhibición del desarrollo al aumentar la duración larval cuando se aplicó el extracto de *J. curcas* a 1000 ppm. Brito *et al.*, (2019) evaluaron los extractos en hexano, acetato de etilo, acetona y metanol de *T. americana* a 10, 100, 300 y 1000 ppm contra *C. decolora* y reportaron que los extractos de acetato de etilo y acetona a 1 000 ppm disminuyeron el peso promedio de las larvas, prolongaron la duración de la etapa larval dando como resultado pupas y adultos malformados, por lo cual mencionan que existe un efecto antialimentario que reduce el peso y desarrollo larvario. Pacheco (2022) menciona que las deformidades por los metabolitos, puede ser un efecto en la hormona juvenil (HJ) la cual tiene una función reguladora de desarrollo en los insectos. Adeyemi, (2010) menciona que los metabolitos impiden la alimentación a través de una acción directa sobre los órganos del gusto en el insecto, después de la ingestión y la absorción, actuando sobre el sistema nervioso central del insecto.

Cuadro 8. Duración de la fase larval en los diferentes tratamientos.

Tratamiento	Concentración (ppm)	Duración fase larval
JC	1000 ppm	28.85±4.52 ^a
JC	5000 ppm	24.62±6.84 ^{a b}
JC	2500 ppm	23.91±4.96 ^{a b}
Control negativo		23.81±2.99 ^{a b}
BB	2500 ppm	23.81±4.44 ^{a b}

BB+JC	1000 ppm	22.70±0.94 ^{a b}
BB+JC	5000 ppm	20.55±3.28 ^{a b}
BB	1000 ppm	19.46±3.47 ^b
BB+JC	2500 ppm	17.50±3.78 ^b

Datos basados en la media (N=20). Los valores medios (\pm SE) seguidos de la misma letra no son significativamente diferentes (test de Tukey, $p < 0,05$). JC=*Jatropha curcas*, BB=Metabolitos secundarios de *Beauveria bassiana*, BB+JC=Metabolitos secundarios de *Beauveria bassiana* + extracto de *Jatropha curcas*, CN (control negativo).



Figura 25. Larva de *Spodoptera frugiperda* (elaboración propia).

10.2.3 Duración de fase pupal

La duración de la fase pupal se redujo significativamente en los tratamientos de EABb a 2500 ppm (5.07 d) (Figura 26) y EAcJC a 5000 ppm (3.75 d) en comparación con los demás tratamientos, incluido el control negativo que tuvo una duración promedio de 12.06 d (Cuadro 9). Al parecer, la aplicación de los extractos en conjunto de EABb + EAcJC en sus diferentes concentraciones, no presenta actividad insectistática significativa, al no observarse diferencia estadística en la duración de la fase pupal.

Valdez (2016), investigó la actividad insecticida de cinco genotipos de *J. curcas* y el genotipo "Atencingo", obtuvo una duración del desarrollo pupal de 11 d en su tratamiento control, similar al obtenido en la presente investigación (12 d). Al utilizar el EAcJC a 1000 y 2500 ppm, contabilizaron una duración de la fase pupal de 13 y 15 d, cantidad superior a la encontrada en la presente investigación a las mismas concentraciones (7.07 y 7.50 d). Esto es una reducción en el desarrollo pupal de 4.99 y 8.33 respectivamente.

En otro estudio realizado por Ribeiro *et al.*, (2012) se evaluó la actividad biológica de siete extractos metanólicos de hojas frescas y secas de *J. curcas* a 1000 ppm

sobre *S. frugiperda*, en el que se observó una duración de la fase pupal en el control similar a la obtenida (11 d) además de un acortamiento de la fase pupal y larval de 2.80 a 1.06 d en los extractos derivados de hojas frescas de *J. curcas*. Nuevamente, es importante señalar que esa investigación utilizó otro tipo de solvente.

Altaf *et al.*, (2023) evaluaron el efecto endófito de *B. bassiana* y *M. anisopliae* en semillas de *Zea mays* L. contra *S. frugiperda* en condiciones de laboratorio y de campo; se inocularon las semillas de maíz con 1×10^6 esporas de *B. bassiana* y *M. anisopliae*, cuando crecieron a nivel de plántula, se alimentó a las larvas con estas y se observó que la duración de la fase pupal fue a 8.20 d cuando se aplicó *B. bassiana* y 7.43 d cuando se aplicó *M. anisopliae*, resultados similares a los obtenidos (5 a 8 d).

Kamaraj *et al.*, (2018) menciona que la azadiractina, ingrediente activo de las formulaciones a base neem promueve la activación de un sistema de degradación de metabolitos tóxicos, que serían utilizados para el crecimiento corporal del insecto. Cuando se observa un efecto antialimentario, las larvas tienden a perder peso o aumentan su periodo larval o pupal. En el presente estudio al reducirse la fase pupal cuando se aplicó *B. bassiana* a 2500 ppm (5.07 d) y *J. curcas* a 5000 ppm (3.75 d) podría suponerse que indujo a una reacción fagoestimulante. Un efecto similar fue reportado por Dos Santos *et al.*, (2020) quienes evaluaron evaluó el cloruro de sodio (NaCl) sobre la viabilidad de huevos, larvas y pupas, así como sobre el desarrollo de *S. frugiperda* y observaron un mayor consumo de alimentos en el grupo que recibió la dieta que contenía NaCl al 3.12 mg/g, menciona que el sistema gustativo de los insectos actúa en la detección y procesamiento de sustancias químicas por lo cual son capaces seleccionar su alimentación y evitar el contacto con ingredientes tóxicos, por lo que las larvas de *S. frugiperda* pudieron haber detectado la presencia de sal a través de sus órganos gustativos, actuando como un agente fagoestimulante (Rodríguez *et al.*, 2021).

Cuadro 9. Duración de la fase pupal en los diferentes tratamientos.

Tratamiento	Concentración (ppm)	Duración de fase pupal
Control negativo		12.06±2.95 ^a
BB+JC	5000 ppm	11.00±5.00 ^{a b}
BB	1000 ppm	7.53±5.72 ^{a b}
JC	2500 ppm	7.50±4.79 ^{a b}
BB+JC	2500 ppm	7.50±5.25 ^{a b}
BB+JC	1000 ppm	7.10±6.11 ^{a b}

JC	1000 ppm	7.07±4.81 ^{a b}
BB	2500 ppm	5.07±8.85 ^b
JC	5000 ppm	3.75±5.28 ^b

Datos basados en la media (N=20). Los valores medios (\pm SE) seguidos de la misma letra no son significativamente diferentes (test de Tukey, $p < 0,05$). JC=*Jatropha curcas*, BB=Metabolitos secundarios de *Beauveria bassiana*, BB+JC=Metabolitos secundarios de *Beauveria bassiana* + extracto de *Jatropha curcas*, CN (control negativo).

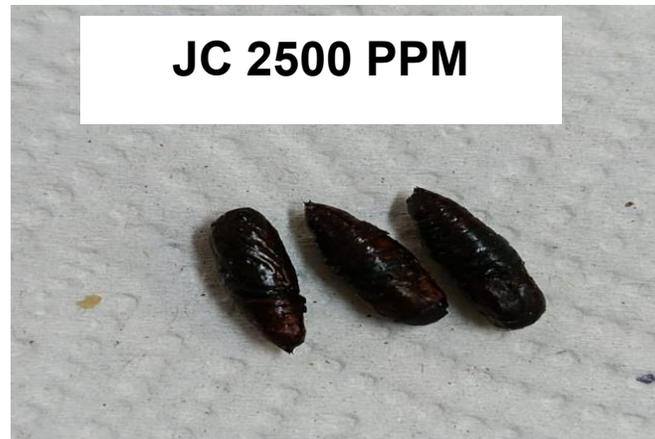


Figura 26. Pupas muertas de *Spodoptera frugiperda* por extracto de *Jatropha curcas* a 2500ppm (elaboración propia).

10.2.4 Porcentaje de emergencia relativa de adultos

El mayor porcentaje de emergencia de adultos se obtuvo en el tratamiento control, el EABb y EAcJC a 1000 ppm (100%). Los tratamientos que redujeron el porcentaje de adultos fueron el tratamiento de EAcJC a 5000 ppm y la combinación de EABb + EAcJ a 2500 ppm (17.60%) (Cuadro 10).

En todos los tratamientos se observó un mayor número de hembras que de machos a excepción del tratamiento control donde prevalecieron los machos un 62% (Cuadro 11 y 12). Además, al utilizar el EABb a 2500 y 1000 ppm se observaron deformidades en los adultos, como: alas dobladas, metamorfosis incompleta e imperfecta de cuerpos pegados a la pupa y antenas dobladas o ausencia de estas (Figura 27). A diferencia de un adulto sano donde se observan sus alas completas, antenas, patas, movilidad y se puede diferenciar el sexo (Figura 28).

Montecalvo y Navasero., (2021), evaluaron el efecto de *B. bassiana* a una concentración de 1×10^5 conidios mL^{-1} sobre *S. frugiperda* y encontraron un porcentaje de emergencia de adultos de 86%; además de observarse un tamaño reducido de las alas y deformidades en los adultos que emergieron de las pupas tratadas. Los autores mencionan que dichos hallazgos sugieren que las pupas no son susceptibles a la infección por hongos, además, la cutícula gruesa y esclerotizada de las pupas sirve como barrera para la infección por hongos, por lo

cual en esta etapa es menor el ataque por hongos entomopatógenos. Sin embargo, la infección por estos causó deformidades en los adultos que pueden afectar su comportamiento de apareamiento, oviposición y reproducción. Estos resultados son similares a los nuestros donde no se observó diferencia significativa respecto al control en la variable mortalidad de pupa, peso pupal y duración de la fase pupal, pero se obtuvo un menor porcentaje de emergencia de adultos al utilizar el EABb además de mostrar deformidades en los adultos (Figura 27). Las deformidades por los metabolitos, puede ser un efecto en la hormona juvenil (HJ) la cual tiene una función reguladora de desarrollo en los insectos (Pacheco, 2022). La HJ tienen efectos potencialmente dañinos sobre el desarrollo, el crecimiento, el metabolismo, la reproducción y sobre los sistemas nervioso, inmunológico y cardiovascular, entre otros (Marí. 2019). La HJ inhibe los cambios de maduración que acompañan al proceso de la metamorfosis, su presencia en insectos inmaduros asegura que cuando una larva mude esta retendrá las características de larva y no se diferenciará en adulto, por lo cual la HJ es un agente que permite el crecimiento, pero impide la maduración (Vladusic, 1995).

Ramos *et al.*, (2020) evaluaron cuatro colonias aisladas de *B. bassiana* y tres *Metarhizium brunneum* contra *Spodoptera littoralis*, encontrando que todos los aislamientos fueron patogénicos y la mortalidad se dio entre un 31.7 % y 83.3% además los adultos que emergieron estaban deformados. Kuzhuppillymyal *et al.*, (2021) evaluaron el efecto del tratamiento de semillas de maíz con esporas de *B. bassiana* contra *S. frugiperda*, encontrando un acortamiento de la fase pupal y un menor número de machos que de hembras.

Valdez (2016), investigó la actividad insecticida de cinco genotipos de *J. curcas* sobre *S. frugiperda*, el genotipo “Atencingo” mostro un porcentaje de adultos formados del 16% al utilizar el EAcJC a 5000, 2500 y 1000 ppm, este resultado es similar al obtenido en la presente investigación cuando se utiliza extracto de *J. curcas* a 5000 ppm y la combinación del EABby EAcJC a 2500 ppm, donde emergieron el 17.60% de adultos. Tchegueni *et al.*, (2023) probaron en bioensayo el efecto insecticida de *J. curcas* sobre *S. frugiperda* encontrando que el aceite a una concentración de 10 mL L⁻¹ ocasionó la emergencia del 25% de adultos, valores menores a los obtenidos en la presente investigación; pero superior al utilizar el extracto de *J. curcas* a 2500 ppm.

Cuadro 10. Emergencia relativa de adultos en los diferentes tratamientos.

Tratamiento	Concentración (ppm)	% Emergencia relativa de adultos
Control negativo		100±3.93 ^a
BB	1000 ppm	100±3.93 ^a
JC	1000 ppm	100±3.93 ^a

JC	2500 ppm	81±3.34 ^b
BB +JC	5000 ppm	66±3.67 ^b
BB +JC	1000 ppm	42±4.12 ^c
BB	2500 ppm	42±3.53 ^c
JC	5000 ppm	17.60±3.84 ^e
BB +JC	2500 ppm	17.60±3.84 ^e

Datos basados en la media (N=20). Los valores medios (\pm SE) seguidos de la misma letra no son significativamente diferentes (test de Tukey, $p < 0,05$). JC=*Jatropha curcas*, BB=Metabolitos secundarios de *Beauveria bassiana*, BB+JC=Metabolitos secundarios de *Beauveria bassiana* + extracto de *Jatropha curcas*, CN (control negativo).

Cuadro 11. Emergencia de hembras en los diferentes tratamientos.

Tratamiento	Concentración (ppm)	Adultos hembras
BB +JC	2500 ppm	100±3.93 ^a
JC	2500 ppm	88±2.54 ^b
BB	1000 ppm	80±2.54 ^c
JC	1000 ppm	70±2.73 ^d
BB +JC	1000 ppm	66±2.73 ^d
BB	2500 ppm	66±2.73 ^d
JC	5000 ppm	66±2.73 ^d
BB +JC	5000 ppm	50±2.73 ^e
Control negativo		37±2.91 ^f

Datos basados en la media (N=20). Los valores medios (\pm SE) seguidos de la misma letra no son significativamente diferentes (test de Tukey, $p < 0,05$). JC=*Jatropha curcas*, BB=Metabolitos secundarios de *Beauveria bassiana*, BB+JC=Metabolitos secundarios de *Beauveria bassiana* + extracto de *Jatropha curcas*, CN (control negativo).

Cuadro 12. Emergencia de machos en los diferentes tratamientos.

Tratamiento	Concentración (ppm)	Adultos machos
Control negativo		62±2.23 ^a

BB +JC	5000 ppm	50±3.67 ^b
BB +JC	1000 ppm	33±3.67 ^c
BB	2500 ppm	33±3.67 ^c
JC	5000 ppm	33±3.67 ^c
JC	1000 ppm	30±3.80 ^c
BB	1000 ppm	20±3.39 ^d
JC	2500 ppm	11±3.16 ^e

Datos basados en la media (N=20). Los valores medios (\pm SE) seguidos de la misma letra no son significativamente diferentes (test de Tukey, $p < 0,05$). JC=*Jatropha curcas*, BB=Metabolitos secundarios de *Beauveria bassiana*, BB+JC=Metabolitos secundarios de *Beauveria bassiana* + extracto de *Jatropha curcas*, CN (control negativo).



Figura 27. Adultos de *Spodoptera frugiperda* con deformidades, alimentadas con extracto de *Beauveria bassiana* a las concentraciones de 2500 y 1000 ppm (elaboración propia).



Figura 28. Adulto macho sano de *Spodoptera frugiperda* (control negativo) (elaboración propia).

XI. CONCLUSIÓN

El EAcJC y EABb presentaron actividad insecticida e insectistática contra *S. frugiperda*, siendo el EABb a 5000 y 2500 ppm los que causaron la mayor mortalidad de larvas y pupas con una concentración letal media de 199.52 ppm.

Ninguno de los tratamientos alteró el peso de las pupas de *S. frugiperda* y se observó un aumento de la duración en la fase larval al aplicar EAcJC a todas sus concentraciones.

No se observó un efecto sinérgico al utilizar la combinación de EABb + EAcJC por lo cual el efecto insecticida e insectistático es mayor al utilizar los extractos por separado.

Se presentó un menor porcentaje de adultos al aplicar el extracto de EABb + EAcJC a 2500 ppm y EAcJC a 5000 ppm, además de presentarse en todos los tratamientos a excepción del control una mayor incidencia de hembras.

El EAcJC y el EABb pueden ser considerado como una alternativa para el control de *S. frugiperda*. Sin embargo, es necesario realizar estudios sobre su interacción y respuesta en campo.

XII. REFERENCIAS

- Abubakar, Y., Tijjani, H., Egbuna, C., Adetunji, C. O., Kala, S., Kryeziu, T. L., Patrick Iwuanyanwu, K. C. (2020). Chapter 3 - Pesticides, History, and Classification. In C. Egbuna y B. Sawicka, *Natural Remedies for Pest, Disease and Weed Control*, 29-42.
- Adeyemi, M. H. (2010). The potential of secondary metabolites in plant material as deterrents against insect pests: A review. *African Journal of Pure and Applied Chemistry*, 4(11), 243-246.
- Agostini Costa, T., Vieira, R. F., Bizzo, H. R., Silveira, D., y Gimenes, M. A. (2012). Secondary metabolites. *Chromatography and its applications*, vol. 1, p. 131-164.
- Agriculturers. (2017). Mercado de los químicos para protección de cultivos (pesticidas). Disponible en: <https://agriculturers.com/mercado-de-los-quimicos-para-proteccion-de-cultivos/>
- Agroasemex, (2019). Las plagas producen pérdidas de hasta un 40 por ciento en la producción agrícola, revela estudio de la FAO. Disponible en: [https://www.gob.mx/agroasemex/articulos/las-plagas-producen-perdidas-de-hasta-un-40-por-ciento-en-la-produccion-agricola-revela-estudio-de-la-fao#:~:text=Hasta%20un%2040%20por%20ciento%20de%20la%20producci%C3%B3n%20agr%C3%ADcola%20mundial,y%20la%20Agricultura%20\(FAO\).](https://www.gob.mx/agroasemex/articulos/las-plagas-producen-perdidas-de-hasta-un-40-por-ciento-en-la-produccion-agricola-revela-estudio-de-la-fao#:~:text=Hasta%20un%2040%20por%20ciento%20de%20la%20producci%C3%B3n%20agr%C3%ADcola%20mundial,y%20la%20Agricultura%20(FAO).)
- Aguilera, M. (2001). Estudios de efectividad biológica con plagas de granos almacenados. Bases para realizar estudios de efectividad biológica de plaguicidas (pp. 43–50). Montecillo, Texcoco, México: Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas.
- Alcalá, S.J. (2008). Caracterización molecular de aislamientos de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*. Evaluación de su Toxicidad sobre gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) Guasave, Sinaloa, México.
- Almaraz-Abarca, N., Ávila-Reyes, J., Delgado-Alvarado, E., Naranjo-Jiménez, N y Herrera-Corral, J. (2006) El metabolismo secundario de las plantas, un nuevo concepto. El repositorio. Instituto Politécnico Nacional.
- Altaf, N., Ullah, M.I., Afzal, M., Arshad, M., Ali, S., Rizwan, M., Al-Shuraym, L.A., Alhelaify, S.S., Sayed, S. (2023) Endophytic Colonization by *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* in Maize Plants Affects the Fitness of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Microorganisms* 2023, 11(4), 1067.
- Álvarez L. (2015). Aplicación de tres insecticidas orgánicos en el cultivo del maíz (*Zea mays*) para el control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*). Tesis de Licenciatura. Universidad Laica. Ecuador.

- Aragón, M, (2017). Evaluación y manejo de *Orius laevigatus*, *Anthocoris nemoralis* (Hemiptera: Anthocoridae), *Nesidiocoris tenuis* y *Macrolophus pygmaeus* (Hemiptera: Miridae) como agentes de control biológico de *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae). Universidad de la Rioja. España.
- Armas Z, S. B. N. (2019). Efecto antibacteriano in vitro del extracto Hidroalcohólico del Bulbode *Allium Sativum* (ajo) sobre Cepas de *Streptococcus Mutans*. Universidad Católica los Ángeles Chimbote, Facultad de Ciencias de la Salud. Perú.
- Auger J. y E. Thibout. (2004). Sustancias azufradas de los *Allium* y de las crucíferas: potencial fitosanitario en: Regnault-Roger, C., B.J.R. Philogene y C. Vincent (eds.). *Biopesticidas de origen vegetal*. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. 337 p.
- Avalos García, A., y Pérez-Urria Carril, E. (2009). Metabolismo secundario de plantas. *Reduca (biología)*, 2(3).
- Barranco Florido, E., Bustamante Camilo, P., Mayorga-Reyes, L., González Cervantes, R., Martínez Cruz, P., y Azaola, A. (2009). B-N acetylglucosaminidase production by *Lecanicillium* (*Verticillium*) *lecanii* ATCC 26854 by solid-state fermentation utilizing shrimp shell. *Interciencia*, 34: 356-360.
- Bautista MN. (2006). Insectos plaga. Una guía ilustrada para su identificación. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México. 113 p.
- Bilgo, E., Lovett, B., St. Leger, R. J., Sanon, A., Dabiré, R. K y Diabaté, A. (2018). Native entomopathogenic *Metarhizium* spp. From Burkina Faso and their virulence against the malaria vector *Anopheles coluzzii* and non-target insects. *Parasites & Vectors*, 11(1), 209.
- Bizzo, H. R., Hovell, A. M. C., y Rezende, C. M. (2009). Óleos essenciais no Brasil: aspectos gerais, desenvolvimento e perspectivas. *Química nova*, 32, 588-594.
- Bizzo, H. R., Silveira, D., y Gimenes, M. A. (2012). Secondary Metabolites. *Chromatography and Its Applications*, 131.
- Bonilla Páez, M. M. (2012). Inoculación y establecimiento endofítico de cepas de los hongos entomopatógenos *beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* y *lecanicillium lecanii* en plantas de fríjol (*Phaseolus vulgaris*). Universidad del Valle. Colombia, (Doctoral dissertation).
- Borges, D., Díaz, A. O., San Juan, A. N., y Gómez, E. (2010). Metabolitos secundarios producidos por hongos entomopatógenos. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, 44(3), 49-55.
- Borror, D. J., Triplehon, C. A. y Johnson, N. F. (1989). An introduction to the study of insects. *Saunders College Publishing*. Sixth edition. USA. 659 p.

- Brito, R. F., Miranda, E. H., y Gómez, V. R. C. (2019). Biological Activity of *Trichilia americana* (Meliaceae) on *Copitarsia decolora* Guenée (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Entomological Science*, 54(2), 19-37.
- Burton, L. R., and W. D. Perkins. (1987). Rearing the corn earworm and fall armyworm for maize resistance studies. Proceedings of the International Symposium on Methodologies for Developing Host Plant Resistance to Maize Insects. CIMMYT. México. 35-37 pp.
- Carbajal, A., Sánchez, M., y Romero, E. (2019). Bioplaguicidas: un sustituto de los plaguicidas químicos. *RD-ICUAP*, 5(13).
- Carriel Loor, A. N., y Reyes Sosa, Y. C. (2020). Análisis bibliográfico del uso de esteres de forbol de semilla *Jatropha curcas* (piñón) para control de plagas del sector agrícola. Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Químicas (Doctoral dissertation).
- Carrillo-Rayas, M. T., Y Blanco-Labra, A. (2009). Potencial y algunos de los mecanismos de acción de los hongos entomopatógenos para el control de insectos plaga. *Acta universitaria*, 19(2), 40-49.
- Celis, Á., Mendoza, C., Pachón, M., Cardona, J., Delgado, W., y Cuca, L. (2008). Extractos vegetales utilizados como biocontroladores con énfasis en la familia Piperaceae. Una revisión. *Agronomía Colombiana*, 26(1), 97-106.
- Cerna-Chávez, E; Lira-Ramos, K, V; Ochoa-Fuentes, Y, M; Delgado-Ortiz, J, C; Cepeda-Siller, M y González-Gaona, E, (2021). Actividad de extractos de plantas y hongos entomopatógenos para el control del picudo de la guayaba (*Conotrachelus dimidiatus* Champion) Coleoptera: Curculionidae. *Biotecnia*, 23(1), 70-76.
- Chen, Y., Luo, J., Zhang, N., Yu, W., Jiang, J., y Dai, G. (2021). Insecticidal activities of *Salvia hispanica* L. essential oil and combinations of their main compounds against the beet armyworm *Spodoptera exigua*. *Industrial Crops and Products*, Vol. 162, p.113271.
- CIATEJ. Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (2018). El cultivo de *Jatropha curcas* L. en el Sureste de México.
- CONABIO. (2020). Hongos. Biodiversidad Mexicana. disponible en: <https://www.biodiversidad.gob.mx/especies/gfamilia/4/index>
- Dávila Guerra, K, G, (2020). Eficacia de la aplicación líquida y sólida del hongo *Beauveria bassiana* para el control del picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) y del picudo rayado (*Metamasius hemipterus*) en condiciones de laboratorio y campo” Autor.Los Ríos. Ecuador. 99 p.
- DGSV (Dirección General de Sanidad Vegetal). (2021). Ficha técnica, Gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae).

- DGSV-CNRF. (2020). Gusano soldado *Spodoptera exigua* (Hübner, 1808) (Lepidoptera: Noctuidae). SADER-SENASICA. Dirección General de Sanidad Vegetal - Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria. Ficha Técnica. Tecámac, México. 20 p.
- Dos Santos Albuquerque, F. M., Freitas, E. C. B. F., do Nascimento, D. V., de Almeida, W. A., Nova, I. C. V., Paiva, P. M. G., y Pontual, E. V. (2022). Sodium chloride reduces the viability of eggs, larvae, and pupae of *Spodoptera frugiperda*, as well as delays its development. *Research, Society and Development*, 11(4).
- Ducrot, P.H. (2004). Contribución de la química al conocimiento de la actividad biopesticida de los productos naturales de origen vegetal. En: Regnault-Roger, C., B.J.R. Philogene y C. Vincent (eds.). *Biopesticidas de origen vegetal*. Ediciones MundiPrensa, Madrid. 337 p.
- Eisa, M. A. S., Hamid, A. H., y Ishag, A. S. A. (2020). *Jatropha* (*Jatropha curcas*) and Argel (*Solenostemma argel*) extracts as an Oviposition inhibitor to Spiny Bollworm [*Earias insulana* (Lepidoptera: Noctuidae)]. *Inter. J. Life Sci. Res*, 8(1), 5-11.
- EPPO. (2021). *Spodoptera exigua* (LAPHEG). EPPO Global Database. En línea: <https://gd.eppo.int/taxon/LAPHEG>. Fecha de consulta: noviembre 2021.
- Flores-Sánchez, M. A., Ramos-López, M. A., González-Chavez, M. M., Zavala-Sánchez, M. A., Campos-Guillen, J., y Soto-Muñoz, (2020). Efecto insecticida e insectistático del aceite esencial de *Hyptis albida* (Kunth, 1817) contra *Spodoptera frugiperda* JE Smith, 1797 (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE). *Entomología mexicana*, Vol. 7: 62-66.
- Flores-Villegas, M. Y., González-Laredo, R. F., Prieto-Ruíz, J. Á., Pompa-García, M., Ordaz-Díaz, L. A., y Domínguez-Calleros, P. A. (2019). Eficiencia del extracto vegetal de *Datura stramonium* L. como insecticida para el control de la mosca sierra. *Madera y bosques*, 25(1).
- Formentini, M., Alves, L., Da Silva, F. y Mamprim, A. (2014). In vitro assay of alternative phytosanitary products and plant extracts on *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok. (Clavicipitaceae). *Revista Brasileira de Agroecología*. 9(1): 195-204.
- García, C y Bautista, AN (2011) Pathogenicity of isolates of entomopathogenic fungi against *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and *Epilachna varivestis* (Coleoptera: Coccinellidae). *Colomb Entomol Rev* 37:217–222
- García, D. E. (2004). Los metabolitos secundarios de las especies vegetales. *Pastos y forrajes*, 27(1).
- González Esquinca, A. R., y Castro Moreno, M. (2008). Papel ecológico de los metabolitos secundarios.

- Guzmán, D., Rodríguez Chalarca, J., y Valencia Cataño, S. J. (2016). Identificación de caracteres diagnósticos del ciclo de vida de *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae).
- Hassaan, M. A., y El Nemr, A. (2020). Pesticides pollution: Classifications, human health impact, extraction, and treatment techniques. *The Egyptian Journal of Aquatic Research*. 46(3), 207-220.
- Hernán, V. (2019). Evaluación in vitro de tres extractos vegetales para el control de *Phytophthora infestans* y *Puccinia pittieriana* en papa (*Solanum tuberosum*). Universidad técnica de Ambato, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Ecuador.
- Hernández-Trejo, A., Estrada Drouaillet, B., Rodríguez-Herrera, R., García Giron, J. M., Patiño-Arellano, S. A., y Osorio-Hernández, E. (2019). Importancia del control biológico de plagas en maíz (*Zea mays* L.). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(4), 803-813.
- Herrera, S. (2013). Alteraciones morfológicas de *spodoptera frugiperda* smith (Lepidoptera: Noctuidae) causadas por ácidos grasos de origen comercial y su efecto en el integumento. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Facultad de Ciencias Biológicas.
- Hruska, A. J. (2019). Fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) management by smallholders. *CABI Reviews*, 1-11.
- Idrees, A., Afzal, A., Qadir, Z. A., y Li, J. (2022). Bioassays of *Beauveria bassiana* isolates against the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*. *Journal of Fungi*, 8(7), 717.
- IMA, (2016). Search on: Mycobank. Disponible en: www.mycobank.org
- Intagri. (2021). *Beauveria bassiana* en el Control Biológico de Patógenos. En línea: <https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/beauveria-bassiana-en-el-control-biologico-de-patogenos>.
- Jiménez, G. S., Ducoing, H. P., y Sosa, M. R. (2003). La participación de los metabolitos secundarios en la defensa de las plantas. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 21(3), 355-363.
- Jiménez, J. (2015). Los extractos vegetales: una industria creciente basada en la innovación. *Revista de Protección Vegetal*, 30, 35-35.
- Kamaraj C, Gandhi PR, Elango G, Karthi S, Chung IM, Rajakumar G. (2018). Novel and 492 environmental friendly approach; Impact of Neem (*Azadirachta indica*) gum nano 493 formulation (NGNF) on *Helicoverpa armigera* (Hub.) and *Spodoptera litura* 494 (Fab.). *International Journal of Biological Macromolecules* 107: 59-69

- Kumar, J., Ramlal, A., Mallick, D., y Mishr Arrellano- Aguilar a, V. (2021). An Overview of Some Biopesticides and Their Importance in Plant Protection for Commercial Acceptance. *Plants*, 10(6), 1185.
- Kuzhuppillymyal-Prabhakarankutty, L., Ferrara-Rivero, F. H., Tamez-Guerra, P., Gomez-Flores, R., Rodríguez-Padilla, M. C., y Ek-Ramos, M. J. (2021). Effect of *Beauveria bassiana*-seed treatment on *Zea mays* L. response against *Spodoptera frugiperda*. *Applied sciences*, 11(7), 2887.
- Lagrouh, F., Dakka, N., y Bakri, Y. (2017). The antifungal activity of Moroccan plants and the mechanism of action of secondary metabolites from plants. *Journal de mycologie medicale*, 27(3), 303-311.
- Liu, X., Cao, A., Yan, D., Ouyang, C., Wang, Q., y Li, Y. (2021). Overview of mechanisms and uses of biopesticides. *International Journal of Pest Management*, 67(1), 65-72.
- López, J. J., Chirinos, D. T., Ponce, W. H., Ramon, F., y Alarcón, J. P. (2022). Actividad insecticida de formulados botánicos sobre el gusano cogollero, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Revista Colombiana de Entomología*, 48(1).
- Magallanes Vallejo, Aurora Guadalupe, López Oyama, Ana Bertha y Rodríguez González, Eugenio. (2023). Aceites esenciales al rescate en las prácticas agrícolas. *Revista Digital Universitaria (RDU)*, 24(4).
- Manda, R. R., Addanki, V. A., y Srivastava, S. (2020). Microbial bio-pesticides and botanicals as an alternative to synthetic pesticides in the sustainable agricultural production. *Plant cell biotechnology and molecular biology*, 31-48.
- Marí, J. M. (2019). Biocidas y disrupción endocrina, más allá de la identificación y evaluación de las materias activas. *Revista de Salud Ambiental*, 19, 20-21.
- Marín-Cruz, V. (2018). Producción de enzimas y metabolitos de *Beauveria bassiana* (Ascomycota: Hypocreales) y su evaluación como agentes de control de *Bradysia impatiens* (Diptera: Sciaridae). Tesis Doctoral. Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Xochimilco.
- Marín-Cruz, V; Rodríguez-Navarro, S; Barranco-Florido, J y Cibrián-Tovar, D. (2017). Actividad insecticida e insectistática de *Beauveria bassiana* en *Bradysia impatiens* (Diptera: Sciaridae). *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 23(3): 1-12.
- Markets and Markets. (2018). Biopesticides Market by Type (Bioinsecticides, Biofungicides, Bionematicides, and Bioherbicides), Source (Microbials, Biochemicals, and Beneficial Insects), Mode of Application, Formulation, Crop Application, and Region - Global Forecast to 2025. Disponible en: <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/biopesticides-267.html>

- Martínez-Herrera, J., Siddhuraju, P., Francis, G., Davila-Ortiz, G., y Becker, K. (2006). Chemical composition, toxic/antimetabolic constituents, and effects of different treatments on their levels, in four provenances of *Jatropha curcas* L. from Mexico. *Food chemist*, 96(1), 80-89.
- Méndez, L., Rojas, J., Contreras-Moreno, B., Velasco, J., Rosezweig Levy, P., y Celis, M. T. (2018). Actividades biológicas analizadas en los extractos de *Jatropha curcas* Linn. Universidad de los Andes. Venezuela. 39(2) ,153-160
- Mertz, N., Alves, L., Marcomini, A., de Oliveira, D. y dos Santos, J. (2010). Efeito de produtos fitossanitários naturais sobre *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. in vitro. *BioAssa*. 5(3): 1-10.
- Mesa, V.A.M.,Marín, P. A., Ocampo, O., Calle, J. y Monsalve, Z. (2019). Fungicidas a partir de extractos vegetales: una alternativa en el manejo integrado de hongos fitopatógenos. Ediciones INTA, Argentina.
- Miranda, A. V. C., Espejo, Y. D. C. B., Salas, J. L. T. F., Gonzales, H. H. S., Aguilera, J. G., y Martínez, L. A. (2021). Bioplaguicidas: Mecanismos de acción biocida en insectos plaga. *Research, Society and Development*, 10(7).
- Montecalvo, M. P., y Navasero, M. M. (2021). Comparative virulence of *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. and *Metarhizium anisopliae* (Metchnikoff) Sorokin to *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). *J Int Soc Southeast Asian Agric Sci*, 27(1), 15-26.
- Montero-Contreras, O., Morales Valles, P. A., Pino-Pérez, O., Cermeli-Lollini, M., González-González, E., y Rosales Amado, L. C. (2017). Actividad insecticida de seis extractos vegetales sobre *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae). *Revista de Protección Vegetal*, 32(3), 00-00.
- MRI (Manejo de resistencia de insectos), (2019). Cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el cultivo de maíz Bases para su manejo y control en sistemas de producción Autores: Programa Manejo de Resistencia de Insectos. Argentina.
- Nicolás, H. C. (2011). Ventajas y desventajas de los insecticidas químicos y naturales. Universidad veracruzana. Facultad deficiencias químicas, 74.
- Nidhi, S y Trivedi, P.C. (2002). Screening of leaf extracts of some plants for their nematicidal and fungicidal properties against *Meloidogyne incognita* and *Fusarium oxysporum*. *Asian J. Exp. Sci*. 16: 21–28.
- Ortiz-Urquiza, A., y Keyhani, N. O. (2016). Chapter six. Molecular genetics of *Beauveria bassiana* infection of insects, Ed: Brian Lovett, Raymond J. St. Leguer. *Advances in Genetics, Academic Press*, 94, 165-249.

- Pabón Méndez, L., Rojas, J., Contreras-Moreno, B., Velasco, J., Levy, P. R., y Celis, T. (2018). Actividades biológicas analizadas en los extractos de *Jatropha curcas* Linn. *Ciencia e Ingeniería*, 39(2), 153-160.
- Pabón, L. C., y Hernández-Rodríguez, P. (2012). Importancia química de *Jatropha curcas* y sus aplicaciones biológicas, farmacológicas e industriales. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 17(2), 194-209.
- Pacheco, C. (2022). Caracterización genética y análisis filogenético del receptor de Alatotropina acoplado a proteínas G, y otras proteínas involucradas en la cascada de señalización de *Hydra* sp. In Encuentro de Becarías de Posgrado de la UNLP.
- Palacio, E. (2021). Autodiseminación de hongos entomopatógenos endémicos de Aguascalientes para el control de *Bactericera cockerelli* en jitomate (*Solanum lycopersicum* L.). Tesis de maestría en Ciencias Agronómicas. Universidad Autónoma de Aguascalientes.
- Pérez-Gutiérrez, S., Sánchez-Mendoza, E. Martínez-González, D. Zavala-Sánchez, M.A. y Pérez-González, C. (2012). Kramecyne a new anti-inflammatory compound isolated from *Krameria cytisoides*. *Molecules*. 17(2): 2049-2057.
- Pinnamaneni, R. y Potineni, K. 2010. Mechanisms involved in the entomopathogenesis of *Beauveria bassiana*, *Asian Journal of Environmental Science*, 5: 65-74
- Pioneer. (2017). Manejo de gusano cogollero en cultivos de maíz [Consultado el 22 agosto de 2022]. Disponible en: https://www.pioneer.com/cmroot/international/argentina_intl/agronomia/manejo_de_gusano_cogollero_en_maiz.pdf
- Portela-Dussán, D. D., Chaparro-Giraldo, A., Y López-Pazos, S. A. (2013). La biotecnología de *Bacillus thuringiensis* en la agricultura. *Nova*, 11(20), 87-96.
- Pucheta Díaz, M., Flores Macías, A., Rodríguez Navarro, S., y De La Torre, M. (2006). Mecanismo de acción de los hongos entomopatógenos. *Interciencia*, 31(12), 856-860.
- Quintana, L. M., (2017). Actividad insecticida e insectistática de *Senna crotalarioides* (Fabaceae) SOBRE *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). Tesis de Maestría en Ciencia y tecnología Ambiental. Universidad Autónoma de Querétaro.
- Ramírez-Zamora, J., Salinas-Sánchez, D. O., Figueroa-Brito, R., Ramos-López, M. Á., Castañeda-Espinoza, J. D., y Flores-Macías, A. (2020). Botanical extracts from *Dodonaea viscosa* (Sapindales: Sapindaceae) reduce hemocyte counts from *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) with potential insecticidal synergism with *Isaria fumosorosea* (Hypocreales: Cordycipitaceae). *Biocontrol Science and Technology*, 30(12), 1365-1376.

- Ramos, Y., Taibo, A. D., Jiménez, J. A., y Portal, O. (2020). Endophytic establishment of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* in maize plants and its effect against *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) larvae. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 30(1), 1-6.
- Ramos-López, M. A., Pérez, S., Rodríguez-Hernández, G. C., Guevara-Fefer, P., y Zavala-Sanchez, M. A. (2010). Activity of *Ricinus communis* (Euphorbiaceae) against *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *African Journal of Biotechnology*, 9(9).
- Rattan, R. S. (2010). Mechanism of action of insecticidal secondary metabolites of plant origin. *Crop protection*, 29(9), 913-920.
- Reyes-Silva, J. A., Salazar-Campos, A., y Ríos-Cortes, H. H. (2020). Metabolitos secundarios de las plantas (angiospermas) y algunos usos interesantes. *UNO Sapiens Boletín Científico de la Escuela Preparatoria No. 1*, 2(4), 16-18
- Ribeiro, S. S., Silva, T. B. D., Moraes, V. R. D. S., Nogueira, P. C. D. L., Costa, E. V., Bernardo, A. R., y Silva-Mann, R. (2012). Chemical constituents of methanolic extracts of *Jatropha curcas* L and effects on *spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). *Química Nova*, 35, 2218-2221.
- Rioba, N. B., y Stevenson, P. C. (2020). Opportunities and scope for botanical extracts and products for the management of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) for smallholders in Africa. *Plants*, 9(2), 207.
- Rodríguez, H. S., Haddi, K., Campos, M. O., Ferreira-Filho, N. A., Guedes, R. N. C., Newland, P. L. y Oliveira, E. E. (2021). Synergism and unintended effects of the association between imidacloprid and sodium chloride (NaCl) on the management of *Euschistus heros*. *Pest Management Science*, 77, 417–424.
- Rosas-García, N. M., Mireles-Martínez, M., Y Villegas-Mendoza, J. M. (2020). Detección de bassianolida y beauvericina en cepas de *Beauveria bassiana* y su participación en la actividad patogénica hacia *Spodoptera sp.* *Biotecnia*, 22(3), 93-99.
- Sánchez Jara, J., Valle Delgado, J., Pérez Tesén, E., Neira de Perales, M., Y Calderón Arias, C. (2019). Control biológico de *Spodoptera frugiperda* en cultivo de *Zea mays*: Uso de nematodos entomopatógenos. *Scientia Agropecuaria*, 10(4), 551-557.
- Santos-Alves, D., Andrade-Carvalho, G., Ferreira-Oliveira, D., y Duarte-Corrêa, A. (2018). Screening of Brazilian plant extracts as candidates for the control of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Revista Colombiana de Entomología*, 44(1), 32-38.
- SAS Institute, Inc. (2022). JMP 10. Basic analysis and graphing, Vol. 1.

- Secretaría de Agricultura y Ganadería, Dirección de ciencia y tecnología agropecuaria y cooperación Técnica Alemana. (1998). Manejo Integrado del gusano cogollero. SAG, DICTA, GTZ. Tegucigalpa, Honduras. 1-14 pp.
- SENASICA. (1999). Uso de *Beauveria bassiana* como insecticida microbial. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/172882/Ficha_CB_03_Beauveria_bassiana.pdf
- Sepúlveda Jiménez, Gabriela, y Porta Ducoing, Helena, y Rocha Sosa, Mario (2003). La Participación de los Metabolitos Secundarios en la Defensa de las Plantas. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 21(3),355-363.
- Silva, G., Lagunes, A. y Rodríguez-Sánchez, J. (2003). Control de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) con polvos vegetales solos y en mezcla con carbonato de calcio en maíz almacenado. *Ciencia e Investigación Agraria*. 30(3): 153-160.
- Silva, G., Lagunes, A., Rodríguez, J. C., y Rodríguez, D. (2002). Insecticidas vegetales: una vieja y nueva alternativa para el manejo de plagas. *Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza* (Costa Rica) No. 66 p. 4 - 12.
- Solera, K. (2017). Desarrollo de una metodología para la evaluación de la patogenicidad y selección in vitro de hongos entomopatógenos y sus metabolitos para el manejo de *Pseudococcus elisae* (Hemiptera: pseudococcidae) en banano (Musa AAA). Costa Rica: Universidad Nacional.
- Suquillo, J., Sevillano, C., Asaquibay, C., Narvaez, G., y Tinoco, K. (2021). Biopreparados para la agricultura familiar campesina. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Centro KOPIA, Ecuador. 34 p.
- Tamez Guerra, P., Galán Wong, L. J., Medrano Roldán, H., García Gutiérrez, C., Rodríguez Padilla, C., Gómez Flores, R. A., y Tamez Guerra, R. S. (2001). Bioinsecticidas: su empleo, producción y comercialización en México. *Ciencia UANL*, 4(2), 143-152.
- Tanada, Y., H.K. Kaya, (1993). *Insect pathology* (Vol. 2). Academic Press. San Diego, California (USA).
- Tchegueni, M., Agboka, K., Tchabi, A., Kolani, L., Tchao, M., y Tounou, A. K. (2023). Insecticidal effect of *Jatropha curcas* L. Oil on *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). *Asian Journal of Agricultural and Horticultural Research*, 10(3), 9-18.
- Téllez-Jurado, A., Cruz Ramírez, M. G., Mercado Flores, Y., Asaff Torres, A., y Arana-Cuenca, A. (2009). Mecanismos de acción y respuesta en la relación de hongos entomopatógenos e insectos. *Revista mexicana de micología*, 30, 73-80.

- Thakur, N., Kaur, S., Tomar, P., Thakur, S., yYadav, A. N. (2020). Microbial biopesticides: current status and advancement for sustainable agriculture and environment. In *New and Future Developments in Microbial Biotechnology and Bioengineering*. Elsevier, (pp. 243-282).
- Tlak Gajger, I., y Dar, S. A. (2021). Plant allelochemicals as sources of insecticides. *Insects*, 12(3), 189.
- Townsend, M., Waring, P. y Lewington, R. (2007). Concise guide to the moths of Great Britain and Ireland. British Wildlife Publishing, Gillingham (Dorset). 160 págs.
- Ukoroije, R. B., y Otayor, R. A. (2020). Review on the Bio-insecticidal Properties of Some Plant Secondary Metabolites: Types, Formulations, Modes of Action, Advantages and Limitations. *Asian Journal of Research in Zoology*, 27-60.
- Valdez Ramírez, A. (2016). Actividad Insecticida e insectistática del extracto de semillas de *Jatropha crucas* L. sobre *Spodoptera frugiperda* SMITH (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE). Tesis de Maestría en Ciencias Agropecuarias. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco.
- Vargas-Chacón, C. (2020). Capacidad parasítica de *Beauveria bassiana* sobre el picudo del palmito (*Metamasius hemipterus*). (Coleoptera: Dryophthoridae). *Alcances Tecnológicos*, 13(1), 13 - 19.
- Vázquez Jorge, M. D. L. Á., Aragón García, A., Bibbins Martínez, M. D., Castillo Hernández, D., Nava Galicia, S. B., y Pérez Torres, B. C. (2016). Control de *Sphenarium purpurascens* con *Beauveria bassiana* y extractos vegetales en amaranto (*Amaranthus hypocondriacus* L.). *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 7(2), 235-247
- Vladusic, E, A. (1995). Acción de la hormona juvenil sobre la regulación de la esteroidogénesis en células de Leydig. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.
- Wafaa M. Hikal, Rowida S. Baeshen y Hussein A.H. Said-Al Ahl | Karol Ujházy (Reviewing Editor) (2017) Botanical insecticide as simple extractives for pest control, *Cogent Biology*, 3:1.
- Xiaoman Liu, Aocheng Cao, Dongdong Yan, Canbin Ouyang, Qiuxia Wang y Yuan Li (2021) Overview of mechanisms and uses of biopesticides, *International Journal of Pest Management*, 67:1, 65-72.
- Xin-Xin, L., Yi-Xi, Feng., Yue-Shen, Du., Yu, Z., Almaz, B. (2021). Insecticidal and repellent activity of *Thymus quinquecostatus* Celak. Essential oil and major compositions against three stored-product insects. *Chemistry & Biodiversity*. 18(11), e2100374.
- Yasem de Romero, M. G., Romero, E. R., Sosa Gómez, D., Y Willink, E. (2009). Evaluación de aislamientos de baculovirus para el control de *Spodoptera*

frugiperda (Smith, 1797) (LEP.: NOCTUIDAE), plaga clave del maíz en el noroeste argentino. *Revista industrial y agrícola de Tucumán*, 86(2), 7-15.

Zheng, X.L., Cong, X.P., Wang, X.P. y Lei, C.L. (2011). Pupation behaviour, depth, and site of *Spodoptera exigua*. *Bulletin of Insectology*, 64(2): 209–214.– 2011b. A review of geographic distribution, overwintering and migration in *Spodoptera exigua* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of the Entomological Research Society*, 13(3): 39–48.

Zimmermann, G. 2007. Review on safety of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Beauveria brongniartii*. *Biocontrol Science and Technology*, 17:553-596.

XIII. ANEXOS
CURSOS

Curso XXXII Internacional de Control Biológico-Sociedad Mexicana de Control Biológico, 2021.



Curso Huertos Urbanos: Manejo integral de Plagas, 2022.



Curso Aplicaciones de Excel para el diseño de recomendaciones técnicas en nutrición vegetal, 2022.



Curso métodos de recolecta, preservación e identificación de agentes de control biológico (hongos entomopatógenos, nematodos, bacterias e insectos) 2022.



Curso de herbicidas, 2022 por la universidad Nacional Autónoma de México.



CONGRESOS

Asistente en el 3er Congreso Biotechnology World Symposium y 4to Congreso Estudiantil de Ingeniería Biotecnológica SEIBT, 2022.



PONENCIAS

Participación en el 3er Congreso Biotechnology World Symposium y 4to Congreso Estudiantil de Ingeniería Biotecnológica SEIBT, 2022 con el tema “Insecticidal activity of jatropha (*Jatropha curcas*) and *Beauveria bassiana* extracts on the fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) (Lepidoptera: Noctuidae)”



“Bioplaguicidas como método de control de plagas” impartido en el módulo de Interacciones Bióticas de los Sistemas Agrícolas de la carrera de Agronomía en la Universidad Autónoma Metropolitana, 2023.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
UNIDAD XOCHIMILCO
División de Ciencias Biológicas y de la Salud

Otorgan la presente

CONSTANCIA

a

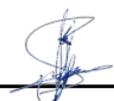
Ing. Norma Daniela García Calderón

POR HABER IMPARTIDO LA PONENCIA

“Bioplaguicidas como método de control de plagas”

15 de febrero de 2023.


Dr. Iván Pavel Moreno Espíndola
Coordinador de Licenciatura de Agronomía


Dr. Salvador Hernandez Moreno
Docente del Modulo Interacciones Bióticas

Participación con cartel en el 1er Congreso de Investigación Estudiantil en el Departamento de Producción agrícola y Animal, 2023. Con el tema "ACTIVIDAD INSECTICIDA E INSECTISTÁTICA DE EXTRACTOS DE JATROPA (*Jatropha curcas*) Y DE EXTRACTOS DE *Bauveria bassiana* SOBRE EL GUSANO COGOLLERO (*Spodoptera frugiperda*) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
Casa abierta al tiempo
Unidad Xochimilco

La División de Ciencias Biológicas y de la Salud

otorga la presente

CONSTANCIA

a: Norma Daniela García Calderón, Antonio Flores Macías,
Miguel Ángel Ramos López y Juan Esteban Barranco Florido

Por presentar el trabajo:

Actividad insecticida e insectistática de extractos de *Jatropha curcas* y de extractos de *Bauveria bassiana* sobre el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) (Lepidoptera: Noctuidae)

En el marco del:

**1er Congreso de Investigación Estudiantil del
Departamento de Producción Agrícola y Animal**

Realizado del 4 al 6 de julio de 2023, en modalidad presencial
en las instalaciones del Predio de Investigación "Las Ánimas" Tulyehualco.
Con duración total de 72 horas.

Casa abierta al tiempo
Ciudad de México, a 07 de julio de 2023.


M. Sc. Nora Rojas Serranía
Jefa del Departamento de Producción
Agrícola y Animal.


Ing. Irving Hernández González
Responsable del Predio
"Las Ánimas" Tulyehualco.


Dr. Luis Alfredo Ayala Pérez
Director de la División de Ciencias
Biológicas y de la Salud



DPAA
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN
AGRÍCOLA Y ANIMAL

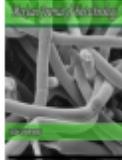
1er CONGRESO DE INVESTIGACIÓN ESTUDIANTIL
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA Y ANIMAL

50 años
Unidad Xochimilco

Proyecto de Vinculación
Las Ánimas

PUBLICACIONES

Publicación de resumen publicado en revista Mexican Journal of Biotechnology “Insecticidal activity of jatropa (*Jatropha curcas*) and *Beauveria bassiana* extracts on the fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) (Lepidoptera: Noctuidae)” 2022



Mexican Journal of Biotechnology 2022, 7(4): 219

Journal homepage: www.mexjbiotechnol.com

ISSN:2448-6590

Insecticidal activity of jatropa extracts (*Jatropha curcas*) and *Beauveria bassiana* extracts on the fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) (Lepidóptera: Noctuidae)

Actividad insecticida de extractos de jatropa (*Jatropha curcas*) y de extractos de *Beauveria bassiana* sobre el gusano cogollero del maíz (*Spodoptera frugiperda*) (Lepidóptera: Noctuidae)

Norma Daniela García-Calderón^{1*}, Antonio Flores-Macias¹, Miguel Angel Ramos-López², Juan Esteban Barranco-Flrido¹

¹Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, México

²Universidad Autónoma de Querétaro, México

*Corresponding author

*Email: danyelagarcia7@gmail.com

Abstract history

Received: / 27 August 2022/ Received in revised form: / 30 August 2022/

Accepted: / 31 August 2022/ Published online: / 11 November 2022/

ABSTRACT

Corn is the most consumed grain all over the world and his main plague is the Fall Armyworm, which could get to cause the complete loss of the crop. The most used control method is the application of synthetic chemical insecticides and the alternative for the use of these ones is the application of vegetable extracts and entomopathogenic fungus. The objective was to evaluate the insecticidal effect of acetonic extract of *Jatropha curcas* seeds and the aqueous extract of *Beauveria bassiana*, as well it's interaction of it's three concentrations, 5000, 2500,1000 ppm and the combination of 2500+2500, 1250+1250, 500+500 ppm, and the positive control PHC-NEEEM®. The extract of *J.curcas* showed mortality from 100% to 5000 ppm, while the extract of the *B.Bassiana* reached the 95% at the same concentration; by the way the positive control registered the 80%. The mix between both extractions showed inferior activities registering mortalities of 45% to the concentration of 2500+2500 ppm, while the concentration of 500+500 ppm, showed a mortality of 60%. With the previous it's shown that the acetonic extract of *J.curcas* and the aqueous of the *B.Bassiana* have the insecticide effect against *S.frugiperda*, but when they are mixed it's insecticide activity reduces.

RESUMEN

El maíz es el grano más consumido a nivel mundial y su principal plaga es *Spodoptera frugiperda*, la cual puede llegar a ocasionar la pérdida total del cultivo, el método de control más utilizado es la aplicación de insecticidas químicos sintéticos y una alternativa al uso de estos es la aplicación de extractos vegetales y hongos entomopatógenos. El objetivo fue evaluar el efecto insecticida de extracto acetónico de las semillas de *Jatropha curcas* y del extracto acuoso de *Beauveria bassiana*, así como su interacción a tres concentraciones, 5000, 2500, 1000 ppm y la combinación de 2500+2500, 1250+1250, 500+500 ppm, y el control positivo PHC-NEEEM®. El extracto de *J. curcas* mostró mortalidad de 100% a 5000 ppm, mientras que el extracto de *B. bassiana* alcanzo el 95% a la misma concentración; por otro

Publicación de artículo de divulgación en la revista HYPATIA “Insecticidas botánicos para el combate de plagas agrícolas” 2023.