

UNIDAD XOCHIMILCO

MAESTRÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

Actividad insecticida e insectistática del extracto de  
semillas de *Jatropha curcas* L. sobre *Spodoptera*  
*frugiperda* SMITH (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)

TESIS

(Idónea Comunicación de Resultados)

Que para obtener el grado de

**Maestro en Ciencias Agropecuarias**

Presenta

**Ingeniero Agrónomo**

**Armando Valdez Ramírez**

Comité Tutorial

Director de tesis:  
Dr. Antonio Flores Macías

Codirector de tesis:  
Dr. Rodolfo Figueroa Brito

Asesor:  
Dr. David Osvaldo Salinas Sánchez

Ciudad de México, 06 de Octubre del 2016

La Maestría en Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco (UAM-X), pertenece al padrón de Posgrados de Excelencia del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).

El presente trabajo de investigación se realizó en:

El laboratorio de Entomología del Departamento Interacción Planta-Insecto del Centro de Desarrollo de Productos Bióticos del Instituto Politécnico Nacional.

El autor fue Becario del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), con número de registro 570644.

La presente tesis fue financiada por el proyecto que otorga el IPN con clave: SIP20161152, bajo el nombre: Efecto de microorganismos e insecticidas botánicos sobre insectos plaga.

El jurado designado por la comisión Académica de la Maestría en Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco para aprobación de la tesis titulada: "**Actividad insecticida e insectistática de semillas de *Jatropha curcas* L. sobre *Spodoptera frugiperda* SMITH (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)**" que presento:

**Ing. Armando Valdez Ramírez**

El día 06 de octubre del año 2016

**JURADO DE EXAMEN**

A handwritten signature in black ink, consisting of several overlapping loops and lines, positioned above the word 'Presidente'.

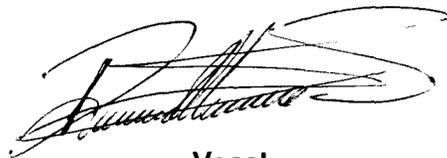
**Presidente**

**DR. Miguel Angel Ramos López**

A handwritten signature in black ink, enclosed within a circular scribble, positioned above the word 'Secretario'.

**Secretario**

**DR. David Osvaldo Salinas Sánchez**

A large, stylized handwritten signature in black ink, positioned above the word 'Vocal'.

**Vocal**

**MC. Roberto Alejandro Terrón Sierra**

## Resumen

La creciente preocupación por la resistencia del insecto plaga *Spodoptera frugiperda* a insecticidas sintéticos por su aplicación discriminada en la agricultura y los riesgos para la salud y el ambiente, ha promovido el esfuerzo de investigadores por encontrar alternativas viables, efectivas y más seguras. En este sentido, desde hace varios años se realizan investigaciones sobre la actividad insecticida de semioquímicos como son los metabolitos secundarios vegetales.

En el marco científico y socioeconómico adquiere toda importancia el estudio de los compuestos activos capaces de abrir nuevas posibilidades para la elaboración de insecticidas botánicos como métodos de lucha contra los organismos perjudiciales.

En este estudio se evaluó bajo condiciones de laboratorio, la actividad insecticida e insectistática de los extractos hexánico, acetónico, metanólico y acuoso de semillas de *Jatropha curcas* de cinco genotipos distintos denominados UTIM 1, UTIM 2, AHUHUETZINGO, ATENCINGO (Mixteca, poblana) y otro genotipo variedad VANGEL1461 (Yautepec, Morelos) sobre *S. frugiperda*.

El extracto hexánico del genotipo ATENCINGO a 5000 ppm, presentó la mayor actividad insectistática al reducir el peso de la larva a los siete y 14 días, así como presentar una alta actividad insecticida, al reducir la viabilidad larval y pupal en un 100%. Por otra parte el extracto acetónico a 5000 ppm del mismo genotipo presentó alta actividad insecticida al reducir la viabilidad larval y pupal en un 100% de *S. frugiperda*. De los extractos hexánico y acetónico del genotipo ATENCINGO se identificaron como compuestos mayoritarios los ácidos oleico (40.26 y 47.62%), linoleico (27.32 y 32.83%).

El ácido oleico a 600 ppm redujo el peso larval a los siete y 14 días, presentando también actividad insecticida al reducir la viabilidad larval. Mientras que el ácido linoleico a 400 ppm redujo el peso de larvas a los siete, 14 días y en pupas, presentando mayor actividad insecticida al reducir el porcentaje de viabilidad larval y pupal.

## Abstract

The growing concerns for the *Spodoptera frugiperda* pest insect resistance to synthetic insecticides it's discriminate application in agriculture and risks to health and the environment; it has promoted research effort to find viable, effective and safer alternatives. In this regard, several years researchs on the insecticidal activity of semiochemicals are performed as are plant secondary metabolites.

In the scientific and socio-economic framework it acquires all important study of active compounds capable of opening up new possibilities for the development of botanical insecticides as methods of combating harmful organisms.

In this study was evaluated under laboratory conditions, the activity insecticide and insectistático of hexane extracts activity, acetone, metanol and *Jatropha curcas* five different genotypes called UTIM 1, UTIM 2, AHUEHUETZINGO, ATENCINGO (Mixteca poblana) and other VANGEL 1461 variety genotype (Yautepec, Morelos) on *S. frugiperda*.

The hexane extract genotype ATENCINGO to 5000 ppm, showed the highest insectistático activity by reducing the weight of the larva at seven and 14 days, and has a high insecticidal activity by reducing the larval and pupal viability 100%. Moreover the acetone extract to 5000 ppm of the same genotype present high insecticidal to reduce 100% viability activity larval and pupal *S. frugiperda*. Of hexane and acetone extracts ATENCINGO genotype was identified as oleic acid (40.26 and 47.62%) and linoleic acid (27.32 and 32.83%) maior compounds. Oleic acid 600 ppm reduced the larval weight at seven and 14 days, also presenting insecticidal activity by reducing the larval viability. While linoleic acid 400 ppm reduced the weight of the seven larvae, pupae 14 days and presenting more insecticide to reduce the percentage of larval and pupal viability activity.

## DEDICATORIAS

A mis queridos padres

Leova y Margarito

Para mi hermano, hermana y sobrina

Margarita

Alberto

## AGRADECIMIENTOS

A los doctores Rodolfo Figueroa Brito y Antonio Flores Macías, miembros de mi comité tutorial por su apoyo académico para la realización de este trabajo de investigación.

A la maestra en ciencias Mirna Gutiérrez Ochoa por su apoyo en la orientación del manejo y cuidado de cría de larvas de *Spodoptera frugiperda*.

Al Biólogo Santos Margarito Herrera Cadena, por su apoyo para aprender el método de realización y aplicación de la dieta con los diferentes tratamientos, así como su manejo para evitar la contaminación de las larvas.

A la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, por la oportunidad de continuar mi formación académica en el área de investigación agropecuaria.

Al Centro de Desarrollo de Productos Bióticos del Instituto Politécnico Nacional, por haberme abierto las puertas para realizar la parte experimental de este trabajo.

Al CONACYT, por haber proporcionado el financiamiento para la realización de este trabajo.

## ÍNDICE

<b>Tema</b>	<b>Página</b>
I.- Introducción.	14
II.- Importancia social y económica del cultivo de maíz en México.	14
III.- El gusano cogollero del maíz <i>Spodoptera frugiperda</i> .	15
3.1.- Morfología y ciclo reproductivo.	16
3.2.- Daños al cultivo de maíz.	17
3.3.- Resistencia de <i>Spodoptera frugiperda</i> a insecticidas químicos sintéticos.	17
3.4.- Métodos de control de <i>Spodoptera frugiperda</i> .	18
3.4.1.- Control con insecticidas químicos sintéticos.	18
3.4.2.- Control cultural.	18
3.4.3.- Control biológico.	18
3.4.4.- Control con insecticidas botánicos.	18
3.4.5.- Ventajas y desventajas que existen entre los insecticidas químicos sintéticos y los insecticidas botánicos desde varios indicadores analizados.	20
IV.- La planta <i>Jatropha curcas</i> .	21
4.1.- Componentes químicos de <i>Jatropha curcas</i> .	22
4.2.- Toxicidad de <i>Jatropha curcas</i> .	23
4.3.- Acción insecticida de extractos de <i>Jatropha curcas</i> .	24
V.- Caracterización de <i>Jatropha curcas</i> .	25
5.1.- Caracterización climatológica.	25
5.2.- Distribución y hábitat.	25
VI.- Objetivos.	26

VII.- Hipótesis.	26
VIII.- Metodología empleada en la obtención de Extractos hexánicos, acetónicos, metanólicos y acuosos de semillas de <i>Jatropha curcas</i> .	28
8.1.- Realización del experimento.	28
8.2.-Colecta de semillas de <i>Jatropha curcas</i> .	28
8.3. Extractos de semillas de <i>Jatropha curcas</i> .	29
IX.- Método empleado para realización de bioensayos.	30
9.1.- Organismos entomológicos.	30
9.2.- Bioensayos.	30
9.3.- Análisis estadísticos.	32
9.4.- Resultados y discusiones de bioensayos de los cinco genotipos de semillas de <i>Jatropha curcas</i> .	32
X.- Identificación de compuestos químicos mayoritarios de los extractos hexánico y acetónico de semillas de <i>Jatropha curcas</i> del genotipo ATENCINGO a través de cromatografía de gases masas (CG-EM).	45
10.1.- Composición química del extracto hexánico y acetónico de semillas de <i>Jatropha curcas</i> del genotipo ATENCINGO.	46
XI.- Bioensayos de actividad insecticida e insectistática de los ácidos oleico y linoleico contra larvas de <i>Spodoptera frugiperda</i> .	49
XII.- Conclusiones.	55
XIII.- Referencias bibliográficas.	56

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro</b>	<b>Página</b>
1 Variedades sembradas en México.	15
2 Clasificación taxonómica de <i>Spodoptera frugiperda</i> .	16
3 Toxicidad por ingestión e índices nutricionales de <i>Spodoptra frugiperda</i> promedio de diez días	19
4 Ventajas de los insecticidas botánicos y químicos sintéticos.	20
5 Desventajas de los insecticidas botánicos y químicos sintéticos.	21
6 Moléculas fitoquímicas obtenidas de <i>Jatropha curcas</i> .	23
7 Cantidades e ingredientes empleados para preparar ¼ Kg de dieta.	29
8 Variables evaluadas sobre <i>Spodoptera frugiperda</i> tratado con extractos de semillas de cinco genotipos de <i>Jatropha curcas</i> .	30
9 Actividad insecticida e insectistática sobre <i>Spodoptera frugiperda</i> de los diferentes extractos obtenidos de semillas de <i>Jatropha curcas</i> del genotipo denominado UTIM 1.	33
10 Actividad insecticida e insectistática de los diferentes extractos obtenidos de semillas de <i>Jatropha curcas</i> del genotipo denominado UTIM 2.	35
11 Actividad insecticida e insectistática de los diferentes extractos obtenidos de semillas de <i>Jatropha curcas</i> del genotipo denominado AHUEHUETZINGO.	38
12 Actividad insecticida e insectistática de los diferentes extractos obtenidos de semillas de <i>Jatropha curcas</i> del genotipo denominado VANGEL 1461 .	40
13 Actividad insecticida e insectistática de los diferentes extractos obtenidos de semillas de <i>Jatropha curcas</i> del genotipo denominado ATENCINGO.	42
14 Análisis de importancia de los genotipos de acuerdo a los extractos que presentaron mayor actividad insecticida e insectistática.	43

15 Composición química del extracto hexánico de semillas de <i>Jatropha curcas</i> del genotipo ATENCINGO.	46
16 Composición química de extracto acetónico de semillas de <i>Jatropha curcas</i> del genotipo ATENCINGO.	48
17 Actividad insecticida e insectistática del ácido oleico contra <i>Spodoptera frugiperda</i> .	52
18 Actividad insecticida e insectistática del ácido linoleico contra <i>Spodoptera frugiperda</i> .	54

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Página</b>
1 Compuestos aislados de hojas de <i>Jatropha curcas</i> .	19
2 Pulverizado de semillas de <i>Jatropha curcas</i> .	27
3 Filtrado de los diferentes extractos.	28
4 Eliminación de los disolventes.	28
5 Compuestos utilizados para la elaboración de dieta artificial de larvas de <i>Spodoptera frugiperda</i> .	29
6 Llenado de vasitos.	30
7 Colocación de larvas.	30
8 y 9 Inhibición de peso a los 14 días en larvas de <i>Spodoptera frugiperda</i> , respecto al control.	32
10 Cambio de coloración en larvas de <i>Spodoptera frugiperda</i> .	42
11 Inhibición de formación de pupas en <i>Spodoptera frugiperda</i> .	42
12 Cromatografía gases-masas del extracto hexánico de semillas de <i>Jatropha curcas</i> del genotipo ATENCINGO.	46
13 Estructura química de los ácidos palmítico, oleico y linoleico del extracto hexánico de semillas de <i>Jatropha curcas</i> genotipo ATENCINGO.	47

<b>14</b> Cromatografía gases-masas del extracto acetónico de semillas de <i>Jatropha curcas</i> del genotipo ATENCINGO.	48
<b>15</b> Estructura química del ácido esteárico del extracto acetónico de semillas de <i>Jatropha curcas</i> genotipo ATENCINGO.	49
<b>16</b> Deformaciones en pre pupas ocasionadas por el ácido oleico.	52
<b>17</b> Deformación de pupas de ocasionadas por el ácido oleico.	52
<b>18</b> Cambios morfológicos en larvas de <i>Spodoptera frugiperda</i> , provocados por el ácido linoleico.	54
<b>19</b> Deformaciones en alas en adultos de <i>Spodoptera frugiperda</i> , provocados por el ácido linoleico.	54

## I.- Introducción

El gusano cogollero, *Spodoptera frugiperda* Smith (Lepidoptera: Noctuidae) es considerado como la principal plaga del cultivo del maíz donde se han registrado pérdidas desde el 13 al 60%. Los productores agrícolas aplican insecticidas químicos sintéticos para el control de este insecto plaga, pero su uso inadecuado ha provocado la contaminación del suelo, agua, ambiente y también ha incrementado su resistencia a dichos insecticidas (Flores y Figueroa, 2010).

Otras alternativas al uso de los insecticidas sintéticos es la utilización de semioquímicos como los metabolitos secundarios vegetales (Tamez *et al.*, 2001).

Al respecto existen estudios de plantas en forma de extractos, fracciones, compuestos e incluso formulados de insecticidas botánicos que poseen propiedades insecticidas sobre *S. frugiperda* (Alves *et al.*, 2016; dos Santos Silva *et al.*, 2016; Flores-Macias *et al.*, 2016; Giongo *et al.*, 2016; Samia *et al.*, 2016). Por ejemplo de la planta *Jatropha curcas* L. (Euphorbiaceae) el polvo de varias semillas colectadas en Chiapas, Veracruz y Michoacán (Figueroa-Brito, 2012), como los ésteres de forbol obtenidos de las semillas, fueron tóxicos sobre *S. frugiperda* (Devappa *et al.*, 2012). Es necesario evaluar semillas de genotipos de *J. curcas* colectadas en la Mixteca Poblana (consideradas tóxicas por su alto contenido de ésteres de forbol) como extractos sobre *S. frugiperda* para determinar su actividad insecticida.

## II.- Importancia social y económica del cultivo de maíz en México

El maíz *Zea mays* L. (Poaceae) es un cereal de importancia en el mundo, por ser un cultivo tradicional y rentable, de gran importancia en la alimentación humana; actualmente existe una tendencia creciente por la diversificación de su uso (Kato *et al.*, 2009).

Para México es un cultivo importante, por ser un producto básico en la dieta mexicana, se usa como materia prima en la industria alimentaria, y en la producción de alimentos balanceados, para su producción se ocupan más de dos terceras partes de agricultores mexicanos y su consumo per cápita es de 108.82 kg anualmente (González, 2010).

El cultivo de maíz en México se caracteriza por la producción de una amplia gama de variedades (Cuadro 1), constituye un insumo para la ganadería y para la obtención de numerosos productos industriales por lo que es posible generar una gran cantidad de

productos finales: tortillas, forraje para animales, almidones, glucosa, fructosa, aceites, botanas, etanol o como insumo en la producción de biocombustible (Retes, 2010).

**Cuadro 1.** Variedades sembradas en México.

Razas	Zonas y/o Estados productores
Grupo cónico (Cacahuacintle)	Valle de México, Toluca, Puebla, Michoacán y Oaxaca
Grupo Sierra de Chihuahua (Azul)	Chihuahua, Durango, Sonora y Sinaloa.
Grupo ocho hileras (Blando)	Valles Centrales de Oaxaca
Grupo chapalote (Reventador)	Nayarit y Sonora
Grupo tropicales precoces (Ratón)	Oaxaca, Guerrero y Michoacán, Nuevo León y Tamaulipas
Grupo dentado tropicales (Celaya)	Guanajuato
Grupo maduración tardía (Olotillo)	Yucatán

Fuente: CONABIO, 2013

La producción mundial de maíz es de 160 millones de toneladas, siendo Estados Unidos el que aporta el 40%, le sigue China con el 25%, Brasil 8.3% y México 2.53%. En este panorama Estados Unidos es también el principal país que más superficie destina y cuenta con los rendimientos más elevados del mundo 9.6 t ha<sup>-1</sup>, siendo el principal productor de maíz a nivel mundial. Mientras que México destina al cultivo de maíz 7 050 000 hectáreas y tiene un rendimiento promedio de 3 t ha<sup>-1</sup> (SE, 2012).

En México para el ciclo otoño invierno 2013/2014 se establecieron 904,338 ha del cultivo de maíz, de las cuales se obtuvo una producción de 4.2 x 10<sup>6</sup> ton (SIAP, 2013).

La producción de maíz en México se ve afectada por diferentes factores como por el daño provocado por insectos plaga (García *et al.*, 2002), como *Rhopalo siphummaidis*, Fith (Hemiptera: Aphididae), *Mythimna unipuncta* Haworth (Lepidoptera: Noctuidae) *Phyllophaga* spp (Coleoptera: Melonthidae) y *S. frugiperda* (Flores y Figueroa, 2010).

### III.- El gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda*

Una de los principales factores que limitan la productividad de maíz son los insectos plaga. El gusano cogollero *S. frugiperda*, es la principal plaga del maíz en México, tanto

por su amplia distribución como por el daño que causa a la planta en todas sus fases de desarrollo (Murua y Virla, 2004).

Este insecto es un gran problema en zonas tropicales y subtropicales de clima cálido en Sonora, Michoacán, Guerrero, Morelos, Oaxaca, Quintana Roo, Yucatán y Puebla (Arroyo, 2001).

Su clasificación taxonómica (Bugguide, 2014; Cuadro 2) es la siguiente:

**Cuadro 2.** Clasificación taxonómica de *Spodoptera frugiperda*.

Reino	Animalia	
Phyllum	Arthropoda	
Clase	Insecta	
Orden	Lepidoptera	
Familia	Noctuidae	
Género	<i>Spodoptera</i>	
Especie	<i>frugiperda</i>	
<i>Spodoptera frugiperda</i> Smith (1757)		

Gusano cogollero del maíz.

**Fuente:** Herrera, 2013.

### 3.1.- Morfología y ciclo reproductivo

El gusano cogollero es de hábitos nocturnos, la ovoposición se lleva a cabo sobre las hojas o en el envés de las mismas en donde se colocan masas de 100 hasta 200 huevecillos, cubiertos por una capa escamosa que los protege del ataque de algún parasitoide o depredador, la duración de este estado es de aproximadamente tres días (Murua y Virla 2004).

Estado larval. Este insecto presenta seis instares diferenciándose uno de otro por el ancho y longitud de la cabeza, así como por la longitud y coloración del cuerpo (Villa y Catalán, 2004).

Las larvas de primer instar presentan coloración café en todo el cuerpo midiendo 1.7 mm, la cabeza tiene una coloración negra una longitud de cerca de 0.35 mm. Durante el

segundo instar la cabeza se torna color naranja midiendo 0.45 mm el cuerpo permanece café midiendo 3.5 mm de longitud. Del cuarto al sexto instar la longitud de la cabeza alcanza de 1.3 a 2.6 mm tornándose de un color rojo y café, el cuerpo es café o verdoso con líneas blancas de 10 a 34.2 mm de longitud (Vivas, 2003).

Estado de pupa. El color de la pupa es rojo y café llega a medir hasta 18 mm de longitud, la temperatura es un factor determinante en su desarrollo debido a que no soporta climas fríos, se desarrolla entre los 28°C y 30°C. Este estado puede durar de ocho a nueve días en verano y de 20 a 30 días en invierno (Villa y Catalán, 2004).

Estado de adulto. Los adultos se convierten en una palomilla de hábitos nocturnos, que poseen capacidad de dispersión y viajan hasta varios kilómetros y prefiriendo climas templados con alto porcentaje de humedad relativa en el ambiente. Los machos presentan una coloración de gris a café en las alas con manchas triangulares en las puntas y en su centro. Las hembras presentan alas con un color de gris a café más homogéneo (Vivas, 2003).

### **3.2.- Daños al cultivo de maíz**

El daño es ocasionado por la larva, la cual recién eclosionada se alimenta del envés de las hojas realizando perforaciones, posteriormente se dispersa y penetra al cogollo de la planta, ocasionando una disminución de su crecimiento, marchitamiento y muerte. En infestaciones severas de plantas pequeñas actúa como trozador o barrenador, cortando o minando los tallos a nivel del suelo, impidiendo con esto un buen crecimiento. En plantas grandes ataca la floración, espiga y el elote en formación (Del Rincón *et al.*, 2006).

### **3.3.- Resistencia de *Spodoptera frugiperda* a insecticidas químicos sintéticos**

El control de esta plaga, comúnmente se realiza mediante la aplicación de insecticidas sintéticos: paratión metílico, clorpirifos, permetrina, carbaril, malatión, triclorfon, DDT, carbamatos y piretroides. Pero al aumentar la dosis y reducir el intervalo de aplicación, los productores ocasionaron que *S. frugiperda*, adquiera resistencia a estos productos y que sus poblaciones crezcan y produzcan mayor daño a los cultivos (Flores y Figueroa, 2010).

### **3.4.- Métodos de control de *Spodoptera frugiperda***

#### **3.4.1.- Control con insecticidas químicos sintéticos**

De acuerdo a un estudio realizado por el INIFAP, sobre la efectividad de insecticidas, se determinó que los más eficaces para el control de larvas de gusano cogollero fueron: benzoato de emamectina (Denim 100 g·ha<sup>-1</sup>), el Spinetoram (Exalt 500 ml·ha<sup>-1</sup>) y el Spinosad (Spintor 300 g·ha<sup>-1</sup>), con porcentaje de mortalidad del 100% (Edgardo y Valenzuela, 2011).

#### **3.4.2.- Control cultural**

La preparación del suelo a través del arado permite que larvas y pupas queden expuestas bajo la acción directa de la intemperie y al ataque de enemigos naturales. Para llevar a cabo un buen control es necesario eliminar las plantas hospederas donde pudiera alojarse la plaga, así como también debe considerarse una mayor densidad de siembra, para permitir al cultivo tolerar el daño producido por la plaga (Alcalá, 2008).

#### **3.4.3.- Control biológico**

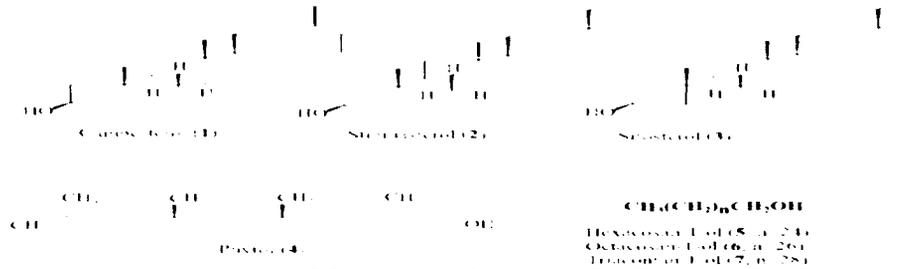
En el estudio de Ochoa *et al.*, (2003) realizó un inventario de los parasitoides y parásitos del gusano cogollero *S. frugiperda*, siendo *Chelonus insularis*-Cresson (Hymenoptera: Braconidae) y *Euplectrus platyhyphenae*-Howard (Hymenoptera: Eulophidae), los parasitoides de mayor presencia en Norteamérica, cumpliendo una función importante en su control, mientras que *Noctuidonema guyanense*, fue el nematodo ectoparásito más importante que ataca adultos de gusano cogollero y otros noctuidos presentes en Estados Unidos de América y México. La catarinita *Hippodamia convergens*-Guerin (Coleoptera: Coccinellidae) un depredador de larvas de *S. frugiperda* (Bahena *et al.*, 2003).

#### **3.4.4.- Control con insecticidas botánicos**

De la chirimoya *Annona cherimolia* Miller (Annonaceae) el compuesto squamocina a 50 mg/g dieta, fue el más activo al provocar un 100% de mortalidad larval, seguido de neonanonina, itrabina, asimicina y cherimilina-1 quienes produjeron un 100% de mortalidad en el estado de pupa (Álvarez *et al.*, 2007).

Del extracto etanólico de las partes aéreas de *Flourensia oolepis* Blake (Asteracea), la flavanona pinocembrina 1 mostró fuerte actividad disuasoria de 91% a 50 mg·cm<sup>-1</sup>. La

inhibición de la alimentación del 50% (ED<sub>50</sub>) fue de 8.8 g·cm<sup>-1</sup> (Díaz *et al.*, 2009). Ribeiro *et al.*, (2012), evaluaron siete extractos metanólicos de hojas de *Jatropha curcas* L (Euphorbiaceae), la mayor mortalidad de las larvas fue 60 y 56% con los extractos metanólicos PM-14 y EMB que fueron alimentadas con 1 g·kg<sup>-1</sup> respectivamente. Por último se identificaron fitoesteroles como el fitol y n-alcanoles (Figura 1).



**Figura. 1.** Compuestos de extractos de hojas de *Jatropha curcas* (Ribeiro *et al.*, 2012).

En otro estudio, se evaluó una fracción enriquecida (PEEF) de ésteres de forbol de *J. curcas* contra *S. frugiperda* donde su toxicidad por contacto en larvas de tercer instar fue de una CL<sub>50</sub> de 0.83 mg·ml<sup>-1</sup>(p/v), las hojas de maíz tratadas con ésteres de forbol a 0.25 mg·ml<sup>-1</sup>(p/v), disminuyeron el consumo hasta un 33% su crecimiento relativo en 42% y la eficiencia de conversión de alimentos en un 38% (Cuadro 3). También observaron una reducción en la tasa de consumo relativo en un 39 y 45% a 0.625 y 0.125 mg·ml<sup>-1</sup> (p/v) de ésteres de forbol (Devappa *et al.*, 2012).

**Cuadro 3.** Toxicidad por ingestión e índices nutricionales de *Spodoptra frugiperda* promedio de 10 días.

Ésteres de forbol enriquecida PEEF (mg/ml)	Mortalidad (%) <sup>a</sup>	Consumo de comida (%) (visual) <sup>a</sup>	Crecimiento relativo	Consumo relativo	Eficiencia en conversión alimentaria
0.0 (acetona)	20	67.04	0.11	7.29	1.45
0.0625	30	64.12	0.06	4.45	1.31
0.125	10	76.13	0.07	4.04	1.64
0.25	40	44.73	0.06	6.85	0.91

Fuente: Devappa *et al.*, 2012. <sup>a</sup> Promedio de diez larvas.

### 3.4.5. Ventajas y desventajas que existen entre los insecticidas químicos sintéticos y los insecticidas botánicos desde varios indicadores analizados

En los cuadros 4 y 5, se observa las ventajas y desventajas que existen entre los insecticidas químicos sintéticos y los insecticidas botánicos.

**Cuadro 4.** Ventajas de los insecticidas botánicos y químicos sintéticos.

<b>Características y/o propiedades</b>	<b>Insecticidas químicos</b>	<b>Insecticidas botánicos</b>
<b>Acción insecticida.</b>	Su acción es inmediata, Pueden acabar con distintos tipos de plagas.	Debido a su rápida degradación pueden ser más selectivos con insectos plaga y menos agresivos con los enemigos naturales.
<b>Capacidad de resistencia de las plagas.</b>		Los insectos tienden a desarrollar menor resistencia a productos naturales que a productos químicos.
<b>Degradación en el medio ambiente.</b>		Su rápida degradación puede ser favorable, disminuye el riesgo de residuos en los alimentos
<b>Efectividad.</b>	Se degrada letalmente, por lo que sigue actuando tiempo después de su aplicación.	Varios actúan rápidamente.
<b>Peligrosidad.</b>		La mayoría de estos productos tienen una peligrosidad relativamente baja ya que suelen degradarse fácilmente.
<b>Persistencia.</b>	Poca sensibilidad a factores ambientales (temperatura, radiación UV, humedad).	
<b>Producción comercial.</b>	Se producen ampliamente a nivel mundial.	
<b>Toxicidad.</b>		Algunos pueden ser usados poco tiempo antes de la cosecha ya que al degradarse no dejan residuos tóxicos, además de que muchos de estos productos no causan fitotoxicidad.

Fuente: INE, 2007.

**Cuadro 5.** Desventajas de los insecticidas botánicos y químicos sintéticos.

<b>Características y/o propiedades</b>	<b>Insecticidas químicos</b>	<b>Insecticidas botánicos</b>
<b>Acción insecticida.</b>	Actúan matando a los enemigos naturales de las plagas.	Para una mayor efectividad es necesario hacer aplicaciones constantemente.
<b>Capacidad de resistencia de las plagas.</b>	Los insectos desarrollan resistencia lo que hace necesario utilizar dosis mayores o productos de mayor efectividad.	
<b>Degradación en el medio ambiente.</b>	Debido a su lenta degradación alteran el balance de la naturaleza desequilibrando los sistemas ecológicos.	
<b>Efectividad.</b>	Matan a una amplia gama de insectos no plaga.	Una efectividad de control menor que los productos químicos.
<b>Peligrosidad.</b>	Tienen una peligrosidad alta causan daños irreversibles a quienes están expuestos a ellos.	
<b>Biodisponibilidad.</b>		Como se degradan muy rápido su efecto es muy limitado.
<b>Producción y comercialización.</b>		Dificultades de producción a nivel mundial.
<b>Toxicidad.</b>	Son altamente tóxicos. Causa intoxicación a las personas que los aplican.	

Fuente: INE, 2007.

#### **IV.- La planta *Jatropha curcas***

El género *Jatropha* comprende más de 7000 especies de las cuales se han identificado una gran variedad de metabolitos secundarios con propiedades farmacológicas. Esta planta presenta propiedades tóxicas en todos sus órganos especialmente en las semillas de donde se obtienen aceites con rendimiento del 40 % del cual se han aislado péptidos (curcina, curcacina) y taninos (Caceres, 1996).

La planta *J. curcas* tiene uno de los centros de origen en México; es una planta Euforbiacea con corteza escamosa mide entre 3-8 metros de altura y 14 a 18 cm de

diámetro en tronco. Otros nombres para esta planta son *Curcas purgans*, *Ricinus americanus*, *Castiglionia lobata*, *Jatropha edulis*, *Jatropha acerifolia*, *Ricinus jarak*, *Curcas adansani*, *Curcas indica*, *Jatropha yactanensis*. (Judd *et al.*, 2008).

#### 4.1.- Componentes químicos de *Jatropha curcas*

Curcina es una fitomolécula que pertenece al grupo de proteínas inactivadoras de ribosomas (RIPs), las cuales pueden ser inducidas bajo condiciones de sequía, temperatura o infecciones fúngicas (Huang *et al.*, 2008).

La curcina es similar a la ricina, proteína tóxica de la higuera *Ricinus communis* L (Euphorbiaceae). Luo *et al.*, (2007), evaluaron la actividad antifúngica de la curcina contra diversos hongos incluyendo *Penicillium oryzae*, *Pestalotiopsis funerea*, *Rhizoctonia solani* y *Sclerotinia sclerotiorum*. Los resultados obtenidos mostraron un 100% de inhibición de la formación de esporas en *P. oryzae* y la inhibición de 83.8% en *P. funerea* a concentración de 50 mg·ml<sup>-1</sup>, infiriendo que este efecto pueda deberse a la inhibición de la síntesis de proteínas de las hifas y esporas.

La curcina, RIPs tipo uno, contiene propiedades antivirales y antifúngicas, pero sobre todo posee actividad enzimática de N-glicosidasa, la cual inhibe la síntesis de proteínas (Lin *et al.*, 2003).

De las semillas maduras se han aislado y clonado el gen RIPs tipo 1, denominada curcina siendo una toxoalbumin de un peso molecular entre 28.1-32 kDa y pI de 8.54. También se expresa el gen de la curcina en hojas, tallos y raíz, en concentraciones de proteína de 117.35 mg·100g<sup>-1</sup> (Quin *et al.*, 2009).

Makkar *et al.*, (1998), reportaron cantidades insignificantes de fenoles totales (0.2-0.4%) y taninos (0.02-0.04%). Estos son sustancias fenólicas asociadas con efectos tóxicos y antinutricionales, causan una reducción en el consumo de alimentos, afectan el crecimiento y la absorción de nutrientes en insectos.

El contenido de saponinas oscila entre 1.8 y 3.4%, son glucósidos esteroides o triterpenos que le ayudan a la planta como protector antialimentario en insectos y animales, como protección contra microbios y hongos. A altas concentraciones producen sabores amargos (Sen *et al.*, 1998).

El látex contiene un alcaloide conocido como jatrofina, así como otros compuestos fitomoleculares como son jatrofan y curcina. También del látex jatrofina y jatrofan de varias especies de *Jatropha* han demostrado propiedades anti-cáncer (NBCE, 2006).

#### 4.2.- Toxicidad de *Jatropha curcas*

La relación estructura-actividad es importante para la comprensión de los mecanismos de toxicidad de los compuestos fitoquímicos de plantas. Los compuestos químicos son tóxicos cuando, interfieren en la alimentación, afectan a la salud y reproducción de los animales o producen la muerte en altos niveles de ingestión (Makkar, 1993).

Makkar y Becker. (1997), informaron que los principales compuestos tóxicos de *J. curcas* son ésteres de forbol, compuestos policíclicos en el que dos grupos hidroxilo en átomos de carbono vecinos están esterificados a ácidos grasos. Estas moléculas fitotóxicas se encuentran principalmente en las semillas. Se han reportado la identificación de al menos 20 diterpenos (Cuadro 6). La concentración de ésteres de forbol varía de 2 a 3 mg·g<sup>-1</sup> de masa y de 2 a 4 mg·g<sup>-1</sup> de aceite.

**Cuadro 6.** Moléculas fitoquímicas obtenidas de *Jatropha curcas*.

No.	Compuestos químicos	Tipo	Referencia
1	7- Ceto-beta- sitoesterol	fitoesterol	Hufford, 1979
2	Amirinana A	Triterpeno pentacíclico	Hufford, 1979
3	Ácido archideco	Ácido eicosanoico	Asseleih, 1984
4	B sitoesterol	Fitoesterol	Khafagy, 1977
5	Campestrol	Fitoesterol	Hufford, 1979
6	Curcaina	Proteasa	Nath y Dutta, 1991
7	Curcasina	Toxoalbumina	Perry, 1980
8	Curculathyrana A	Diterpeno Lathyrane	Naenechomong, 1986
9	Curculathyrana B	Diterpeno Lathyrane	Naenchomong, 1986
10	Curcusona A	Diterpeno Rhamno folano	Chen, 1988
11	Curcusona B	Diterpeno Rhamno folano	Chen, 1988
12	Curcusona C	Diterpeno Rhamno folano	Chen, 1988
13	Curcusona D	Diterpeno Rhamno folano	Chen, 1988
14	Daucosterol	Terpenoides	Hufford, 1979

15	Jatrocurina	Triterpenos	Talapatra, 1993
16	Jatropha curcas flavonoide 1	Flavonoide	Khafagy, 1977
17	Jatropha curcas flavonoide 2	Flavonoide	Khafagy, 1977
18	Jatropha curcas triterpeno	Triterpeno	Khafagy, 1977
19	Jatropha factor C1	Diterpeno	Adolf, 1984
20	Jatropha factor C2	Diterpeno	Adolf, 1984
21	Jatrophina	Alcaloide	Chen, 1988
22	Jatrophol	Fitoesterol	Chen, 1988
23	Jatropholona A	Terpenoide	Chen, 1988
24	Jatropholona B	Terpenoide	Chen, 1988
25	Jatropholona	Diterpeno	Chen, 1988
26	Ácido lignocérico	Ácido tetracosanoico	Asseleih, 1984

**Fuente:** Makkar y Becker, 1999.

El efecto perjudicial de la planta a la salud humana, se debe principalmente a la presencia de toxalbumin llamada curcina y ácido cianico. Las semillas contienen la mayor concentración de la toxina. Los principales síntomas que producen con su ingesta son: depresión, complicaciones circulatorias, dolor abdominal agudo, diarrea y náuseas. La corteza, tallos, frutos, hojas y raíz contienen ácido cianhídrico que contribuye a su toxicidad (Luo *et al.*, 2007).

#### **4.3.- Acción insecticida de extractos de *Jatropha curcas***

La actividad insecticida ha sido registrada para varios insectos, incluyendo el gusano del algodón *Helicoverpa armigera* Hübner gusano rosado *Pectinophora gossypiella* Saunders y barrenador de caña de azúcar *Sesamia calamistis* Hampson (Lepidoptera: Noctuidae), polilla de la papa *Phthorimaea operculella* Zeller (Lepidoptera: Gelechiidae), el pulgón del algodón *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae), saltamontes *Empoasca biguttula* Ishida (Hemiptera: Cicadellidae), gorgojo chino *Callosobruchus chinensis* L y gorgojo de frijol *Callosobruchus maculatus* Fabricius (Coleoptera: Bruchidae), gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais* Motschulsky y gorgojo del arroz *Sitophilus oryzae* L (Coleoptera: Curculionidae) (Asmanizar *et al.*, 2012).

Los extractos de *J. curcas*, obtenidos mediante diferentes disolventes se evaluaron en el gusano de la hoja del arroz y el gusano algodonoso del melón, donde los obtenidos con metanol, éter de petróleo y etanol mostraron la más alta actividad insecticida y

antialimentaria, mayor a 80%, en las concentraciones más alta ( $10 \text{ ml}\cdot\text{g}^{-1}$ ) en comparación con el 6% de control con la concentración más baja ( $2 \text{ ml}\cdot\text{g}^{-1}$ ) (Musa *et al.*, 2011).

## **V.- Caracterización de *Jatropha curcas***

El proceso de caracterización morfológica y agronómica se lleva a cabo mediante la utilización de descriptores reconocidos. Cuando la diversidad genética entre especies y dentro de las especies es fácilmente observable, los descriptores morfológicos y agronómicos dan a conocer la información con la que se puede evitar la duplicación (Becerra y Paredes, 2000).

En el caso de la planta *J. curcas*, se han utilizado descriptores cualitativos para la identificación de los diferentes genotipos existentes como son; el color de las hojas, pigmentación del peciolo y el inicio de la floración, así como también descriptores cuantitativos como los días de emergencia de la planta, altura, número de racimos, número de frutos por racimo y por árbol, tamaño de las semillas y su porcentaje de aceite, rendimiento de semillas por planta y la incidencia de insectos plaga y enfermedades (Oliveira, 2008).

### **5.1.- Caracterización climatológica**

Se considera nativa de México y países de América Central, muestra un crecimiento rápido en regiones tropicales así como en áreas pedregosas, poco fértiles y con bajo contenido de nutrientes, con temperaturas entre  $18^\circ$  y  $34^\circ\text{C}$ . Es una planta suculenta que emite sus hojas en estaciones seca, por lo que está más adaptada a suelos áridos y semiáridos y debido a su capacidad de adaptación hoy en día es cultivada en diversas partes del mundo (Becker y Makkar, 2008).

### **5.2.- Distribución y hábitat**

Solo en México se han encontrado tanto genotipo tóxico como no tóxico, se localizan, en forma silvestre, en los estados de Sonora, Sinaloa, Oaxaca, Quintana Roo. Yucatán, Tamaulipas, Puebla, Veracruz, Morelos, Chiapas, Durango, Estado de México, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Nayarit, San Luis Potosí, Tabasco y Zacatecas. Comúnmente es llamada piñón mexicano, piñoncillo, sikilte, pomolcheche, ni-in, quahayohuachtli y kakal-che (Martínez-Herrera, 2006).

## **VI.- Objetivos**

### **Objetivo general**

Evaluar el efecto insecticida e insectistático de los extractos de semillas de *Jatropha curcas* sobre *Spodoptera frugiperda*.

### **Objetivos específicos**

- Evaluar la actividad insectistática de los extractos hexánicos, acetónicos, metanólicos y acuosos de semillas de cinco genotipos de *Jatropha curcas* sobre larvas de *Spodoptera frugiperda*.
- Evaluar la actividad insecticida de los diferentes extractos hexánicos, acetónicos, metanólicos y acuosos de semillas de *Jatropha curcas* de cinco genotipos sobre el insecto plaga *Spodoptera frugiperda*.
- Identificar los constituyentes activos del o los extractos de *Jatropha curcas* con actividad insecticida y/o insectistática sobre *Spodoptera frugiperda*.

## **VII.- Hipótesis**

Al menos un extracto de semillas de *Jatropha curcas* presentara un efecto insecticida y/o insectistático sobre *Spodoptera frugiperda*.

## VIII.- Metodología empleada en la obtención de Extractos hexánicos, acetónicos, metanólicos y acuosos de semillas de *Jatropha curcas*

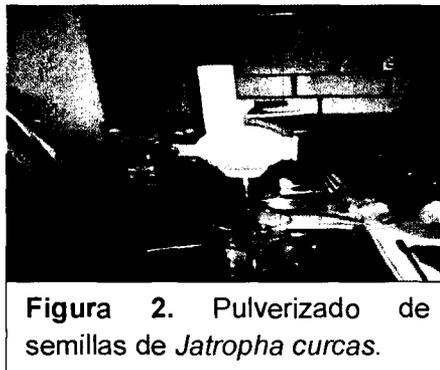
### 8.1.- Realización del experimento

Se realizó un estudio prospectivo, longitudinal y experimental. El lugar donde se desarrolló el experimento, fue en el laboratorio del Departamento de Interacción Planta-Insecto del Centro de Desarrollo de Productos Bióticos (CEPROBI-IPN) ubicado en el municipio de Yautepec en el Estado de Morelos. Carretera Yautepec-Jojutla, Km. 6, calle CEPROBI No. 8, Col. San Isidro, Yautepec, Morelos, México. C.P. 62731.

### 8.2.- Colecta de semillas de *Jatropha curcas*

Se colectaron semillas en cinco regiones en septiembre del 2015 en el Estado de Puebla, consideradas como tóxicas y no tóxicas. Uno del campo experimental del Ingenio Atencingo (18°30'51.49"N, 98°36'26.59"O), otra del municipio de Ahuehuetzingo (18°29'15.62"N, 98°38'14.81"O) dos de la Universidad Tecnológica de Izucar de Matamoros (18°37'6.32"N, 98°26'59.94"O) y (18°37'4.90"N, 98°27'0.70"O). Además se colecto el genotipo de semillas de *J. curcas* de la plantación del campo experimental del Centro de Desarrollo de Productos Bióticos (CEPROBI), variedad VANGEL 1461 en Yautepec, Morelos (18°49'44.10"N, 99°5'35.10"O).

Las semillas seleccionadas debieron estar en buen estado, que no presentaran daño mecánico, 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, el material vegetal se pulverizó en un molino marca K MF 10 basic IKA WERKE especial para semillas de tamaño medio y pequeño (Figura 2).



### 8.3.- Extractos crudos de semillas de *Jatropha curcas*

Para cada uno de los cinco genotipos, se utilizaron cuatro disolventes grado reactivo de distinta polaridad; hexano (disolvente no polar), acetona (disolvente de polaridad intermedia), metanol (disolvente polar) y agua destilada (disolvente polar). Se ocuparon 500g de los polvos de semillas y se agregaron en forma separada a vasos de precipitados de 1000 ml.

Los vasos de precipitados de las mezclas de los tres primeros disolventes, se taparon con hojas de aluminio a fin de que estos no se evaporaran, dejándolos en una campana de extracción por 72 horas. Una vez transcurrido ese tiempo, se llevó a cabo el filtrado de los extractos con papel filtro Whatman No 1 (Figura 3), vertiendo su contenido en matraces Erlenmeyer de 250ml. Para evitar la fermentación del extracto acuoso, este solo se dejó por un tiempo de 24 horas, al término del cual se filtró y se volvió a agregar agua, repitiendo el mismo procedimiento hasta completar las 72 horas, juntando los filtrados en un vaso de precipitado de 500ml.

**Figura 3.** Filtrado de los diferentes extractos.



Con base en la metodología empleada por Pérez-Gutiérrez *et al.*, (2012), 150 ml de cada muestra se colocaron en un matraz de balón de 1 L, posteriormente con la ayuda de un rotavapor marca Buchi, se eliminó a presión reducida el disolvente. Para eliminar el agua del extracto acuoso, se aumentó la temperatura de la olla del rotavapor a 100 °C y se agregó al agua del condensador hielo con la finalidad de acelerar el proceso de eliminación y finalmente en una campana de extracción se llevó a sequedad el concentrado de cada muestra de los distintos extractos (Figuras 4).

**Figura 4.** Eliminación de los disolventes.



## IX.- Método empleado para realización de bioensayos

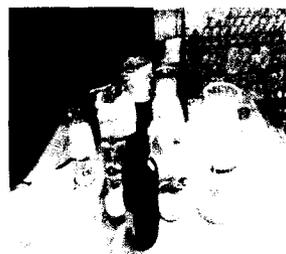
### 9.1.- Organismos entomológicos

Se colocaron larvas de 24 horas de edad de *S. frugiperda* durante los meses de octubre a diciembre del año 2015, obtenidas del pie de cría de la quinta generación del laboratorio de Entomología del Centro de Desarrollo de Productos Bióticos, cuidadas en una cámara de crecimiento a 24°C, 12:12 h de luz-oscuridad y 60± 5% de humedad relativa. Las larvas fueron alimentadas con dieta artificial (Cuadro 7 y Figura 5).

**Cuadro 7.** Cantidades e ingredientes empleados para preparar ¼ Kg de dieta.

Ingrediente	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 hidróxido benzoato	0.55 g
Agar bacteriológico	3.75 g
Agua para frijol	116 mL
Agua para agar	90 mL

**Figura 5.** Compuestos utilizados para la elaboración de dieta artificial de larvas de *Spodoptera frugiperda*.



### 9.2.- Bioensayos

Las larvas de *S. frugiperda* fueron sometidas a los siguientes tratamientos: extractos de cuatro disolventes (hexano, acetona, metanol y agua) de cada una de las cinco semillas de *J. curcas* (UTIM 1, UTIM 2, AHUEHUETZINGO, ATENCINGO Y VANGEL 1461) a tres concentraciones cada uno (1000, 2500 y 5000 ppm). Cada tratamiento, que contó con 25 repeticiones, fue mezclado en la dieta artificial (Burton y Perkins, 1987).

Vertiendo 4 ml en vasos de plástico de 4 oz con tapa ajustable, se dejó solidificar la dieta a temperatura ambiente por 24 horas (Figura 6).

Posteriormente mediante un pincel del No. 0, se colocó una larva de 24 horas de edad en cada vaso, elegida completamente al azar y se cubrieron con su respectiva tapa, se marcaron los vasos con datos del tratamiento y repetición, se distribuyeron de manera aleatoria bajo condiciones climáticas de  $25 \pm 2^\circ \text{C}$ , 70% Humedad Relativa, y fotoperiodo de 12:12 horas (Figura 7; Ramos-López *et al.*, 2010).



**Figura 6.** Llenado de vasitos.



**Figura 7.** Colocación de larvas.

Las variables que se emplearon para evaluar la actividad insecticida e insectistática se muestran a continuación (Cuadro 8).

**Cuadro 8.** Variables evaluadas sobre *Spodoptera frugiperda* tratado con extractos de semillas de cinco genotipos de *Jatropha curcas*.

Variable independiente	Variables dependientes
Concentraciones (ppm)	Insecticida <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Viabilidad larval (%)</li> <li>✓ Viabilidad pupal (%)</li> </ul>
	Insectistática <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Duración de la fase larval(días)</li> <li>✓ Duración de la fase pupal(días)</li> <li>✓ Peso de las larvas(mg)</li> <li>✓ Peso de las pupas(mg)</li> </ul>

**Fuente:** Rodríguez y Vendramim, 1996.

- ✓ Viabilidad larval; porcentaje de pupas formadas.
- ✓ Viabilidad pupal; porcentaje de insectos adultos.
- ✓ Duración de la fase larval; número de días de la eclosión de la larva hasta la formación de pupa.

- ✓ Duración de la fase pupal; número de días de la formación de la pupa hasta la salida del adulto.
- ✓ Peso de las larvas a los siete y 14 días.
- ✓ Peso de la pupa 24 horas después de su formación.

El porcentaje de inhibición del desarrollo larval se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$IDL = \frac{\text{Control} - \text{Tratamiento}}{\text{Control}} * 100$$

### 9.3.- Análisis estadísticos

Se empleó un arreglo experimental completamente al azar, donde una larva fue la unidad experimental y cada larva se consideró una repetición. Los tratamientos evaluados fueron los extractos de semillas de *J. curcas* a tres concentraciones y un control de agua destilada.

Los datos de dosis-respuesta, fueron sometidos a pruebas de normalidad y homogeneidad de varianzas. Los datos se sometieron a un análisis de varianza de una vía en el programa SAS, (2010) y posteriormente una comparación de medias mediante la prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ).

### 9.4.- Resultados y discusiones de bioensayos de los cinco genotipos de semillas de *Jatropha curcas*

#### Actividad insectistática del genotipo UTIM 1

Respecto al peso de la larva, a los siete días de crecimiento la mayoría de las concentraciones de los extractos de semillas de *J. curcas* del genotipo UTIM 1 inhibieron el peso larval de *S. frugiperda* ( $F = 19.21$ ;  $gl = 12$ ;  $p = \leq 0.0001$ ), de los cuales. El extracto acetónico a 5000 ppm fue el más activo al inhibir un 66.6% el peso larval de *S. frugiperda* con respecto al peso de la larva del control (2.1 mg, Cuadro 9). Además, el extracto hexánico y acuoso a 2500 ppm también inhibieron 57.1 y 50.9% el peso larval (Cuadro 9).

A los 14 días, todos los extractos inhibieron el peso de la larva de *S. frugiperda* (excepto el extracto metanólico a 2500 ppm) ( $F = 125.33$ ;  $gl = 12$ ;  $p = \leq 0.0001$ ), de los cuales nuevamente el extracto acetónico a 5000 ppm y los extractos hexánico y acuoso a 2500 ppm fueron los que inhibieron 72, 71 y 70 % el peso de la larva de *S. frugiperda* con relación al peso de la larva del control (40.81 mg; Cuadro 9; Figuras 8 y 9).

Del desarrollo larval todos los extractos aumentaron el desarrollo de la larva entre 8 y 13 días (excepto el extracto metanólico a 2500 ppm) con respecto al desarrollo de larva control (25 días; Cuadro 10;  $F= 2.63$ ;  $gl= 12$ ;  $p= \leq 0.0039$ ) donde los extractos hexánico y acuoso a 1000, 2500 y 5000 ppm, fueron los más activos al prolongar 13, 11 y 11 días como 9.9 y 11 días, el desarrollo larval respectivamente.

### Actividad insecticida del genotipo UTIM 1

De la viabilidad larval, todos los extractos redujeron la viabilidad larval más del 45% con relación al control (8%;  $F= 42.03$ ;  $gl= 12$ ;  $p= \leq 0.0001$ ; Cuadro 9). Los extractos acetónicos y metanólico a 5000 ppm fueron los más activos al reducir la viabilidad larval en 72%, seguido de los extractos: metanólico (1000 y 2500 ppm) y acuoso 5000 ppm con una reducción de viabilidad larval del 68%. De la viabilidad de las pupas, todos los extractos la redujeron más del 70% con respecto al control (8%;  $F= 73.42$ ;  $gl= 12$ ;  $p= \leq 0.0001$ ; Cuadro 9) y nuevamente los extractos acetónico y metanólico a 5000 ppm fueron los más activos al reducir en 84% la viabilidad de las pupas, seguido de los extractos: metanólico (2500 ppm), hexánico (2500 ppm) y acuoso (1000 y 5000 ppm) quienes ocasionaron una reducción de la viabilidad de las pupas del 80, 76, 76 y 76%, respectivamente (Cuadro 9).

Con estos resultados, los extractos: acetónico y acuoso del genotipo UTIM 1 fueron lo que más inhibieron el peso de la larva y pupa y que más prolongaron el desarrollo de la larva de *S. frugiperda*. Además, los extractos: acetónico y metanólico del genotipo UTIM 1 fueron los más tóxicos al reducir más la viabilidad de las larvas y pupas de *S. frugiperda*.

Un efecto similar se registró con el extracto metanólico del aceite esencial enriquecido con ésteres de forbol a  $20 \text{ mg}\cdot\text{ml}^{-1}$  (20 000 ppm) causó un 80 % de mortalidad del gusano cogollero del maíz *S. frugiperda* y a  $0.25 \text{ mg}\cdot\text{ml}^{-1}$  (250 ppm) causó un 33 % de efecto antialimentario y afectó un 42 % la tasa relativa de crecimiento (Devappa *et al.*, 2012).

8



9



**Figuras 8 y 9.** Inhibición de peso a los 14 días en larvas de *Spodoptera frugiperda*, con respecto al control.

**Cuadro 9.** Actividad insecticida e insectistática sobre *Spodoptera frugiperda* de los diferentes extractos obtenidos de semillas de *Jatropha curcas* del genotipo UTIM 1.

Extracto (ppm)	Peso larval (mg)		Desarrollo Larval (días)	Viabilidad Larval (%)	Peso pupa (mg)	Desarrollo Pupal (días)	Viabilidad Pupal (%)
	7 días	14 días					
<b>Hexánico</b>							
<b>1000</b>	1.6±0.4abc	12.83±1.0gh	38±3a	40±7b	150.70±9.8b	15±2a	28±4bc
<b>2500</b>	0.9±0.2ef	11.55±0.6h	36±3ab	36±5bc	154.52±2.9b	14±3a	24±5b
<b>5000</b>	1.1±0.7def	31.11±4.75c	36±4ab	40±7bc	164.68±2.8a	15±2a	30±7bc
<b>Acetónico</b>							
<b>1000</b>	1.8±0.4a	24.46±3.8de	33±4ab	44±5b	154.28±4.8b	13±2a	26±4b
<b>2500</b>	0.9±0.3ef	20.21±5.3ef	34±5ab	44±7b	151.19±9.9b	14±2a	28±4c
<b>5000</b>	0.7±0.2f	11.49±4.2h	33±3ab	28±4bc	154.75±4.4ab	13±2a	16±5bc
<b>Metanólico</b>							
<b>o</b>	1.13±0.4def	13.66±3.1gh	34±3ab	32±4bc	157.27±5ab	13±1a	28±4bc
<b>1000</b>	1.38±0.4cde	47.83±4.9a	27±2ab	32±4bc	149.87±2.8b	12±1a	20c
<b>2500</b>	1.30±0.3cde	28.42±4.1cd	35±4ab	28 ± 4 c	152.81±5.8b	12±2a	16±5bc
<b>5000</b>							
<b>Acuoso</b>							
<b>1000</b>	1.97±0.4a	26.56±4.3cd	34±3ab	44±5b	149.22±6.6b	12±1a	24±5bc
<b>2500</b>	1.03±0.3def	12.18±3.7h	34±4ab	36±5bc	153.32±6b	12±2a	28±4b
<b>5000</b>	1.47±0.3bcd	18.20±4.3fg	36±3ab	32±4bc	156.58±3ab	12± a	24±5bc
<b>Control</b>	2.10 ± 0.5 a	40.81±5.3b	25±2b	92±4a	158.49±5.3ab	11±1a	92±4a

Los resultados son la media de 25 mediciones ± error estándar. Medias en la misma columna seguidas de diferentes letras fueron significativamente diferentes (Prueba de Tukey,  $p < 0.05$ ).

### Actividad insectistática del genotipo UTIM 2

Del desarrollo de la larva y desarrollo de la pupa no hubo una diferencia significativa entre los extractos con respecto al desarrollo de la larva y pupa en el control (larva 25 días;  $F = 2.71$ ;  $gl = 12$ ;  $p = \leq 0.0029$  y pupa: 11 días;  $F = 0.59$ ;  $gl = 12$ ;  $p = \leq 0.8413$ ; Cuadro 10).

Todos estos resultados indican que todos los extractos del genotipo UTIM 2 al ser mezclados con la dieta artificial y servir de alimento para las larvas del insecto presentaron un efecto fagoestimulante de la alimentación de la larva porque se registró un mayor peso de larvas y pupas que se alimentaron con la mezcla dieta-extractos comparados con el peso de las larvas y pupas de *S. frugiperda* del control. Un efecto similar se observó al mezclar el polvo de semillas de *J. curcas* al 1 y 5 % (10,000 y 50,000 ppm; Chiapa de Corzo, Chiapas) con la dieta artificial del gusano del corazón de la col *Copitarsia decolora* porque las larvas que se alimentaron de esta mezcla aumentaron

significativamente su peso con respecto al peso de las larvas del control (Hernández, 2013). Además, en el presente trabajo estudio los extractos del genotipo UTIM 2 no prolongaron el desarrollo de las larvas y pupas de *S. frugiperda* y de igual forma el polvo de semillas de *J. curcas* no prolongaron el desarrollo larval de *C. decolora* (Hernández, 2013).

### **Actividad insecticida del genotipo UTIM 2**

De la viabilidad larval todos los extractos (excepto extracto metanólico a 2500 ppm) redujeron más del 56% la viabilidad larval respecto al control (8%;  $F= 65.29$ ;  $gl= 12$ ;  $p= \leq 0.0001$ ; Cuadro 10) donde el extracto hexánico a 2500 ppm fue el más activo al inhibir un 80% la viabilidad larval de *S. frugiperda*, seguido de los extractos metanólico y acuoso a 1000 ppm con 72 y 68% de reducción de viabilidad larval respectivamente (Cuadro 10).

De acuerdo a la viabilidad pupal, todos los extractos redujeron la viabilidad pupal más del 68% con respecto a la viabilidad pupal del control (8%;  $F= 76.99$ ;  $gl= 12$ ;  $p= \leq 0.0001$ ; Cuadro 10), donde nuevamente el extracto hexánico a 2500 ppm junto con el extracto acetónico a 5000 ppm fueron los más activos al reducir la viabilidad pupal en 80% seguidos de los extractos: metanólico a 1000 ppm y acuoso (2500 y 1000 ppm) quienes redujeron 78,78 y 76% la viabilidad de la pupa de *S. frugiperda* (Cuadro 10).

Con estos resultados, los extractos del genotipo UTIM 2 no afectaron el peso y desarrollo de la larva y pupa de *S. frugiperda*, pero estos mismos extractos si afectaron más del 56 y 68% la viabilidad de la larva y pupa de este insecto plaga, resultado en orden de importancia de los extractos hexánico, metanólico y acuoso los más activos.

**Cuadro 10.** Actividad insecticida e insectistática de los diferentes extractos obtenidos de semillas de *Jatropha curcas* del genotipo denominado UTIM 2.

Extracto (ppm)	Peso larval (mg)		Desarrollo Larval (días)	Viabilidad Larval (%)	Peso Pupal (mg)	Desarrollo Pupal (días)	Viabilidad Pupal (%)
	7 días	14 días					
<b>Hexánico</b>							
<b>1000</b>	6.5±0.5fg	136.48±3.8j	27±3a	36±5cde	159.80±5.0c	13±4a	26±5bc
<b>2500</b>	8.7±0.3ef	193.01±4.8f	26±3a	20f	167.36±3.5c	12±2a	20±6c
<b>5000</b>	10.9±0.6de	208.50±5.8e	26±1a	44±5c	169.70±6.4ab	13±3a	28±4bc
<b>Acetónico</b>							
<b>1000</b>	7.8±0.3efg	293.76±9.5b	26±2a	40±7cd	170.92±8.1ab	14±2a	32±4b
<b>2500</b>	16.2±4.5c	306.78±7.5a	26±2a	76±8b	167.37±4.7abc	14±3a	28±4bc
<b>5000</b>	12.8±4.2d	302.97±1.5a	25±2a	36±5cde	172.91±4.4a	14±2a	20c
<b>Metanólico</b>							
<b>0</b>	16.8±2.2c	161.94±6.2i	27±1a	28±4ef	163.17±6.6c	15±2a	22±4bc
<b>1000</b>	45.1±3.7b	226.82±8.3d	26±2a	38±4cde	158.56±5.5c	14±2a	32±4b
<b>2500</b>	74.0±6.3a	261.85±8.4c	25±1a	36±5cde	171.75±3.6ab	12±2a	32±4b
<b>Acuoso</b>							
<b>1000</b>	4.7±0.5gh	155.73±5.8i	26±2a	32±4de	170.18±5.8ab	14±1a	24±5bc
<b>2500</b>	4.6±0.7gh	182.59±5.6g	25±1a	38±4cde	158.70±5.7c	13±3a	22±4bc
<b>5000</b>	5.8±0.7fg	169.40±4.2h	26±2a	46±5c	159.30±5.8c	14±2a	28±4bc
<b>Control</b>	2.10±0.5h	40.81±5.3k	25±2a	92±4a	158.49±5.3c	11±1a	92±4a

Los resultados son la media de 25 mediciones ± error estándar. Medias en la misma columna seguidas de diferentes letras fueron significativamente diferentes (Prueba de Tukey,  $p < 0.05$ ).

### Actividad insectistática del genotipo AHUEHUETZINGO

El crecimiento de las larvas a los siete días, ningún extracto inhibió el peso larval, porque todos los extractos provocaron que el peso de las larvas aumentara más que el peso larval registrado en el control (2,1 mg;  $F = 178.00$ ;  $gl=12$ ;  $p = \leq 0.0001$ ; Cuadro 11). Un efecto similar se registró con el peso de las pupas, donde ningún extracto inhibió el peso de la pupa con respecto al peso de las pupas del control (158.49 mg;  $F = 32.55$ ;  $gl = 11$ ;  $p = \leq 0.0001$ ; Cuadro 11).

En cambio del peso larval a los 14 días, existieron diferencias significativas entre los pesos de las larvas en los extractos con respecto al control (40.81 mg;  $F = 1490.04$ ;  $gl 12$ ;  $p = \leq 0.0001$ ; Cuadro 11) donde los extractos hexánico y acuoso a 5000 ppm fueron los más activos al inhibir 37 y 35% el peso larval de *S. frugiperda* (Cuadro 11). Pero la mayoría de los extractos ocasionaron que el peso de las larvas fuera mayor que el peso de las larvas del control, por ejemplo en el extracto metanólico a 2500 ppm (153.8 mg =

276.86%) se aumentó más del doble el peso de la larva con relación al peso de la larva del control. En estos casos los extractos presentaron un efecto fagoestimulante.

Del desarrollo larval, el extracto acuoso a 5000 ppm aumentó 11 días el desarrollo larval con respecto a las larvas control (25 días;  $F= 89.05$ ;  $gl= 11$ ;  $p= \leq 0.0001$ ; Cuadro 11), seguido de los extractos: metanólico y acetónico (1000 ppm) como hexánico (1000 y 5000 ppm) quienes aumentaron 10, 10,9 y 9 días el desarrollo de la larva *S. frugiperda* (Cuadro 11). Del peso de la pupa, todos los extractos prolongaron este desarrollo comparado con el desarrollo de la pupa del control (11 días;  $F= 16.50$ ;  $gl= 11$ ;  $p= \leq 0.0001$ ; Cuadro 11) donde nuevamente los extractos acuoso y hexánico a 5000 ppm fueron los que más prolongaron el desarrollo pupal de *S. frugiperda* cinco días.

Con estos resultados ambos extractos causaron una correlación negativa entre el peso y el desarrollo del insecto plaga, donde a menor peso de la larva mayor es el desarrollo de la larva y la pupa de *S. frugiperda* porque la inhibición de la alimentación de la larva provocó un efecto en el desarrollo de la larva y la pupa (efecto insectistático).

El efecto que se busca de los productos naturales sobre los insectos plaga masticadores como las larvas de *S. frugiperda* es que se inhiba el peso de la larva y pupa y se prolongue el desarrollo de la larva y la pupa, porque de esta manera se impide que la larva se alimente y se provoca que el tiempo de desarrollo de la larva y pupa se prolongue, con lo cual ambos estados biológicos del insecto estarían más tiempo expuestos a sus enemigos naturales (depredadores y parasitoides). En contrasentido, con los demás extractos se aumentó el peso de la larva y pupa, pero también se prolongó el tiempo de desarrollo de la larva y la pupa del insecto, existiendo una correlación positiva donde a mayor peso de la larva y pupa mayor fue el desarrollo de la larva y pupa del insecto plaga, porque el efecto fagoestimulante de la alimentación de la larva aumentó el peso de la pupa y el desarrollo de la larva y pupa de *S. frugiperda*.

En otro sentido, el genotipo AHUEHUETZINGO solo afectó el peso de las larvas a los 14 días con sus extractos hexánico y acuoso (5000 ppm) al inhibir 37 y 35 % el peso larval de *S. frugiperda*, el cual fue mejor que el genotipo UTIM 2 el cual no presentó efecto sobre el peso de la larva y pupa de *S. frugiperda*. En cambio, ambos genotipos (AHUEHUETZINGO y UTIM 2) fueron menos activos que el genotipo UTIM 1, porque todos sus extractos inhibieron el peso larval del insecto, de los cuales los extractos

acetónico (5000 ppm), hexánico y acuoso (2500 ppm) inhibieron 72, 71 y 70% el peso de la larva de *S. frugiperda*.

### **Actividad insecticida del genotipo AHUEHUETZINGO**

De la viabilidad larval, todos los extractos provocaron una reducción de más del 60% respecto al control (8%;  $F= 113.74$ ;  $gl= 12$ ;  $p= \leq 0.0001$ ; Cuadro 11), de los cuales el extracto acetónico a 5000 ppm redujo la viabilidad larval un 100%, seguido de los extractos acuoso (2500 ppm) y hexánico (5000 ppm) quienes inhibieron 80% la viabilidad larval de *S. frugiperda* (Cuadro 11).

De la viabilidad pupal, nuevamente el extracto acuoso (2500 ppm) junto con extracto acetónico (1000 ppm) continuo siendo activo al reducir 88% la viabilidad de la pupa del insecto plaga (Cuadro 11). Los extractos hexánico y acetónico (2500 ppm) como extracto metanólico (1000 y 5000 ppm) también redujeron un 84% la viabilidad de la pupa de *S. frugiperda* (Cuadro 11). De esta manera, el extracto acetónico a 5000 ppm fue el más activo por su efecto insecticida sobre las larvas (100% de reducción de viabilidad larval), como a 1000 y 2500 ppm causó la mayor reducción 88 y 84% de la viabilidad de la pupa de *S. frugiperda*.

Este genotipo AHUEHUETZINGO presento un efecto insectistático e insecticida más activo que los genotipos UTIM 1 y UTIM 2, porque el genotipo UTIM 2 solo presento efecto insecticida al reducir la viabilidad de la larva y pupa en un 80% con su extracto hexánico (2500 ppm) y acetónico (5000 ppm) y de igual manera el genotipo UTIM 1, aunque presento un mayor efecto insectistático al inhibir el peso de la larva 72-70% con el extracto acetónico, hexánico y acuoso, como al prolongar 13, 11 y 11 días el desarrollo de la larva, redujo menos la viabilidad de las larvas 72% y pupas 84% con sus extractos acetónico y metanólicos a 5000 ppm que el registrado por el genotipo AHUEHUETZINGO al reducir la viabilidad de la larva en un 100% y reducir la viabilidad de la pupa en un 88-84% con el extracto acetónico a 5000 ppm como a 1000 y 2500 ppm, respectivamente.

**Cuadro 11.** Actividad insecticida e insectistática de los diferentes extractos obtenidos de semillas de *Jatropha curcas* del genotipo denominado AHUEHUETZINGO.

Extracto (ppm)	Peso larval (mg)		Desarrollo Larval (días)	Viabilidad Larval (%)	Peso Pupal (mg)	Desarrollo Pupal (días)	Viabilidad Pupal (%)
	7 días	14 días					
<b>Hexánico</b>							
1000	2.5±0.2e	55.06±2.3c	34±2a	52±4b	161.46±6cdef	14±1bc	28±4b
2500	4.4±0.4b	95.13±0.3b	27±1b	28±4def	194.90±5.1a	14±0.8c	16±5cd
5000	2.3±0.4e	25.60±6.5g	34±2a	20f	162.51±6bcde	16±1ab	20bcd
<b>Acetónico</b>							
1000	2.6±0.5e	36.28±4.1f	35±2a	28±4def	170.20±5.2bc	14±1bc	12±4d
2500	4.3±0.4bc	45.10±5.3d	27±0.9b	36±7cd	152.79±6.7fg	13±1c	16±5cd
5000	3.7±0.5d	55.69±2.7c	-----	-----	-----	-----	-----
<b>Metanólico</b>							
0	2.3±0.5e	37.19±5.5ef	35±2a	32±4cde	159.77±7defg	15±2abc	16±5cd
1000	7.6±0.4a	153.8±2.6a	27±1b	32±4cde	167.68±5bcd	13±1c	24±5bc
2500	3.3±0.4d	44.58±3.3d	27±0.9 b	24±5ef	170.76±5.3b	14±0.7bc	16±5cd
5000							
<b>Acuoso</b>							
1000	3.5±0.5d	43.96±2.8d	27±1b	40c	150.84±4.5g	14±0.8bc	20bcd
2500	3.8±0.5cd	91.04±5.4b	27±1b	20f	155.90±3efg	13±0.8c	12±4d
5000	2.5±0.5e	26.30±2.3g	36±1a	36±5cd	164.17±5bcde	16±1a	28±4b
<b>Control</b>	2.10±0.5e	40.81±5.3de	25±2b	92±4a	158.49±5defg	11±1d	92±4a

Los resultados son la media de 25 mediciones ± error estándar. Medias en la misma columna seguidas de diferentes letras fueron significativamente diferentes (Prueba de Tukey,  $p < 0.05$ ).

#### Actividad insectistática del genotipo VANGEL 1461

A los siete días, los extractos presentaron diferencias significativas de la inhibición del peso de la larva con relación al control (2.1 mg,  $F = 353.04$ ;  $gl = 12$ ;  $p = \leq 0.0001$ ; Cuadro 12). El extracto hexánico a 5000 y 2500 ppm inhibió en 47.61 y 28.57% el peso larval, seguido del extracto acetónico a 5000 ppm el cual inhibió un 23.8% el peso de la larva de *S. frugiperda* (Cuadro 12).

A los 14 días, nuevamente los extractos hexánico (5000 y 2500 ppm) y acetónico (5000 ppm) fueron los más activos al inhibir en 74.36, 53.02 y 45.96% el peso larval del insecto plaga comparados con el peso de la larva del control (40.81 mg;  $F = 1728.80$ ;  $gl = 12$ ;  $p = \leq 0.0001$ ; Cuadro 12). Además el extracto acuoso a 2500 y 1000 ppm inhibió en 26.8 y 17.59% el peso de la larva de *S. frugiperda* (Cuadro 12).

De acuerdo con el desarrollo larval, las tres concentraciones ensayadas de los extractos hexánico y acetónico, como el extracto acuoso a 1000 y 2500 ppm aumentaron entre nueve y 11 días el tiempo del desarrollo larval de *S. frugiperda* comparados con el desarrollo de la larva control (25 días;  $F= 85.04$ ;  $gl= 12$ ;  $p= < 0.0001$ ; Cuadro 12). Con estos resultados, los extractos hexánico (5000 y 2500 ppm) y acetónico (5000 ppm) poseen un efecto insectistático al inhibir el peso y prolongar el tiempo del desarrollo de la larva de *S. frugiperda*.

Del peso de la pupa, solo el extracto acuoso a 5000 ppm inhibió un 6% el peso de la pupa de *S. frugiperda* con respecto al peso de la pupa del control (158.49 mg;  $F= 24.40$ ;  $gl= 12$ ;  $p= \leq 0.0001$ ; Cuadro 12). En el resto de los extractos el peso de la pupa fue superior al peso de la pupa del control (Cuadro 12).

Pero del desarrollo de la pupa, todos los extractos presentaron diferencias significativas al aumentar tres o cuatro días el tiempo del desarrollo de *S. frugiperda* en comparación al control (11 días;  $F= 15.75$ ;  $gl= 12$ ;  $p= \leq 0.0001$ ; Cuadro 12). Estos resultados de ambas variables, son contradictorios porque por un lado, todos los extractos no disminuyeron el peso de la pupa, pero estos mismos extractos si prolongaron el tiempo del desarrollo de estas mismas pupas.

#### **Actividad insecticida del genotipo VANGEL 1461**

De la viabilidad de la larva, todos los extractos (excepto el extracto metanólico a 2500 y 5000 ppm) redujeron más del 52% la viabilidad de la larva de *S. frugiperda* con relación al control (8%;  $F= 69.69$ ;  $gl= 12$ ;  $p= \leq 0.0001$ ; Cuadro 12) donde los extractos acetónico y acuoso a 2500 ó 5000 ppm fueron los más activos al disminuir en 73.91 o 65.21% la viabilidad de la larva (Cuadro 12).

Este mismo efecto sucedió con la viabilidad de la pupa, donde nuevamente los extractos acetónico y acuoso a 2500 ó 5000 ppm fueron los más activos al reducir en 78.26 ó 73.91% la viabilidad de la pupa de *S. frugiperda* comparados con respecto a la viabilidad de la pupa del control (8%;  $F= 105.04$ ;  $gl= 12$ ;  $p= \leq 0.0001$ ; Cuadro 12). En resumen, el genotipo VANGEL 1461 posee un efecto insectistático sobre las larvas de *S. frugiperda*, pero contradictorio sobre las pupas (porque los extractos prolongan el desarrollo de estas pupas pero no inhiben el peso de estas mismas pupas). Además presenta un efecto

insecticida al reducir en más del 50 y 60% la viabilidad de la larva y pupa del insecto plaga, respectivamente.

De modo que este genotipo VANGEL 1461 es más activo que los genotipos UTIM 1 y UTIM 2 porque provocó una mayor actividad insectistática e insecticida sobre el gusano cogollero del maíz, *S. frugiperda*. Pero fue menos activo que el genotipo AHUEHUETZINGO, quien con el extracto acetónico a 5000 ppm elimino el 100% el estado de la larva o bien, redujo el cual redujo en 72 y 84% la viabilidad de las larvas y pupas con sus extractos acetónico y metanólico a 5000 ppm, mientras que el genotipo VANGEL 1461 redujo en 73 y 78% la viabilidad de la larva y pupa de *S. frugiperda* con los extractos acetónico y acuoso a 2500 ó 5000 ppm.

**Cuadro 12.** Actividad insecticida e insectistática de los diferentes extractos obtenidos de semillas de *Jatropha curcas* del genotipo denominado VANGEL 1461.

Extracto (ppm)	Peso larval (mg)		Desarrollo Larval (días)	Viabilidad Larval (%)	Peso Pupal (mg)	Desarrollo Pupal (días)	Viabilidad Pupal (%)
	7 días	14 días					
<b>Hexánico</b>							
<b>1000</b>							
<b>2500</b>	4.9 ±0.5b	117.90±5.8c	36±1a	48±4bcd	160.19±6cdef	15±1a	28±4def
<b>5000</b>	1.5 ±0.4fg	19.17±5.9h	34±1abc	44±5cde	160.10±4cdef	15±1a	32±4cde
	1.1 ±0.5g	10.46±4.7i	33±1c	40def	166.89±3bc	14±1a	36±5cd
<b>Acetónico</b>							
<b>1000</b>							
<b>2500</b>	6.4±0.3a	145.97±4.8a	35±1abc	36±5ef	177.41±3.9a	15±1a	28±4def
<b>5000</b>	3.1±0.6cd	65.21±2.6d	36±0.8ab	24±5g	165.61±8bcd	15±1a	20f
	1.6±0.4f	22.05 ±5.6h	34±1bc	32±4fg	169.75±5ab	15±1a	24±5ef
<b>Metanólic</b>							
<b>0</b>							
<b>1000</b>	2.2±0.3e	48.05 ±5.9e	27±1d	32±4fg	157.32±4.3ef	14±1a	28±4def
<b>2500</b>	5.2±0.4b	118.02±5.8c	27±0.8d	56±5b	176.74±5a	14±0.7a	40c
<b>5000</b>	6.4±0.3a	133.86±6.6b	27±1d	52±4bc	154.01±5.3fg	14±0.5a	52±4b
<b>Acuoso</b>							
<b>1000</b>							
<b>2500</b>	3.4±0.2c	33.63±4.8g	34±1abc	36±5ef	162.67±5bcde	15±1a	28±4def
<b>5000</b>	2.8±0.4d	29.87±5.8g	34±1bc	32±4fg	163.65±4bcde	14±1a	24±5ef
	3.4±0.4c	42.37±5.6f	27±1d	24±5g	149±4.9g	15±1a	20f
<b>Control</b>	2.10±0.5e	40.81±5.3f	25±2d	92±4a	158.49±5.3def	11±1b	92±4a

Los resultados son la media de 25 mediciones ± error estándar. Medias en la misma columna seguidas de diferentes letras fueron significativamente diferentes (Prueba de Tukey, p<0.05).

### **Actividad insectisática del genotipo ATENCINGO**

Este genotipo no posee un efecto insectistático sobre *S. frugiperda*, porque a los siete o 14 días de crecimiento no inhibió el peso, ni tampoco prolongó el tiempo del desarrollo de la larva del insecto plaga, excepto el extracto hexánico a 5000 ppm el cual inhibió un 67.26% el peso de la larva con relación al control (siete días 2.1 mg; F= 223.14; gl=12; p=  $\leq 0.0001$ ; 14 días; 40.81 mg; F= 3061.88; gl= 12; p=  $\leq 0.0001$ ; Cuadro 13; Figura 10).

Pero en contrasentido, aunque todos sus extractos no inhibieron el peso de la pupa, estos mismos extractos prolongaron de dos a cinco días el desarrollo de la pupa de *S. frugiperda* con relación al desarrollo de la pupa en el control (11 días; F= 12.65; gl= 10; p=  $\leq 0.0001$ ; Cuadro 13). Este mismo efecto se determinó con el genotipo VANGEL 1461. Con estos resultados, es necesario esclarecer porque con ambos genotipos, se prolonga el desarrollo de la pupa sin inhibir el peso de *S. frugiperda*. En condiciones naturales, los insectos que obtienen un mayor peso registrarán un menor tiempo de desarrollo tanto sus larvas como sus pupas y caso contrario, los insectos que registren un menor peso, tardarán más tiempo en completar sus larvas y pupas su desarrollo.

### **Actividad insecticida del genotipo ATENCINGO**

Este genotipo posee un alto efecto insecticida, porque todos sus extractos redujeron más del 60 y 64% la viabilidad de la larva y la pupa de *S. frugiperda* con relación al control (8%; larva; F= 119.46; gl= 10; p=  $\leq 0.0001$ ; pupa F= 84.64; gl= 10; p=  $\leq 0.0001$ ; Cuadro 13), de los cuales los extractos hexánico y acetónico a 5000 ppm causaron una reducción del 100% de la viabilidad de la larva de *S. frugiperda*, seguido de los extractos: acetónico (1000 y 2500 ppm), hexánico (2500 ppm) y metanólico (5000 ppm) al reducir 84, 84, 80 y 80% la viabilidad de la pupa de este insecto plaga (Cuadro 13; Figura 11).

Al comparar el efecto insecticida de los cinco genotipos de *J. curcas*, el genotipo ATENCINGO resultó ser el más activo porque con sus extractos hexánico y acetónico a 5000 ppm eliminó totalmente la larva de *S. frugiperda*. En un segundo orden de importancia el genotipo AHUEHUETZINGO con su extracto acetónico a 5000 ppm también eliminó el 100% el estado de la larva.

Con el genotipo UTIM 1, sus extractos acetónico y metanólico a 5000 ppm causaron una reducción del 84% de la viabilidad de las pupas, mientras que el genotipo UTIM 2 disminuyó un 80% la viabilidad de la larva y pupa con sus extractos hexánico (2500 ppm)

y acetónico (5000 ppm). Por último, el genotipo VANGEL 1461 con sus extractos acetónico y acuoso a 2500 ó 5000 ppm redujo en 73 y 78% la viabilidad de la larva y pupa de *S. frugiperda*.

**Cuadro 13.** Actividad insecticida e insectistática de los diferentes extractos obtenidos de semillas de *Jatropha curcas* del genotipo denominado ATENCINGO.

Extracto (ppm)	Peso larval (mg)		Desarrollo Larval (días)	Viabilidad Larval (%)	Peso Pupal (mg)	Desarrollo Pupal (días)	Viabilidad Pupal (%)
	7 días	14 días					
<b>Hexánico</b>							
<b>1000</b>	9.5±0.2b	192.9±6.3b	28±1a	38±4b	155.85±2.1g	16±0.7a	28±4bc
<b>2500</b>	7.1±0.4cd	97.29±5.6h	25±3a	28±4cd	174.88±3.6de	14±2ab	20±6cd
<b>5000</b>	1.1±0.3g	13.36±3.6i	-----	-----	-----	-----	-----
<b>Acetónico</b>							
<b>1000</b>	13.8±3a	212±6.8a	25±0.8a	16±5e	201.25±5.4a	13±0.8bc	16±5d
<b>2500</b>	5.9±0.4d	109.64±4.4g	27±2a	16±5e	192.97±6.1ab	15±0.5ab	16±5d
<b>5000</b>	3.2±0.4ef	40.81±5.6k	-----	-----	-----	-----	-----
<b>Metanólico</b>							
<b>1000</b>	12.9±3a	156.73±5.2d	25±1a	28±4cd	168.21±5.5ef	13±0.6ab	24±5cd
<b>2500</b>	3.6±0.4e	54.90±3.3j	27±0.9b	32±4bc	161.23±6.2fg	14±1ab	24±5cd
<b>5000</b>	5.9±0.5d	124.60±2.5f	24±0.8a	20de	196.66±5.4ab	15±1a	20cd
<b>Acuoso</b>							
<b>1000</b>	14.2±2.4a	163.62±5.4c	25±1a	32±4bc	188.10±4.9bc	14±1ab	24±5cd
<b>2500</b>	7.5±0.5c	150.22±5.9e	26±2a	32±4bc	179.22±4.9cd	15±1a	24±5cd
<b>5000</b>	4.1±0.6e	72.96±5.7i	27±2a	40b	190.87±5b	15±1ab	36±5b
<b>Control</b>	2.10±0.5fg	40.81±5.3k	25±2a	92±4a	158.49±5.3g	11±1c	92±4a

Los resultados son la media de 25 mediciones ± error estándar. Medias en la misma columna seguidas de diferentes letras fueron significativamente diferentes (Prueba de Tukey, p<0.05).



**Figura 10.** Cambio de coloración en larvas de *S. frugiperda*.



**Figura 11.** Inhibición de formación de pupas.

El genotipo UTIM 1, presento actividad insectistática al inhibir el peso de las larvas de *S. frugiperda*, aumentando los días del desarrollo de la larva y disminuyendo la viabilidad pupal. Respecto al genotipo UTIM 2, presento mínima actividad insecticida, al disminuir la viabilidad larval y de pupas (Cuadro 14).

Los genotipos AHUEHUETZINGO Y ATENCINGO, presentaron mayor actividad insecticida al reducir la viabilidad en pupas de *S. frugiperda*, siendo el genotipo ATENCINGO el que tuvo un efecto insecticida mayor en la reducción de la viabilidad larval (Cuadro 14).

Respecto al genotipo VANGEL 1461, mostro un efecto insectistático al inhibir el peso de las larvas, aumentó los días de desarrollo larval y pupas del insecto plaga. Por otra parte este genotipo presento poca disminución de la viabilidad larval y de pupas en la mayoría de los extractos (Cuadro 14).

**Cuadro 14.** Análisis de importancia de los genotipos de acuerdo a los extractos que presentaron mayor actividad insecticida e insectistática.

<b>Variables</b>	<b>UTIM 1</b>	<b>UTIM 2</b>	<b>AHUEHUETZINGO</b>	<b>VANGEL 1461</b>	<b>ATENCINGO</b>
<b>Peso larva</b>	xxx		x	xxx	x
<b>Peso pupa</b>				x	x
<b>Desarrollo larva</b>	xxx		xx	xxx	x
<b>Desarrollo pupa</b>			xx	xxx	xx
<b>Viabilidad larva</b>		x	xx		xxx
<b>Viabilidad pupa</b>	xx	x	xxx	x	xxx

(x) Nivel de importancia de los genotipos de acuerdo a las variables evaluadas.

Con estos resultados se seleccionaron los extractos hexánico y acetónico del genotipo ATENCINGO para identificar sus constituyentes químicos y para evaluar su efecto insectistático e insecticida sobre el gusano cogollero del maíz, *S. frugiperda*.

De la planta *R. communis* L, la Viabilidad Larval Media (VLM<sub>50</sub>) fue de  $1.97 \times 10^3$  ppm, en los extractos de metanol y acetato de etilo de semillas,  $2.69 \times 10^3$  ppm, para el aceite de ricinus,  $4.83 \times 10^3$  ppm, el extracto de metanol de hojas,  $5.07 \times 10^3$  ppm, para el extracto de acetato de etilo de las hojas,  $9.95 \times 10^3$  ppm y  $10.01 \times 10^3$  ppm para el extracto de hexano de las hojas (Ramos-López *et al.*, 2010).

Mientras que Kamel. (2010) reportó que existió una correlación positiva entre la concentración del aceite y el material no saponificable y saponificable (enriquecido de ácidos grasos) de *M. olifera* Lam, con su actividad insecticida sobre *S. frugiperda* porque a mayor concentración de estos productos mayor fue su efecto en el insecto (10% p/v, 100, 80.7 y 67.7% de mortalidad). Un efecto similar se registró con el extracto metanólico del aceite esencial enriquecido con ésteres de forbol a  $20 \text{ mg} \cdot \text{ml}^{-1}$  (20 000 ppm) causó un 80 % de mortalidad del gusano cogollero del maíz *S. frugiperda* y a  $0.25 \text{ mg} \cdot \text{ml}^{-1}$  (250 ppm) causó un 33 % de efecto antialimentario y afectó un 42 % la tasa relativa de crecimiento (Devappa *et al.*, 2012).

Analizando los estudios anteriores y el presente trabajo los extractos hexánico y acetónico de semillas de *J. curcas* redujo la viabilidad larval y pupa en 100% a 5000 ppm al igual que los ácidos grasos enriquecidos de *M. olifera* redujo la viabilidad larval en un 67.7 a 100% en 10% (p/v) presentando así una alta actividad insecticida. Mientras que los ésteres de forbol requirieron de una concentración alta de 20 000 ppm para ocasionar la mortalidad del 80% respectivamente.

La planta *J. curcas* ha sido evaluada sobre otro insecto Noctuidae plaga. Se ha determinado su actividad insectistática e insecticida sobre el gusano del corazón de la col, *Copitarsia decolora* Guenée (Lepidoptera: Noctuidae) donde el polvo de semillas (2 y 4%) y su extracto (1000 ppm) (Chiapa de Corzo, Chiapas) prolongaron el desarrollo de la larva (Bello, 2013; Tabares, 2016) y el polvo de semillas al 4% prolongo el desarrollo de la pupa (Bello, 2013). Además, el polvo de semillas (4%, Michoacán), como el polvo (4 y 5%) y su extracto acetónico de semillas (500 ppm) (Chiapa de Corzo, Chiapas) ocasionaron el 63, 62, 54 y 50% de mortalidad de *C. decolora*, respectivamente (Bello, 2013; Hernández, 2013; Tabares, 2016).

#### **X.-Identificación de compuestos químicos mayoritarios de los extractos hexánico y acetónico de semillas de *Jatropha curcas* del genotipo ATENCINGO a través de cromatografía de gases masas (CG-EM)**

Se tomaron 10  $\mu\text{L}$  de los extractos hexánico y acetónico de semillas de *J. curcas*, disolviéndose en un 1ml de hexano para el extracto hexánico y 1ml de acetona para el extracto acetónico. Los análisis se realizaron en un cromatógrafo de gases Agilent Technology modelo 7890A GC System, acoplado a un espectrómetro de masas Agilent Technologies 5975C V2-MSD con Triple-Axis Detector, con un automuesteador e inyector G4513A y un detector de espectroscopia de masas. Se utilizó una columna Agilent 122-7032DB-WAX122-7032DB-WAX de 30 m de largo, 320 mm de diámetro interno y 0.25  $\mu\text{m}$  de tamaño de partícula. Posteriormente se inyectó 2  $\mu\text{L}$  de los extractos activos de semillas de *J. curcas* al puerto de inyección a 255°C en el modo Splitless. El programa de temperatura en el horno fue de 60°C por 5 min, con un incremento de 12°C/min hasta 255°C durante 10 min, tiempo de ejecución 31. 25 min. Los espectros fueron colectados a 1918 em de voltaje de ionización y el rango de masas analizadas fue de 40- 450 m/z. Los compuestos fueron identificados por comparación de sus espectros de masas con los espectros de referencia (librería NIST08.L) (Cárdenas *et al.*, 2015).

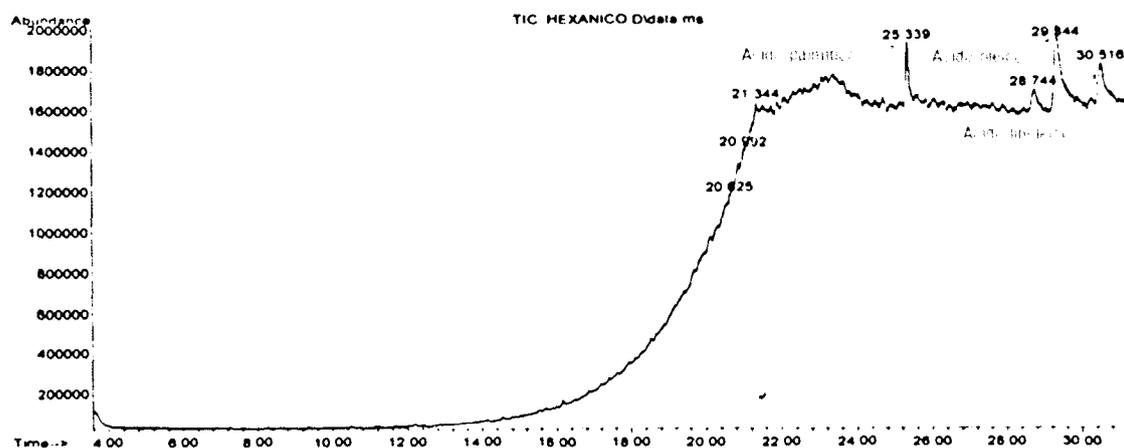
**10.1.- Composición química del extracto hexánico y acetónico de semillas de *Jatropha curcas* del genotipo ATENCINGO.**

Del extracto hexánico se identificaron seis compuestos químicos (Cuadro 15; figura 12).

**Cuadro 15.** Composición química del extracto hexánico de semillas de *Jatropha curcas* del genotipo ATENCINGO.

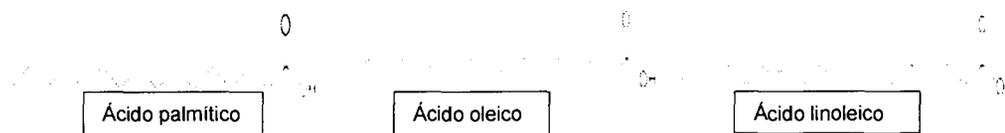
Tiempo de retención (min)	Compuesto	IKL	IK	Composición (%)
20.88	Octaetilenglicol éter de glicol monododecil	3658	3640	2.58
21.07	Octaetilenglicol éter de glicol monododecil	3654	3640	3.80
21.24	Octaetilenglicol éter de glicol monododecil	3654	3640	2.58
25.34	Ácido palmítico	1942	1944	15.31
29.36	Ácido oleico	2163	2160	40.26
30.53	Ácido linoleico	2095	2088	27.32

IK: Índice de Kovats, relativo para (C12-C18) n-alkanos en la columna (Agilent 122-7032DB-WAX122-7032DB-WAX). IKL: Índice de Kovats reportado en la literatura.



**Figura 12.** Cromatografía gases-masas del extracto hexánico de semillas de *Jatropha curcas* del genotipo ATENCINGO.

Los compuestos con menor porcentaje son esteres, mientras que los compuestos mayoritarios fueron identificados por sus espectros como: ácido oleico ( $C_{18}H_{34}O_2$ ) (40.26%) ácido graso insaturado, ácido linoleico ( $C_{18}H_{32}O_2$ ) (27.32%) ácido graso insaturado y ácido palmítico ( $C_{16}H_{32}O_2$ ) (15.83%; Figura 13) ácido graso saturado.



**Figura 13.** Estructura química de los ácidos palmítico, oleico y linoleico del extracto hexánico de semillas de *Jatropha curcas* genotipo ATENCINGO.

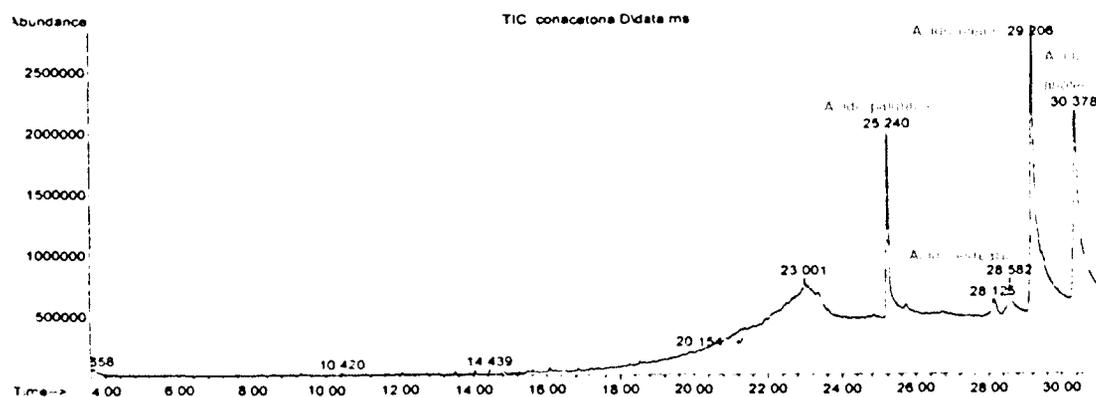
En el extracto hexánico de hojas de *Ricinus communis* se determinaron como compuestos mayoritarios el ácido linolénico, linoleico y palmítico con 47.76, 15.28 y 13.01% respectivamente (Ramos-López *et al.*, 2012). Por otra parte Rathbauer *et al.*, (2012), realizó la caracterización de semillas de *Jatropha curcas*, reportando la presencias de los ácidos grasos oleico y linoleico con las proporciones más altas de alrededor del 35% cada uno respectivamente.

De acuerdo con los reportes de ambos estudios y del presente trabajo, se identificaron como compuestos químicos mayoritarios los ácidos oleico, linoleico y palmítico, siendo el ácido oleico con mayor porcentaje de presencia en las dos variedades de *J. curcas* de los diferentes estudios. El análisis de cromatografía gases-masas del extracto acetónico de semillas de *J. curcas*, identifico ocho compuestos químicos (Cuadro 16; Figura 14).

**Cuadro 16.** Composición química de extracto acetónico de semillas de *Jatropha curcas* del genotipo ATENCINGO.

Tiempo de retención (min)	Compuesto	IKL	IK	Composición (%)
16.08	Decadienal	1174	1156	0.14
18.53	12-Crown-4	1972	1966	0.16
23.00	Octaetilenglicol éter de glicol monododecil	3654	3640	0.38
24.87	Hexaoxacyclooctadec	3654	3647	0.31
25.24	Ácido palmítico	1942	1944	15.51
28.60	Ácido esteárico	2167	2162	3.78
29.23	Ácido oleico	2163	2160	38.65
30.40	Ácido linoleico	2095	2088	37.79

IK: Índice de Kovats, relativo para (C1-C21) n-alkanos en la columna (Agilent 122-7032DB-WAX122-7032DB-WAX). IKL: Índice de Kovats reportado en la literatura.



**Figura 14.** Cromatografía gases-masas del extracto acetónico de semillas de *Jatropha curcas* del genotipo ATENCINGO.

Los compuestos mayoritarios fueron identificados por sus espectros como: ácido oleico ( $C_{18}H_{34}O_2$ ) (47.62%) ácido graso insaturado, el ácido linoleico ( $C_{18}H_{32}O_2$ ) (32.83%) ácido graso insaturado, ácido palmítico ( $C_{16}H_{32}O_2$ ) (14.28%; Figura 15) ácido graso saturado y ácido esteárico ( $C_{18}H_{36}O_2$ ) (3.78%) ácido graso saturado.



**Figura 15.** Estructura química del ácido esteárico del extracto acetónico de semillas de *Jatropha curcas* genotipo ATENCINGO.

El estudio de Kang *et al.*, (1985) demostró que el aceite de *R. communis* muestra la presencia de los ácidos palmítico (1.2%), esteárico (0.7%), arachídico (0.3%), oleico (3.2%), linoleico (3.4%), linolenico (0.2%) y ricinoleico (89.4%). Kamel. (2010) reportó la identificación del ácido oleico (74.21%), ácido palmítico (7.16%), ácidos araquídico y behénico (4.11%), B-sitosterol (43.45%) y stigmasterol (25.10%), en fracciones de aceite de *Moringa olifera* Lam (Eupobiaceae). Mientras que Sousa *et al.*, (2015) determinaron la presencia de los ácidos grasos oleico, linoleico, palmítico, esteárico y palmitoleico con porcentajes de presencia del 40, 38, 16, 8 y 8% de la planta *J. curcas*. Por último Cantrell *et al.*, (2011) encontraron que el ácido oleico (41.5%) fue el ácido graso mayoritario, seguido por el ácido linoleico (34%), el ácido palmítico (16.3%) y el esteárico (6.4%), lo que contribuyó el 98.2% de los componentes del aceite de *J. curcas*.

Evaluando los trabajos anteriores y el presente se reporta la identificación de compuestos químicos mayoritarios de especies de plantas de la familia (Eupobiaceae), siendo el ácido oleico el compuesto químico con mayor porcentaje de presencia en *M. olifera* Lam y *J. curcas*. Mientras que para el aceite de *R. communis* la presencia de este ácido fue en un muy bajo porcentaje.

#### **XI.- Bioensayos de actividad insecticida e insectistática de los ácidos oleico y linoleico contra larvas de *Spodoptera frugiperda***

Las larvas de *S. frugiperda* de 72 horas, fueron sometidas a los ácidos oleico y linoleico obtenidos de manera comercial por Sigma-Aldrich durante los meses de mayo y junio del año 2016, a través de las concentraciones 0, 160, 400, 600 y 1,000 ppm, con una  $n = 30$  repeticiones por concentración (Cárdenas *et al.*, 2015). Para la preparación de la dieta y colocación de las larvas, se llevó a cabo el mismo procedimiento del apartado (8.4) (Ramos-López *et al.*, 2010) y para el análisis estadístico se aplicó el procedimiento del apartado (9.3).

### Actividad insectistática del ácido oleico

A los siete días, la ganancia del crecimiento de larvas de *S. frugiperda* con el ácido oleico a 600, 1000, 160 y 400 ppm produjo una reducción del peso larval en 59.9, 55.2, 46.7 y 37.8% con respecto al control (108.8 mg;  $F= 242.61$ ;  $gl= 4$ ;  $p= \leq 0.0001$ ; Cuadro 17).

A los 14 días, nuevamente sus concentraciones de 600, 1000, 160 y 400 ppm inhibieron el peso de la larva en 43.8, 33.9, 15.9 y 3.2% con respecto a la larva control (320.2 mg,  $F= 1614.86$ ;  $gl= 4$ ;  $p= \leq 0.0001$ ; Cuadro 17).

En otro estudio, el ácido oleico comercial (Techno Pharmchem) y el aceite de las semillas de *Melia azedarach* disminuyeron el peso de larvas en 0.018 y 0.021 g/larva con respecto a la larva control 0.031 g/larva en la concentración 0.6 (ml/ 100 g dieta) de *Pectinophora gossypiella* Saunders (Lepidoptera: Noctuidae). Con esto el porcentaje de reducción del peso de las larvas fue de 41.94 y 32.26% y en pupas fue de 48.65 y 40.54%, respectivamente (Yousef y Moustafa, 2013).

En el presente estudio, el peso de pupas, las concentraciones de 160, 400 y 600 ppm disminuyeron el peso de pupas en un 10.8, 6.7 y 4.6% con respecto al peso de las pupas en el control (190.1 mg;  $F= 39.73$ ;  $gl= 4$ ;  $p= \leq 0.0001$ ; Cuadro 17). Con respecto al desarrollo larval, las concentraciones de 1000, 600, 400 y 160 ppm aumentaron 6, 6, 4 y 3 días el desarrollo de la larvas de *S. frugiperda* con respecto al desarrollo de la larva del control (21 días;  $F= 108.77$ ;  $gl= 4$ ;  $p= \leq 0.0001$ ; Cuadro 17).

Del desarrollo de las pupas, de igual manera, las concentraciones de 160, 600, 1000 y 400 ppm prolongaron 5, 5, 4 y 3 días el tiempo del desarrollo de las pupas de *S. frugiperda* con relación al control (8 días;  $F= 25.33$ ;  $gl= 4$ ;  $p= \leq 0.0001$ ; Cuadro 17).

Con estos resultados, el ácido oleico en todas sus concentraciones ensayadas posee un efecto insectistático porque inhibió el peso y prolongo el desarrollo de las larvas y pupas de *S. frugiperda*. Yousef y Moustafa. (2013) mencionaron que el ácido oleico y aceite de las semillas de *M. azedarach* prolongaron el periodo de pupa de *P. gossypiella* de 13.5 y 10.67 días en comparación al control 9.33 días a 0.6 (ml / 100 g de dieta).

### Actividad insecticida del ácido oleico

De la viabilidad larval, las concentraciones de 600 y 1000 ppm redujeron 76 y 56% la viabilidad larval comparadas con la reducción de la viabilidad larval de *S. frugiperda* del control (10 %;  $F= 140.18$ ;  $gl= 4$ ;  $p= \leq 0.0001$ ; Cuadro 17 y Figura 16). Un efecto igual presentaron ambas concentraciones de 600 y 1000 ppm al disminuir la viabilidad de la pupa en 80 y 72% respecto al control (10%;  $F= 482.50$ ;  $gl= 4$ ;  $p= \leq 0.0001$ ; Cuadro 17 y Figura17).

En un estudio realizado por Herrera. (2013) el ácido oleico comercial (Productos químicos Monterrey S.A. de C.V. marca Fermont®) a 100 ppm redujo la viabilidad larval de *S. frugiperda* en 70% y produjo deformaciones en 50 y 40% a 1000 y 100 ppm, respectivamente. En otro estudio Cantrell *et al.*, (2011) reportaron que los ácidos palmítico y esteárico a una concentración de 500 ppm no presentaron actividad larvicida contra *Ae. Aegypti*; sin embargo, el ácido oleico tuvo actividad larvicida contra este insecto ( $LD_{50}$  47.9 ppm).

El ácido oleico obtenido de *Carica papaya* redujo la viabilidad de las larvas en un 48.5% y 58.3% en las concentraciones 1600 y 960 ppm en larvas de primer instar de *S. frugiperda* durante 15 días (Pérez-Gutiérrez *et al.*, 2011). Los siguientes autores reportaron una Viabilidad Larval Media ( $LV_{50}$ ) de 1,353.4 ppm, mientras que en ensayos de toxicidad con larvas de primer instar de *P. gossypiella*, el ácido oleico y el aceite de *M. azedarach* a 10, 5, 2.5, 0.6 y 0.3 (ml / 100 g de dieta) se registró una Concentración Letal Media ( $CL_{50}$ ) de 1.25 ml después de 24 h (Yousef y Moustafa, 2013).

Analizando los estudios de la actividad del ácido oleico, la planta *J. curcas* resultó ser más activa a bajas concentraciones en la reducción de la viabilidad larval y de pupa que el ácido oleico obtenido de *C. papaya*. Mientras que el ácido oleico de manera comercial a una concentración baja de 100 ppm fue más activo en la mortalidad larval de *S. frugiperda* que ambos estudios mencionados anteriormente.

**Cuadro 17.** Actividad insecticida e insectistática del ácido oleico contra *Spodoptera frugiperda*.

Ácido Oleico (ppm)	Peso larval (mg)		Desarrollo Larval (días)	Viabilidad Larval (%)	Peso pupa (mg)	Desarrollo Pupal (días)	Viabilidad Pupal (%)
	7 días	14 días					
160	80.9±5.7c	269.2±6.0c	24±3a	56±5c	169.4±0.3c	13±1a	52±4c
400	94.4±3.2b	309.7±8.2b	25±2a	68±4b	177.3±7.1b	11±2a	60b
600	60.8±7.2e	179.7±6.3e	27±2a	24±4e	181.2±6.4b	13±2a	20e
1000	67.9±5.8d	211.4±7.9d	27±2a	44±5d	187.3±5.1a	12±2a	28±4d
Control	108.8±7.7a	320.2±8.2a	21±1b	90a	190.1±6.4a	8±0.9b	90a

Los resultados son la media de 30 mediciones ± error estándar. Medias en la misma columna seguidas de diferentes letras fueron significativamente diferentes (Prueba de Tukey,  $p < 0.05$ ).



**Figura 16.** Deformaciones en pre pupas ocasionadas por el ácido oleico.



**Figura 17.** Deformación de pupas ocasionadas por el ácido oleico.

**Actividad insectistática del ácido linoleico**

Del peso de las larvas a los siete días, el ácido linoleico a 400, 160, 1000 y 600 ppm inhibió 83.47, 79.89, 42 y 38% el peso larval de *S. frugiperda* con respecto al peso de la larva del control (108.8 mg;  $F = 1560.48$ ;  $gl = 4$ ;  $p \leq 0.0001$ ; Cuadro 18).

A los 14 días, las diferentes concentraciones de 400, 160, 1000 y 600 ppm, siguieron presentando reducción en el peso larval de *S. frugiperda* en 48, 44, 25 y 17% ( $F = 1354.09$ ;  $gl = 4$ ;  $p \leq 0.0001$ ), con respecto al peso de las larvas en el control (320.2 mg; Cuadro 18).

Para el peso de las pupas, las concentraciones 160 y 400 ppm presentaron poca actividad al reducir el peso de pupas en 18 y 17% ( $F = 194.69$ ;  $gl = 4$ ;  $p \leq 0.0001$ ), con respecto a las pupas del control (190.1 mg; Cuadro 18).

Con respecto al desarrollo de las larvas, las concentraciones 160, 400 y 600 ppm aumentaron de tres a dos días el tiempo de desarrollo larval con respecto a las larvas de

*S. frugiperda* del control (21 días;  $F= 22.78$ ;  $gl= 4$ ;  $p= \leq 0.0001$ ; Cuadro 18), mientras que para el desarrollo de las pupas, solo la concentración a 400 ppm aumentó cuadro días el tiempo de desarrollo de pupación con respecto al control (8 días;  $F= 8.14$ ;  $gl= 4$ ;  $p= \leq 0.0001$ ; Cuadro 18).

El ácido linoleico obtenido de *C. papaya* a 50 y 100 ppm disminuyó el peso de la larva en 4.5 y 4.6% a los siete día, mientras que a los 14 días a 50, 100, 1000 y 10 ppm disminuyó su peso en 21.1, 28.5, 31.2, y 39.9 mg. Aumentó el desarrollo larval en 41.1 días y la pupal en siete días (Figuroa-Brito, 2011).

Analizando ambos estudios, en el presente estudio el ácido linoleico a 160 ppm disminuyó más del 79 y 44% el peso de la larva de *S. frugiperda* a los siete y 14 días. En cambio, el ácido linoleico obtenido de *C. papaya* a 50 y 100 ppm disminuyó menos del 5 y 30% el peso de la larva de *S. frugiperda*. Por lo que el ácido linoleico obtenido de *J. curcas* resultó ser más activo del ácido linoleico obtenido de *C. papaya*.

#### **Actividad insecticida del ácido linoleico**

De la viabilidad de la larva, solo la concentración a 400 ppm fue activa al reducir la viabilidad larval en *S. frugiperda* en un 64% con respecto al control (10%;  $F= 85.18$ ;  $gl= 4$ ;  $p= \leq 0.0001$ ; Cuadro 19 y Figura 18). En cambio, la viabilidad de la pupa fue reducida con todas las concentraciones del ácido linoleico ( $F= 188.75$ ;  $gl= 4$ ;  $p= \leq 0.0001$ ) donde las concentraciones 400, 160, 1000 y 600 ppm redujeron la viabilidad en pupas en 76, 60, 56 y 48% con respecto a las pupas del control (10%; Cuadro 18 y Figura 19).

En otro estudio, Ramos-López *et al.*, (2012) reportó que el ácido linoleico obtenido de otra (Euphorbiaceae) *Ricinus communis* a 400 ppm, redujo la viabilidad larval en 37.5% y la viabilidad pupal en 20% de *S. frugiperda*. Por otra parte Figuroa-Brito. (2011) reportó al ácido linoleico de *Carica papaya* con actividad insecticida al provocar una mortalidad del 83, 66 y 53% a 50, 100 y 1000 ppm en larvas de primer instar de *S. frugiperda*, Mientras que Yousef *et al.*, (2013), demostró el efecto insecticida del ácido linoleico obtenido de manera comercial a través de ABCRGmbH & Co KG, en el segundo y cuarto instar larval de *Spodoptera littoralis* Boisduval (Lepidoptera: Noctuidae) con una Concentración Letal Media ( $CL_{50}$ ) de 4.78 y 9.11 g / 100 ml, respectivamente.

De acuerdo a los estudios anteriores el ácido linoleico obtenido de *J. curcas* resulta ser más activo en la reducción de la viabilidad larval, que al ser obtenido de *R. communis*,

pero ligeramente menos eficiente que al ser obtenido por las plantas *C. papaya* y el obtenido de manera comercial, ya que a menores concentraciones los porcentajes de mortalidad larval fueron mayores.

**Cuadro 18.** Actividad insecticida e insectistática del ácido linoleico contra *Spodoptera frugiperda*.

Ácido Linoleico (ppm)	Peso larval (mg)		Desarrollo Larval (días)	Viabilidad Larval (%)	Peso pupa (mg)	Desarrollo Pupal (días)	Viabilidad Pupal (%)
	7 días	14 días					
160	30.52±6.6d	177.70±8.5d	24±0.8a	64±5.4b	154.88b	9.5±1.6b	40c
400	25.08±0.5e	165.64±9.7e	24±0.7a	36±5.4c	156.58b	11.7± 0.9a	24±5.4d
600	93.47±3.7b	264.76±11b	23±0.9a	62±4.4b	195.06a	9±1.5b	52±4.4b
1000	87.38±4.5c	239.43±8c	22±0.9b	56±5.4b	193.71a	8.6±1.3b	44±5.4c
Control	108.8±7.7a	320.2±8.2a	21±1b	90a	190.1±6.4a	8± 0.9b	90a

Los resultados son la media de 30 mediciones ± error estándar. Medias en la misma columna seguidas de diferentes letras fueron significativamente diferentes (Prueba de Tukey, p<0.05).



**Figura 18.** Cambios morfológicos en larvas de *Spodoptera frugiperda*, provocados por el ácido linoleico.



**Figura 19.** Deformaciones en alas en adultos de *Spodoptera frugiperda*, provocados por el ácido linoleico.

## XII.- Conclusiones

- Evaluando los cinco genotipos UTIM 1, UTIM 2, AHUEHUETZINGO, ATENCINGO Y VANGEL 1461, se determinó que los extractos hexánico y acetónico de semillas de *Jatropha curcas* del genotipo ATENCINGO presentaron mayor actividad insecticida e insectistática contra larvas de *Spodoptera frugiperda* en la reducción del peso y en la inhibición del desarrollo de pupas.
- Se identificaron como compuestos químicos mayoritarios del extracto hexánico y acetónico de semillas de *J. curcas* del genotipo ATENCINGO, el ácido oleico, linoleico y palmítico.
- Los extractos hexánicos y acetónicos de semillas de *Jatropha curcas* del genotipo ATENCINGO pueden ser considerados como una alternativa en el control del insecto plaga *Spodoptera frugiperda*.
- Las biomoléculas ácido oleico y linoleico presentaron actividad insecticida e insectistática contra el insecto plaga *Spodoptera frugiperda*.

### XIII. - Referencias Bibliográficas

- 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.
- Alvarez, C.O., Neske, A., Popich, S. and Bardon, A. 2007. Toxic effects of annonaceous acetagenins from *Annona cherimolia* (Magnoliales: Annonaceae) on *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Pesticide Science*. 80(1): 63-67.
- Alves, D.S., Machado, A.R.T., Campos, V.A.C., Oliveira, D.F. and Carvalho, G.A. 2016. Selection of Annonaceae species for the control of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and metabolic profiling of *Duguetia lanceolata* using nuclear magnetic resonance spectroscopy. *Journal of Economic Entomology*. 109(2): 649-659.
- Arroyo, M.R. 2001. Sistema de reproducción de gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera, Noctuidae) parasitada con *Chenolus insulares* (Hymenoptera Braconidae). Dirección General de Sanidad Vegetal.17.
- Asmanizar, E., Djamin, A. and Idris, A.B. 2012. Evaluation of *Jatropha curcas* and *Annona muricata* seed crude extracts against *Sitophilus zeamais* infesting stored rice. *Journal of Entomology*. (9):13-22.
- Bahena, J., Sanchez, M., y Miranda, M. 2003. Extractos vegetales y bioplaguicidas, alternativas para el combate del "gusano cogollero del maíz" *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). *Entomología Mexicana*. (2): 366-372.
- Becker, K. and Makka, H.P.S. 2008. *Jatropha curcas*: a potential source for tomorrow's oil and biodiesel. *Lipid Technology*. (20): 104-107.
- Becerra, V. y Paredes, M. 2000. Uso de marcadores bioquímicos y moleculares en estudios de diversidad genética. *Agricultura Técnica*. 60(3): 270
- Bugguide. 2014. Especies *Spodoptera frugiperda*. <http://bugguide.net/node/view/40787> 10/09/2015.

- Burton, L. R. and Perkins, W. D. 1987. Rearing the corn earworm and fall armyworm for maize resistance studies. Proceedings of the International Symposium on Metodologies for Developing Host Plant Resistance to Maize Insects. CIMMYT. México. 35-37.
- Caceres, A. 1996. Plantas de uso medicinal en Guatemala. Primera edición. Editorial Universitaria. Universidad de San Carlos. Guatemala. (14): 1-16.
- Cárdenas, O.N. C., González, C.M.M., Figueroa, B. R., Flores, M. A., Romo, A.D., Martínez, G.D. E. y Ramos, L.M. A. 2015. Composition of the essential oil of *Salvia ballotiflora* (Lamiaceae) and its insecticidal activity. *Molecules*. 20(5): 8048-8059.
- Cantrell, C.L. Ali, A. Duke, S.O and Khan, I. 2011. Identification of Mosquito Biting Deterrent Constituents from the Idian Folk Remedy Plant *Jatropha curcas*. *Journal of Medical Entomology*. (48): 836-845.
- CONABIO. 2013. Diversidad del Maíz y Teocintle. [http://www.biodiversidad.gob.mx/genes/pdf/proyecto/Anexo9\\_Analisis\\_Especialistas/Jesus\\_Sanchez\\_2011.pdf](http://www.biodiversidad.gob.mx/genes/pdf/proyecto/Anexo9_Analisis_Especialistas/Jesus_Sanchez_2011.pdf) 11/10/2014.
- Del Rincón, C.M.C., Méndez, L.J y Ibarra, J.E. 2006. Caracterización de cepas nativas de *Bacillus thuringiensis* con actividad insecticida hacia el gusano cogollero de maíz *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Folia Entomológica Mexicana*. 45(2): 157-164.
- Díaz, N.G.N., Carpinella, M.C. and Palacios, S.M. 2009. Antifeedant ativity of ethanolic extract from *Flourensia oolepis* and isolation of pinocembrin as its active principle compound. *Bioresource Technology*. 100(14): 3669-3673.
- Devappa, R. Angulo, E.M. Makkar, H and Becker, K. 2012. Potential of using phorbol esters as an insecticide against *Spodoptera frugiperda*. *Industrial Crops & Products*. (38): 50-53.

- Dos Santos Silva, C.T., Wanderley-Teixeira, V., da Cunha, F.M., de Oliveira, J.V., de Andrade Dutra, K., Navarro, D.M.D.A.F. and Teixeira, Á.A.C. 2016. Biochemical parameters of *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) treated with citronella oil (*Cymbopogon winterianus* Jowitt ex Bor) and its influence on reproduction. *Acta Histochemica*. 118(4): 347-352.
- Edgardo, C.M. y Valenzuela E.F.A. 2011. Efectividad de insecticidas novedosos al 100 y 50% de la dosis sobre gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) en maíz. INIFAP. Campo Experimental Valle del Fuerte. Sinaloa.
- Figuroa, B. R. 2011. Incidencia del Gusano Cogollero *Spodoptera frugiperda* Smith en Ocoyucan, Puebla y Actividad Bioinsecticida de Semillas de *Carica papaya* L. y *Trichilia havanensis* JACQ. Tesis para obtener el grado de Doctor en Ciencias. Colegio de Posgraduados, Campus Puebla. México.
- Figuroa, B. R. 2012. Evaluación de extractos crudos de los polvos activos de *Jatropha curcas* sobre insectos plagas (colectas del banco de SINAREFI, de Veracruz, Morelos y Puebla). Yautepec, Morelos. 8-11.
- Flores-Macías, A., Vela-Correa, G., Rodríguez-Gamiño, M., Akhtar, Y., Figuroa-Brito, R., Pérez-Moreno, V., Rico-Rodríguez, M.A. y Ramos-López, M.A. 2016. Efecto de nitrato de potasio en la producción de ricinina por *Ricinus communis* y su actividad insecticida contra *Spodoptera frugiperda*. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 39(1): 41-47.
- Flores, O y Figuroa, V. 2010. Producción y ensilaje de maíz forrajero de riego. Folleto Técnico No 30. Campo experimental Zacatecas, CIRNOC-INIFAP. Calera, Zacatecas. 41.
- García, F.R., Mosquera, M.E. Vargas, C.A. y Rojas, L.A. 2002. Control biológico, microbiológico y físico de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), plaga del maíz y otros cultivos en Colombia. *Revista Colombiana de Entomología*. 28(1): 53-54.
- Giongo, A.M.M., Vendramim, J.D. and Forim, M.R. 2016. Evaluation of neem-based nanoformulations as alternative to control fall armyworm. *Ciência e Agrotecnologia*. 40(1): 26-36.

- González, R.K. 2010. Vulnerabilidad del mercado nacional de maíz (*Zea mays* L.) ante cambios exógenos internacionales. Tesis de Maestría en Ciencias Socioeconómica, Estadística e Informática Economía. COLPOS. Edo. de México. 117.
- Herrera, C.S.M. 2013. Alteraciones morfológicas de *Spodoptera frugiperda* Smith (Lepidoptera: Noctuidae) causadas por ácidos grasos de origen comercial y su efecto en el integumento. Tesis para la obtención del grado de biólogo. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos.
- Huang, M.X., Hou, P., Wei, Q. and Chen, F. 2008. A ribosome inactivating protein (curcin 2) induced from *Jatropha curcas* can reduce viral and fungal infection in transgenic tobacco. *Plant Growth Regulation*. (54): 115-123.
- INE. 2007. Los plaguicidas y su transporte en el medio ambiente. Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Químicas (CICOPLAFEST) México. 32-36.
- Judd, S.W., Campbell, C.S., Kellogg, E.A., Stevens, P.F. and Donogue, M.J. 2008. *Plant systematics: A phylogenetic approach*. 3a ed. SINAUER ASSOCIATES, INC. 355-359.
- Kang, S.S., Cordell, A., Soejarto, D.D., and Fong, H.H.S. 1985. Alkaloids and flavonoids from *Ricinus communis*. *Journal Natural Products*. 48(1): 155–156.
- Kamel, A.M. 2010. Can We Use the Moringa Oil as Botanical Insecticide Against *Spodoptera frugiperda*? *Academic Journal of Entomology*. 3(2): 59-64.
- Kato, T.A.C. Mapes, L.M. Mera, J.A. y Serratos, R.A. 2009. Origen y diversificación del maíz: una revisión analítica. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F. 116.
- Lin, J., Yan, F., Tang, L. and Chen, F. 2003. Antitumor effects of curcin from seeds of *Jatropha curcas*. *Acta Pharmacologica Sinica*. 24(3): 241-246.
- Luo M.J.; Liu, W.X.; Yang, X.Y.; Xu Y.; Yan, F.; Huang, P. and Chen, F. 2007. *Russian J. Plant Physiol*. 54(2): 202-206.

- Makkar, H.P.S., Aderibigbe, A.O., and Becker, K. 1998. Comparative evaluation of nontoxic and toxic varieties of *Jatropha curcas* for chemical composition, digestibility, protein degradability and toxic factors. *Food Chemistry*. (62): 207–215.
- Makkar, H.P.S. 1993. Antinutritional factors in foods for livestock. In *Animal production in developing countries*, eds. M. Gill, E. Owen, G. E. Pollot, and T. L. J. Lawrence,., Edinburgh: *British Society of Animal Production*. 69–85.
- Makkar, H.P.S. and Becker, K. 1997. Potential of *Jatropha curcas* seed meal as a protein supplement to livestock feed, constraints to its utilization and possible strategies to overcome constraints to its utilization. In *Proceedings Jatropha 1997: International symposium on Biofuels and Industrial Products from Jatropha curcas and other tropical oil seed plants*, February, Managua, México. 23–27.
- Makkar, H.P.S. and Becker, K. 1999. Edible provenances of *Jatropha curcas* from Quintana Roo State of Mexico and effect of roasting on antinutrient and toxic factors in seeds. *Plant Food for Human Nutrition*. 31-36.
- Martínez-Herrera, J. 2006. Caracterización Genético, Nutricional y No nutricional de *Jatropha curcas* L. de México. Escuela nacional de ciencias biológicas, México.
- Murua, M.G. y Virla E.G. 2004. Presencia invernal de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en al área maicera de la provincia de Tucumán, Argentina. *Revista de la Facultad de Agronomía*. 105(2): 46-52.
- Musa, A.K., Belewu, M.A., Adekola, F.O., Olarewaju, B.O. and Ibraheem, S.O. 2011. Costs analysis and toxicity of *Jatropha curcas* L. on maize weevil, *Sitophilus zeamais* Motsch. *African Journal of Plant Science*. (5): 233-236.
- Niir Board of Consultants and Engineers (NBCE). 2006. *Jatropha (Biodiesel), Ashwagandha, Stevia, Brahmi and Jatamanshi herbs*, Asia Pacific Business Press Inc.
- Ochoa, M.J., Carpenter, E.J., Heinrichs, A.E and Foster, E.J. 2003. Parasitoids and parasites of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Americas and Caribbean basin: an inventory. *Florida Entomologist*. 86(3): 254-289.

- Oliveira, J. 2008. Characteristics and composition of *Jatropha gossypifolia* and *Jatropha curcas* L. oils and application for biodiesel production. *Biomass and Bioenergy*. (33): 449
- Pérez-Gutiérrez, S., Sánchez-Mendoza, E. Martínez-González, D. Zavala-Sánchez, M.A. and Pérez-González, C. 2012. Kramecyne a new anti-inflammatory compound isolated from *Krameria cytisoides*. *Molecules*. 17(2): 2049-2057.
- Pérez, G.S. Zavala, S.M. Gonzales, C.M. Cárdenas, O.N and Ramos, L.M. 2011. Bioactivity of *Carica papaya* (Caricaceae) against *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Molecules*. 16(9): 7502-7509.
- Quin, X., Zhang, J., Shao, C. and Chen, F. 2009. Isolation and characterization of curcin promoter from *Jatropha curcas* L. and its regulation of gene expression in transgenic tobacco plants. *Plant Molecular Biology Reporter*. (27): 275-281.
- Ramos-López, M. A. Pérez, G. S. Rodríguez-Hernández, C. Guevara-Ferrer, P. and Zavala-Sánchez, M. A. 2010. Activity of *Ricinus communis* (Euphorbiaceae) against *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *African Journal of Biotechnology*. 9(9): 1359-1365.
- Ramos-López, M.A. González-Chávez, M.M. Cárdenas-Ortega, M.A. Zavala-Sánchez, M.A. and Pérez, G.S. 2012. Activity of the main fatty acid components of the hexane leaf extract of *Ricinus communis* against *Spodoptera frugiperda*. *African Journal of Biotechnology*. 11(18): 4274-4278.
- Rathbauer, J. Sonnleitner, A. Pirot, R. Zeller, R and Bacousky, D. 2012. Characterization of *Jatropha curcas* seeds and oil from Mali. *Biomass and Bioenergy*. (47): 201-210.
- Retes, M.R.F. 2010. Demanda de tortilla de maíz en México, 1996-2008. Tesis de Doctorado Socioeconómica, Estadística e Informática. COLPOS. Edo. De México. 177.
- Ribeiro, S.S, Bernardo R.A. and Pessoa, S.M.A. 2012. Chemical constituents of methanolic extracts of *Jatropha curcas* L and effects on *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). *Química Nova*. 35(11): 2218-2221.

- Rodríguez, C y Vendramin, J. 1996. Toxicidad de extractos de Meliaceae en *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Manejo Integral de Plagas*. (42): 14-22.
- SAS (2011) SAS versión 9.3 SAS Institute Inc. North Carolina.
- Sâmia, R.R., de Oliveira, R.L., Moscardini, V.F. and Carvalho, G.A. 2016. Effects of aqueous extracts of *Copaifera langsdorffii* (Fabaceae) on the growth and reproduction of *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). *Neotropical Entomology*. 1-8. DOI 10.1007/s13744-016-0398-6.
- Secretaría de Economía (SE). 2012. Dirección general de industrias básicas. Análisis de la cadena de valor maíz tortilla: Situación actual y factores de competencia local. México. 5-10.
- Sen, S., Makkar, H.P.S. and Becker, K. 1998. Alfalfa saponins and their implication in animal nutrition. *J. Agric. Food Chem.* (46): 131–140.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (SIAP). 2013. <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/> 11/10/2014.
- Sousa, B.T.F. Castro, A.H.N. Queiroz, F.M. Fernandes, D.P. Mendoca, S. Ribeiro, A.A.J and Medeiros, P.E. 2015. Fatty acid profiles of species of *Jatropha curcas* L. *Jatropha mollissima* (Pohl) Baill. And *Jatropha gossypifolia* L. *Journal of Industrial Crops and Products*. (73): 106-108.
- Tamez, G.P, W.L.J, Galán, R.H Medrano, G.C, García, P.C, Rodríguez, F.R.A y Gómez, G.R. 2001. Bioinsecticidas: su empleo, producción y comercialización en México. *Ciencia UANL*. 4(2):143-152.
- Villa, M. y Catalán, E.A. 2004. Determinación de estadios larvales de *Spodoptera frugiperda* (J.E Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) para la construcción de un modelo de predicción. *Folia Entomológica Mexicana*. (43): 307-312.
- Vivas, L. 2003. Plagas agrícolas de Venezuela: Artrópodos y Vertebrados: Gusano ejército *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) 1797. Ed. Entomología Venezolana.
- Yousef, H. EL-Lakwah, S. F. and Y. A. El-Sayed. 2013. Insecticidal activity of linoleic acid against *Spodoptera littoralis* (Boisd.). *Egypt. J. Agric. Res.* (In press).

Yousef, H and Moustafa, H.Z. 2013. Toxic Effect of Oleic Acid and Ripe Fruit Oil of *Melia azedarach* on *Pectinophora gossypiella* (Saunders) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*. 23(2): 309-313.