



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y ESTUDIOS DE POSGRADO



EXTRACTOS VEGETALES PARA EL MANEJO DE *Plutella xylostella*
EN CULTIVO DE BRÓCOLI *Brassica oleracea* var. *Italica*

Por:

Ing. Ma. del Socorro Estrada Pérez

Tesis presentada como requisito parcial para obtener el grado de
Maestra en Producción Agropecuaria



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y ESTUDIOS DE POSGRADO



EXTRACTOS VEGETALES PARA EL MANEJO DE *Plutella xylostella*
EN CULTIVO DE BRÓCOLI *Brassica oleracea* var. *Italica*

Por:

Ing. Ma. del Socorro Estrada Pérez

Tesis presentada como requisito parcial para obtener el grado de
Maestra en Producción Agropecuaria

Asesores:

Dr. Heriberto Méndez Cortés

Dr. José Marín Sánchez

Dr. José Pablo Lara Ávila

El trabajo titulado “**EXTRACTOS VEGETALES PARA MANEJO DE *Plutella xylostella* EN CULTIVO DE BRÓCOLI *Brassica oleracea* var. ITALICA**” fue realizado por **Ma. del Socorro Estrada Pérez** como requisito parcial para obtener el grado de “Maestra en Producción Agropecuaria” y fue revisado y aprobado por el suscrito Comité de Tesis.

Dr. Heriberto Méndez Cortés
Director de tesis

Dr. José Marín Sánchez
Asesor

Dr. José Pablo Lara Ávila
Asesor

Ejido Palma de la Cruz, Municipio de Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P. a 27 días del mes de enero de 2017.

DEDICATORIA

A Dios

A mi Familia

A mis Profesores

Gracias a todos

Socorro

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, CONACYT por otorgarme una beca con el número de apoyo 396450, para realizar esta maestría.

A la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, por permitirme crecer profesionalmente.

A la Facultad de Agronomía y Veterinaria, por las facilidades otorgadas.

A los profesores de la Maestría, por su paciencia y disponibilidad.

A los asesores de este trabajo, por su valiosa aportación para el mismo.

Al productor Magdaleno Aguilar Esparza por permitirme desarrollar el experimento en la parcela de su propiedad.

A todas las personas del campo agrícola de la Facultad que en algún momento me apoyaron para el desarrollo del experimento.

CONTENIDO

	Página
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
CONTENIDO.....	iv
ÍNDICE DE CUADROS.....	viii
ÍNDICE DE FÍGURAS.....	ix
RESUMEN.....	x
SUMMARY.....	xi
INTRODUCCIÓN.....	1
Hipótesis.....	2
Objetivos.....	2
REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
Generalidades del Cultivo de Brócoli.....	3
Origen y usos.....	3
Importancia del cultivo de brócoli.....	3
Taxonomía y morfología.....	5
Morfología de <i>Brassica oleraceae</i> var. <i>Itálica</i>	5
Fisiología del Crecimiento y la Reproducción.....	6
Fase juvenil.....	6
Fase de inducción floral.....	6
Fase de formación de cogollos de pre inflorescencias o inflorescencias.....	6
Fase de floración.....	6
Condiciones Climáticas y de Suelo.....	7
Clima.....	7
Suelo.....	7
Riego.....	7
Nutrición.....	8

Palomilla Dorso de Diamante <i>Plutella xylostella</i>	8
Importancia.....	8
Clasificación taxonómica.....	8
Origen y distribución.....	9
Descripción morfológica.....	9
Huevo.....	9
Larva.....	10
Prepupa y pupa.....	11
Adultos.....	11
Ciclo biológico.....	12
<i>Plutella xylostella</i> como plaga.....	12
Resistencia a insecticidas.....	13
Extractos Vegetales.....	13
Antecedentes.....	13
Insecticidas naturales a partir de extractos vegetales.....	14
Reguladores de crecimiento.....	15
Inhibidores de la alimentación.....	15
Repelentes.....	16
Compuestos aislados con fines insecticidas.....	16
Rotenona.....	16
Piretrinas.....	16
Azadiractina.....	17
Limonoides.....	17
Alcaloides.....	17
MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
Ubicación del Lugar de la Investigación.....	19
Ubicación política.....	19
Ubicación geográfica.....	19
Ubicación ecológica.....	19

Clima.....	19
Temperatura.....	19
Precipitación.	20
Suelo.....	20
Vegetación.....	20
Desarrollo Experimental.....	20
Preparación de extractos.....	21
Purín.....	21
Infusión.....	21
Decocción.....	21
Maceración.....	22
Extracto de flores.....	22
Baño de semillas.....	22
Preparación de los extractos aplicados.....	22
Extracto acuoso de chile habanero (<i>Capsicum chinense</i>).....	22
Extracto acuoso de orégano (<i>Origanum vulgare</i>).....	22
Extracto acuoso de tomillo (<i>Thymus vulgaris</i>).....	23
Labores culturales.....	23
Trasplante.	23
Deshierbe.....	23
Riegos.....	23
Fertilización.....	24
Control fitosanitario.....	24
Cosecha.....	24
Materiales.....	25
Equipo, insumos y herramientas.....	25
Equipo.....	25
Insumos.....	25
Herramientas.....	25

Métodos.....	25
Diseño experimental.....	25
Modelo estadístico.....	26
Tratamientos.....	27
Extracto de chile habanero (<i>Capsicum chinense</i>).....	27
Extracto de orégano (<i>Origanum vulgare</i>).....	27
Extracto de tomillo (<i>Thymus vulgaris</i>).....	27
Permetrina.....	27
Testigo.....	27
Características de la unidad experimental.....	27
Variables evaluadas.....	28
Altura de planta (cm).....	28
Peso de inflorescencia (g).....	28
Daño ocasionado por <i>Plutella xylostella</i> (%).....	28
Métodos estadísticos.....	28
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	29
Altura de planta (cm)	29
Peso de inflorescencia (g).....	32
Daño ocasionado por <i>Plutella xylostella</i> (%).....	35
Comportamiento de <i>P. xylostella</i> en las diferentes concentraciones durante el ciclo del cultivo.....	36
Relación del comportamiento de <i>Plutella xylostella</i> y las condiciones ambientales.....	39
CONCLUSIONES.....	41
LITERATURA CITADA.....	42
ANEXO 1. Convenio de colaboración.....	48
ANEXO 2. Carta compromiso.....	49
ANEXO 3. Tríptico.....	50

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Composición nutritiva de brócoli (por 100g de producto comestible).....	4
2	Clasificación taxonómica de <i>Brassica oleracea</i> var. <i>Italica</i>	5
3	Clasificación taxonómica de la palomilla dorso de diamante.....	8
4	Ciclo biológico de la palomilla dorso de diamante <i>Plutella xylostella</i> (Lim.) en tiempo fisiológico.....	12
5	Tratamientos producto de las combinaciones posibles entre los niveles de los factores.....	26
6	Análisis de varianza indicativo para el arreglo factorial bajo un diseño en bloques completos al azar.....	27
7	Cuadrados medios del análisis de varianza de la variable Altura de planta (cm).....	29
8	Cuadrados medios del análisis de varianza de la variable Peso de inflorescencia (g).....	32

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Origen de <i>Brassica oleracea</i> var. <i>Italica</i>	3
2	Distribución biogeográfica de <i>Plutella xylostella</i>	9
3	Huevos de <i>Plutella xylostella</i>	10
4	Larvas de <i>Plutella xylostella</i>	10
5	Pupa de <i>Plutella xylostella</i>	11
6	Adulto de <i>Plutella xylostella</i>	12
7	Comparación de medias de los tratamientos para la altura de planta (cm).....	30
8	Comparación de medias de las concentraciones para la altura de planta (cm).....	31
9	Comparación de medias de los tratamientos (plaguicidas) para el peso de inflorescencia (g).....	33
10	Comparación de medias de las concentraciones para el peso de inflorescencia (g).....	34
11	Porcentaje de daño, Factor A tratamientos GL = 4 P = 0.179.....	35
12	Porcentaje de daño Factor B, concentraciones GL = 2, P = 0.247.....	36
13	Fluctuación de <i>P. xylostella</i> en concentración al 70% de los extractos.....	37
14	Fluctuación de <i>P. xylostella</i> en concentración al 40% de los extractos.....	38
15	Fluctuación de <i>P. xylostella</i> en concentración al 30% de los extractos.....	39
16	Comportamiento de la temperatura y precipitación durante el ciclo del cultivo.....	40

RESUMEN

El Brócoli *Brassica oleracea* var. *Itálica*, es un cultivo susceptible a la presencia de insectos-plaga, tales como la palomilla dorso de diamante (*Plutella xylostella*). La tendencia actual en la agricultura es disminuir el uso de agroquímicos sintéticos para el control de plagas; por ello, en la presente investigación se evaluó el efecto de ciertos tratamientos para disminuir las poblaciones de esta plaga en el cultivo de brócoli. Se realizó un experimento factorial bajo un diseño en bloques completos al azar; se utilizaron cinco tratamientos en el factor A, los cuales fueron 1) extracto de *Capsicum chinense*, 2) extracto de *Origanum vulgare*, 3) extracto de *Thymus vulgaris*; 4) Permetrina y 5) testigo; el factor B involucro tres concentraciones (70%, 40% y 30%;). Las variables evaluadas fueron: altura de planta, peso de inflorescencia y daño ocasionado por *P. xylostella*. Los análisis se basaron en pruebas paramétrica para altura y peso; en tanto que el daño se realizó por métodos no paramétricos, ambos con un $\alpha \leq 0.05$. Los resultados muestran que existen diferencias estadísticas entre los tratamientos. Lo anterior sugiere que la aplicación de estos extractos puede ser una alternativa ecológica para reducir las aplicaciones de agroquímicos para el control de esta plaga.

Palabras clave: *Plutella xylostella*, extractos vegetales.

SUMMARY

Broccoli *Brassica oleracea* var. *Italica*, is a crop susceptible to the presence of insect-plague, such as the diamondback moth (*Plutella xylostella*). The current trend in agriculture is to reduce the use of synthetic agrochemicals for pest control; Therefore, in the present investigation the effect of certain treatments to reduce the populations of this pest in the cultivation of broccoli was evaluated. A factorial experiment was performed under a randomized complete block design; Five treatments were used in factor A, which were 1): extract of *Capsicum chinense*, 2) extract of *Origanum vulgare*, 3) extract of *Thymus vulgaris*; 4) Permethrin and 5) control; The factor B involved three concentrations (70%, 40% and 30%;). The evaluated variables were: plant height, inflorescence weight and damage caused by *P. xylostella*. The analyzes were based on parametric tests for height and weight; While the damage was performed by non-parametric methods, both with $\alpha \leq 0.05$. The results show that there are statistical differences between treatments. This suggests that the application of these extracts can be an ecological alternative to reduce the agrochemical applications for the control of this pest.

Key words: *Plutella xylostella*, plant extracts

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con Atlas Agroalimentario (2015). China ocupa el primer lugar en la producción de brócoli con 9,100.000 toneladas, aportando el 41% que se genera a nivel mundial; mientras que para este mismo año México ocupa el cuarto lugar con 415,812 toneladas aportando el 2.2%.

En la República Mexicana, los principales estados productores de acuerdo con los volúmenes de producción son Guanajuato, Michoacán, Puebla y Jalisco aportando casi el 87% del volumen nacional (Atlas Agroalimentario, 2015).

La producción de brócoli en México se ha convertido en una actividad remunerada que ha incrementado significativamente su cultivo; sin embargo, los costos de producción son altos debido al gran consumo de agroquímicos principalmente para el control de la palomilla dorso de diamante (*Plutella xylostella*) (Lepidoptera: Plutellidae; (Bújanos y Marín, 2005). La tendencia actual del manejo de plagas es utilizar menos agroquímicos (Hernández–Lauzardo *et al.*, 2007) y para ello se recurre al manejo integrado de plagas.

La palomilla dorso de diamante se considera uno de los insectos plaga más importante para las Brassicaceas, ya que las larvas consumen el área fotosintética. El mayor daño es provocado por la presencia de larvas, lo que reduce la producción (Bújanos y Marín, 2005). Sus poblaciones pueden alcanzar frecuentemente el 75% del total de insectos en un cultivo y causan pérdidas de hasta el 90% en la producción (Shelton *et al.*, 2000).

Para atender esta problemática, se considera necesaria la búsqueda de alternativas de manejo, que generen menos costos, menos riesgos para el ambiente, la salud humana y mayor eficacia contra los insectos–plaga, tal es el caso de sustancias derivadas del metabolismo secundario de las plantas; los aceites esenciales y extractos vegetales que se han reportado como biocidas en contra de una amplia gama de microorganismos

como bacterias, hongos, virus, protozoarios insectos y plantas (Kalemba y Kunicka, 2003).

En el presente trabajo, se determinó la eficiencia de los extractos de plantas tales como chile habanero (*Capsicum chinense*), orégano (*Origanum vulgare*) y tomillo (*Thymus vulgaris*) para el control de la palomilla dorso de diamante en el cultivo de brócoli; así como, la dosis óptima de aplicación, rendimiento e incidencia de la plaga en relación a las variables ambientales.

Hipótesis

Los extractos de origen vegetal son eficientes para el manejo de *P. xylostella* en el cultivo de brócoli.

Objetivo General

Evaluar la eficiencia de diferentes extractos vegetales en el manejo de *Plutella xylostella*.

Objetivos específicos

- Determinar la mejor concentración de los diferentes extractos para el manejo de *P. xylostella*.
- Evaluar el rendimiento del cultivo de brócoli al utilizar extractos vegetales.
- Relacionar el comportamiento de *Plutella xylostella* con las condiciones ambientales.

REVISIÓN DE LITERATURA

Generalidades del Cultivo de Brócoli

Origen y usos

Esta hortaliza es originaria de las costas del Mediterráneo y Asia menor, donde se localiza Grecia, Turquía y Siria. De ahí fue llevada a Inglaterra, Dinamarca, Holanda, España y Francia. Su nombre proviene del término Italiano “Broco”, que quiere decir brote, en alusión a la parte comestible y preciada de la planta. Su diseminación por el mundo se le atribuye a los comerciantes y navegantes del Mediterráneo, como también a los intercambios culturales que se dieron durante la expansión y consolidación de las culturas del Mediterráneo como la Griega, Romana, Musulmana entre otras (Jaramillo y Díaz, 2006).



Figura 1. Origen de *Brassica oleraceae* var. Italica.

Importancia del cultivo de brócoli

De acuerdo con el Atlas Agroalimentario (2015), realizado por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), el volumen de producción de brócoli en México ascendió 445 mil 886 toneladas en el año

2016, de las cuales el 62% corresponde a Guanajuato, principal entidad productora de brócoli; seguido por, Michoacán, Puebla, Jalisco, Sonora, Tlaxcala, Aguascalientes, Querétaro y Baja California.

El producto que se cosecha del cultivo, se destina principalmente para el mercado de exportación, que representa una fuente de divisas y un incentivo para los productores (Bújanos, 2000). El cultivo de las hortalizas en el mundo es una actividad importante por el papel que juegan en la seguridad alimentaria de la población. El brócoli (*Brassica oleraceae* var. *Itálica*), es una planta comestible baja en calorías (27-32 Cal/100 g) y con un alto contenido en vitamina A, así como también un contenido de minerales apreciable que refuerza sus propiedades anticancerosas debido a su poder antioxidante (Maroto, 2007).

Investigaciones han demostrado que el brócoli contiene una sustancia anticancerígena llamada sulforofano, compuesto que estimula el organismo a producir enzimas capaces de combatir el cáncer, al contrario del efecto que produce la vitamina E y otros antioxidantes, que inciden directamente sobre las moléculas que desencadenan el cáncer (Jaramillo y Díaz, 2006).

Cuadro 1. Composición nutritiva de brócoli (por 100g de producto comestible) (Watt *et al.*, 1975, Citado por Maroto, 2007).

Componentes	Brócoli
Agua	89.1%
Valor energético	32 Cal.
Proteínas	3.6 g
Lípidos	0.3 g
Glúcidos	5.9 g
Fibra	1.5 g
Calcio	103 mg
Fósforo	78 mg
Hierro	1.1 mg
Sodio	15 mg
Potasio	382 mg
Vitamina A	2500 UI
Tiamina	0.10 mg
Rivoflavina	0.23 mg
Niacina	0.9 mg
Ácido Ascórbico	113 mg

El uso principal de esta hortaliza es para consumo humano debido a su alto valor nutritivo y medicinal (Cuadro 1), que radica principalmente en su contenido de fibras, vitaminas, proteínas y carotenos. Otra característica es que el contenido de cromo ayuda a regular la insulina y el azúcar en la sangre, reduciendo el riesgo de diabetes (Jaramillo y Díaz, 2006).

Taxonomía y Morfología.

El brócoli es parte del grupo de las Brassicaceas y su clasificación taxonómica se muestra en el cuadro 2.

Cuadro 2. Clasificación taxonómica de *Brassica oleracea* var. *Italica*

Clasificación taxonómica	
Reino	Vegetal
Subreino	Antofhyta
División	Spermatofhytas
Subdivisión	Angiosperma
Clase	Dicotiledónea
Orden	Archiclamideae
Familia	Brassicaceae
Género	<i>Brassica</i>
Especie	<i>oleracea</i>
Variedad	<i>Italica</i>
Nombre científico	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>Italica</i>
Nombre común	Brócoli

Morfología de *Brassica oleracea* var. *Itálica*

El brócoli es una planta herbácea que puede llegar a medir hasta 70 cm de altura, con un tallo suculento único; hojas estrechas y ergidas; peciolo generalmente desnudos; limbos con bordes ondulados y nervaduras más marcadas y blancas; raíz pivotante con raíces secundarias y superficiales; flores pequeñas en forma de cruz de color amarillo; fruto de valvas ligeramente convexas con un solo nervio longitudinal; semillas de color rosáceo (Pinto, 2003).

Fisiología del Crecimiento y la Reproducción

Fase juvenil

En la fase de juvenil, se inicia con la germinación y se caracteriza porque a lo largo de este estadio, la planta desarrolla solamente hojas y raíces. El intervalo óptimo de germinación se establece entre 20 y 30°C (Maroto *et al.*, 2007). Su duración varía de 6-8 semanas para las variedades tempranas, en cuyo periodo desarrollan unas 5 a 7 hojas, y de hasta 10-15 semanas para las variedades más tardías, para formar una masa vegetativa de 20 a 30 hojas (Jaramillo y Díaz, 2006).

Fase de inducción floral

La planta continúa formando hojas igual que en la fase anterior, pero además se inician cambios fisiológicos encaminados a formar las inflorescencias o pellas; la temperatura es el factor que determina esta variación y su efecto se produce con temperaturas próximas a los 15 °C. Para alcanzar buenos rendimientos e inflorescencias de calidad es fundamental que las plantas hayan logrado, hasta este momento, un buen follaje (Jaramillo y Díaz, 2006).

Fase de formación de cogollos de pre inflorescencias o inflorescencias

Tras haber sido inducida la floración, las plantas dejan de formar nuevas hojas y las que ya se habían formado poseen una tasa de crecimiento menor; la mayor parte de las sustancias de reserva elaboradas por las hojas, son movilizadas hacia el meristemo de crecimiento apical, que sufre una serie de transformaciones y multiplicaciones que conducen a la formación del cogollo apretado de la inflorescencia (Maroto *et al.*, 2007).

Fase de floración

Por las razones anteriormente expuestas, en el caso del brócoli la floración es un fase que una vez que inicia se da de forma rápida. De ahí que en plena recolección de

brócolis sea frecuente observar alguna flor abierta y muy usual cuando no se recolecta con la frecuencia adecuada; en el desarrollo de esta fase poseen una gran influencia dos factores del clima: temperatura y humedad; las variedades de invierno suben a flor inmediatamente después de haber formado el cogollo (Maroto *et al.*, 2007).

Condiciones Climáticas y de Suelo

Clima

Debido a que es originario de una región sub-húmeda, se adapta bien a condiciones de temperaturas moderadas, con agua fácilmente disponible, humedad relativa de media a alta, así como luminosidad moderada. Tolera heladas suaves, pero al estar la inflorescencia presente se produce congelación y posterior pudrición en las flores; sin embargo, puede desarrollarse en temperaturas entre 14° y 25°C. Se adapta a alturas entre 1800 y 2600 m.s.n.m. y precipitaciones no mayores a 1400 mm por año (Jaramillo y Díaz, 2006).

Suelo

El cultivo de brócoli requiere suelos profundos de textura franca y fácil drenaje, ricos en materia orgánica, es medianamente tolerante a la salinidad excesiva del suelo y del agua. De acuerdo con Barahona (2002), el cultivo requiere (4 dS.m⁻¹ de CE o 2560 ppm)

Riego

Es necesario asegurar un abundante suministro de agua, sobretodo en etapas de germinación, desarrollo y formación de inflorescencia. No se conocen con exactitud las necesidades hídricas del cultivo, lo que dificulta un poco tomar la decisión de cuanto y cuando regar, sin embargo; cuando se provee a la planta de una buena cantidad de agua a lo largo del ciclo reproductivo (sobre todo en la etapa de formación de inflorescencia), se está garantizando un mayor rendimiento (Jaramillo y Díaz, 2006).

Nutrición

La fertilización se basa conforme a los contenidos nutrimentales del suelo (análisis de suelo), el brócoli responde rápidamente a la fertilización de nitrógeno. Sin embargo se deben tomar precauciones en la aplicación de este abono inorgánico, ya que en exceso puede causar marchitamiento (SAGARPA, 2011).

Palomilla Dorso de Diamante (*Plutella xylostella*)

Importancia

También conocida como palomilla dorso de diamante, es una especie de la familia Plutellidae (Cuadro 3), con una distribución continua y global. Se ha convertido en la plaga más importante de la familia Brassicaceae y, ha sido difícil de controlar debido a que presenta resistencia a una gran cantidad de plaguicidas, su manejo ocasiona incrementos significativos en la producción (Talekar y Shelton, 1993).

Clasificación taxonómica

Cuadro 3. Clasificación taxonómica de la palomilla dorso de diamante.

<i>Plutella xylostella</i> (Linn. 1758) (Lepidóptera: Plutellidae)	
Reino	Animal
Phylum	Artrópoda
Clase	Insecta
Orden	Lepidóptera
Suborden	Frenatae
Superfamilia	Yponomeutidae
Familia	Plutellidae
Género	<i>Plutella</i>
Especie	<i>xylostella</i>

Origen y distribución

Se cree que el origen de *P. xylostella* es africano, en concreto, de Sudáfrica (Kfir, R. (1998). Sin embargo, hoy día puede encontrarse a lo largo de toda América, Europa, Sudeste Asiático, Australia, Nueva Zelanda, India, y África (Hardy, 1938; Citado por You *et al.*, 2013; Figura 2).

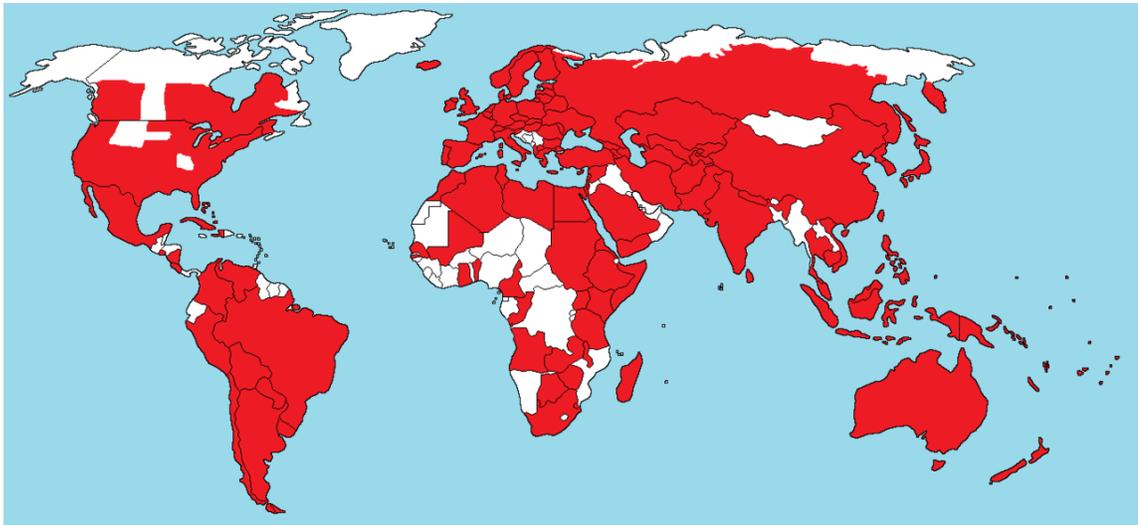


Figura 2. Distribución biogeográfica de *Plutella xylostella* (You *et al.*, 2013).

Una de las características que hacen de *P. xylostella* una de las plagas más globales es su capacidad de migración y de recorrer largas distancias, pudiéndose mantener en vuelo continuo en corrientes de aire desplazándose a distancia de hasta 1.000 Km por día (Talekar y Shelton, 1993).

Descripción morfológica

Huevo

Los huevecillos son de forma oval, color amarillo y miden aproximadamente 0.5 mm (Figura 3). Las hembras ovipositan principalmente en el envés de las hojas de forma individual o formado grupos de dos o tres; su periodo de incubación es de tres a nueve días dependiendo de la temperatura ambiental (Bújanos, 2013).

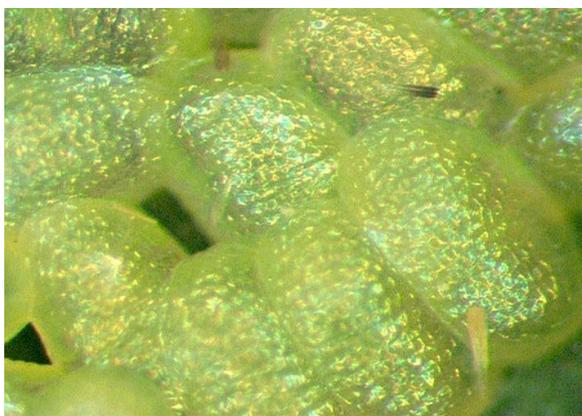


Figura 3. Huevos de *Plutella xylostella*, (Fuente: Derek Russell, Museum Victoria)

Larvas

La larva del primer estadio es de color amarillo blanquecino, con la capsula cefálica oscura; se alimenta del envés de las hojas haciendo pequeños agujeros (Figura 4), por lo general las larvas de primer y segundo instar minan entre las capas cerosas epidermales de las hojas, mientras que las larvas del tercer instar y cuarto instar se alimentan por el envés consumiendo toda la lámina foliar. Las larvas maduras del cuarto instar miden un poco menos de un centímetro de longitud y pueden ser de color verde pálido, ocre pálido, amarillo claro y castaño oscuro, con las manchas oculares negras; el último par de falsas patas se encuentra ampliamente separado en forma de “V” invertida, característica que permite identificar a las larvas de esta especie (Bújanos *et al.*, 2013).



Figura 4. Larvas de *Plutella xylostella* (Fuente: propia).

Prepupa y pupa

La larva antes de empupar cesa su alimentación y teje un capullo con hilos sedosos (Figura 5); este estado se denomina prepupa, en el la larva tiene un aspecto inflado y es de color verde más intenso. La pupa mide 0.5-0.6 cm de longitud, inicialmente es de color verde brillante y después se torna blanco crema con bandas longitudinales de color café oscuro. La emergencia del adulto se realiza a través de una abertura que el capullo tiene en el extremo anterior (Capinera, 2000).



Figura 5. Pupa de *Plutella xylostella* (Fuente: propia).

Adultos

Los adultos de esta plaga son palomillas de tamaño pequeño que miden de 1.2 a 1.5 cm con las alas extendidas y 0.5 a 0.8 cm de largo; en las alas presentan un patrón de coloración blanco cremoso en forma de tres diamantes, (Figura 6); los cuales se distinguen cuando el insecto, en estado de reposo, las tiene plegadas (Marín y Bújanos, 2001).



Figura 6. Adulto de *Plutella xylostella* (Fuente: Cornell International Institute for Food, Agriculture and Development Global Crop Pest).

Ciclo biológico

Es un lepidóptero de metamorfosis holometábola que pasa por diversas etapas en su desarrollo (Cuadro 4).

Cuadro 4. Ciclo biológico de la palomilla dorso de diamante *Plutella xylostella* (Linn.) en tiempo fisiológico.

Estado de desarrollo	Unidades calor* (arriba de 7.3°C)
Huevecillo	68.9
Larva	-
Primer instar	49.4
Segundo instar	34.6
Tercer instar	37.5
Cuarto instar	56.7
Pupa	93.1
Total de la fase inmadura	340.2
Longevidad de adultos	-
Hembras	255.5 ± 21.7
Machos	278.4 ± 29.5
Periodo pre-reproductivo	16.5 ± 5.9
No de huevecillos	224.4 ± 16.9

Fuente: Bújanos *et al.*, 2013 (Folleto técnico No. 27 Inifap)

Plutella xylostella como plaga

P. xylostella es una de las plagas más destructivas de los cultivos de crucíferas. Se encuentra ampliamente distribuida en todo el mundo y puede atacar un amplia gama de

plantas de Brassicaceas silvestres o cultivadas (Sarfraz *et al.*, 2006; Mahmoudvand *et al.*, 2009).

Resistencia a insecticidas

La palomilla dorso de diamante fue el primer insecto plaga de productos agrícolas en el mundo que desarrollo resistencia al DDT (Ankrsmi, 1953). De acuerdo con Pérez *et al.*, (1995) y Mota-Sanchez *et al.*, (2002), esta especie representa el primer caso de resistencia al insecticida microbiano *Bacillus thuringiensis*.

P. xylostella ha desarrollado resistencia a todos los insecticidas usados para su manejo (Leibee y Savage 1992; Idris 1995; Shelton *et al.*, 2000; Liu *et al.*, 2003; Nyasani *et al.*, 2008b). Los problemas de resistencia de las plagas se han reducido con la introducción de nuevas moléculas o principios activos, no obstante, lejos de resolver la situación, esta se ha tornado cada vez más compleja por fenómenos como resistencia cruzada a diferentes grupos de insecticidas (Tabashnik *et al.*, 1994; Idris 1995; Zhao *et al.*, 2001).

Extractos Vegetales

Antecedentes

El empleo de plaguicidas de origen botánico se remonta al menos a dos milenios en la antigua China, Egipto, Grecia y la India (Thacker, 2002). Incluso en Europa y América de Norte se reporta el inicio del empleo de plaguicidas de origen botánico ciento cincuenta años antes de la aparición de los plaguicidas sintéticos (organoclorados, organofosforados y piretroides).

El uso de las plantas es una práctica que existe desde los inicios de la especie humana. La etnobotánica es la ciencia que investiga la relación entre las plantas y la cultura humana en diferentes ambientes, la cual surge como un instrumento para rescatar tradiciones milenarias sobre los diversos usos que el hombre le ha dado a estas y como una alternativa de dar valor agregado a los recursos vegetales (Benítez y Valois, 2004).

Las plagas constituyen la principal limitante de la producción agrícola. Cada año una tercera parte de la producción de alimentos y de productos almacenados deben destruirse, por plagas de cultivos. Por lo cual se hace imprescindible el estudio de nuevas vías para su control (Medina, 2001). Este se ha basado, tradicionalmente, en el uso de productos químicos sintéticos, muchos de los cuales han producido, como efecto secundario, problemas de desequilibrio ambiental, salud humana y el surgimiento de plagas más agresivas.

Son responsables además de resistencia a insecticidas por parte de los insectos, (Bourguet *et al.*, 2000) y además de la importancia a la destrucción parásitos, enemigos naturales y polinizadores, entre otros integrantes del ecosistema que han visto alterado su ciclo de vida a causa de estos productos (Freemark, 1995).

Waterhouse (1986) y Ramírez (2001) menciona que existe referencia de una alta incidencia de enfermedades y diversos cuadros clínicos por intoxicación al encontrarse elevados niveles de pesticidas en la población. Puente *et al.* (2005) sostienen que el uso indiscriminado de pesticidas en las prácticas agrícolas ha causado contaminación ambiental, problemas a la salud humana y productos agrícolas inseguros.

Lo anteriormente expuesto ha llevado a la búsqueda de alternativas de control incluidas en el desarrollo de agroecosistemas sostenibles, basados en un manejo integrado del cultivo sin alterar el equilibrio del sistema (Bunch, 1997. Citado por Celis *et al.*, 2008).

Insecticidas naturales a partir de extractos vegetales

Una de estas alternativas es el uso de extractos vegetales que actúan como biocontroladores debido a la presencia de metabolitos secundarios (Cuttler y Schmutters, 1999; Ducrot, 2005). Las plantas producen sustancias de bajo peso molecular conocidas como metabolitos secundarios. Estos son normalmente, no esenciales para el proceso metabólico básico de la planta. Entre ellos se encuentran terpenos, lignanos, alcaloides, esteroides y ácidos grasos. Esta diversidad química es consecuencia del proceso

evolutivo que ha llevado a la selección de especies con mejores defensas contra el ataque microbiano o la prelación de insectos y animales (Dixon, 2001; Ducrot, 2005).

En los últimos años, se está retornando al uso de las plantas como fuente de pesticidas más seguros para el medio ambiente y la salud humana (Mansaray, 2000; Ottaway, 2001). A partir de la necesidad por encontrar una nueva alternativa natural para el control de insectos plagas y reemplazar así los pesticidas sintéticos, aparecen los insecticidas botánicos que ofrecen seguridad para el ambiente y son una eficiente opción agronómica (Céspedes *et al.*, 2000; Medina, 2001).

La mayoría de las especies de plantas que se utilizan en la protección vegetal exhiben un efecto insectistático más que insecticida, es decir, inhiben el desarrollo normal de los insectos. Esto lo pueden hacer de varias maneras tales como:

Reguladores de crecimiento

Son moléculas que inhiben la metamorfosis, al evitar que esta se produzca en el momento preciso. Otros compuestos hacen que el insecto tenga una metamorfosis precoz y se desarrolle así en una época poco favorable. También se ha observado que determinadas moléculas pueden alterar la función de las hormonas que regulan estos mecanismos, de modo que se producen insectos con malformaciones, estériles o muertos (Silva *et al.*, 2002).

Inhibidores de la alimentación

Es el modo de acción más estudiado de los compuestos vegetales como insecticidas. Un inhibidor de alimentación es un compuesto que luego de una pequeña prueba, hace que el insecto se deje de alimentar y muera por inanición. Muchos de los compuestos que muestran esta actividad pertenecen al grupo de los terpenos y se han aislado principalmente de plantas medicinales originarias de África y la India (Cuttler y Schmitteres, 1999).

Repelentes

El uso de plantas como repelentes es muy antiguo, pero no se le ha brindado la atención necesaria para su desarrollo (Tripathi *et al.*, 2000). Esta práctica se realiza con compuestos que tienen mal olor o efectos irritantes, como el ají y el ajo. Un ejemplo se observa en las prácticas realizadas por indígenas de Costa Rica, que espolvorean con ají los recipientes en los que almacenan maíz y frijol para que no se infesten de plagas (Silva *et al.*, 2002).

Numerosos compuestos químicos se producen naturalmente y funcionan en algún grado como insecticidas (Molina, 2001). Los insecticidas vegetales presentan la ventaja de ser compatibles con otras opciones de bajo riesgo aceptables en el control de insectos, como feromonas, aceites, jabones, hongos entomopatógenos, depredadores y parasitoides, lo que aumenta enormemente sus posibilidades de integración a un programa de Manejo Integrado de Plagas (Molina, 2001).

Compuestos aislados con fines insecticidas

Rotenona

Este compuesto es un insecticida de contacto e ingestión y repelente. Su modo de acción implica una inhibición del transporte de electrones a nivel de mitocondrias, bloqueando de esta forma la fosforilación del ADP a ATP. Por esto actúa inhibiendo el metabolismo del insecto. Los síntomas que presentan los insectos intoxicados con rotenona son disminución del consumo de oxígeno, depresión en la respiración y ataxia que provocan convulsiones y conducen finalmente a la parálisis y muerte del insecto por paro respiratorio (Silva *et al.*, 2002).

Piretrinas

Estos compuestos atacan el sistema nervioso central y periférico, lo que ocasiona descargas repetidas, seguidas de convulsiones. Estos compuestos taponan las entradas de

los iones de sodio a los canales, lo que genera que dichos canales sean afectados al alterarse la conductividad del ión en tránsito. La característica más importante de estos compuestos es su efecto *knock down* que hace que el insecto, al entrar en contacto con la superficie tratada, deje de alimentarse y muera. Las piretrinas son el mejor ejemplo de la copia y modificación de moléculas en laboratorio, porque dieron origen a la familia de los piretroides (Silva *et al.*, 2002).

Azadiractina

La Azadiractina es un tetraterpenoide característico de la familia Meliaceae especialmente del árbol Neem (*Azadirachta indica*). Este compuesto se encuentra en la corteza, hojas, frutos y, principalmente, en la semilla del árbol (Valladares *et al.*, 1997). En el extracto se han identificado alrededor de 18 compuestos, entre los que se destaca azadiractina, que es el que se encuentra en mayor concentración. Muestra acción antialimentaria, reguladora del crecimiento, inhibidora de la oviposición y esterilizante. Actualmente se pueden encontrar formulaciones comerciales de Neem como Neem Gold, Neemazal, Econeem, Neemark, Neemcure y Azatin, entre otros (Grainge *et al.*, 1988).

Limonoides

De plantas de la familia Rutaceae, se han aislado numerosos limonoides (naturales y modificados) para estudiar los efectos antialimentarios que provocan sobre especies de insectos plagas pertenecientes a Lepidópteros (Suresh *et al.*, 2002).

Alcaloides

Hortalizas tan comunes como papa, tomate y berenjena (familia Solanaceae) producen alcaloides conocidos como chaconina, solanina, tomatina, atropina y escopolamina, que poseen un efecto insecticida poderoso en la mayoría de los insectos, aunque algunas especies han desarrollado tolerancia a estas toxinas (Menjívar, 2001).

El papel de los metabolitos secundarios de las plantas como agentes de control ha sido establecido por Baladrin *et al.* (1985) y una aproximación de identificación de los compuestos de posible valor práctico se pueden tener al identificar plantas que son resistentes al ataque de insectos y al separar sus principios activos. Muchas familias de plantas como las Myrtaceae, Asteraceae y Piperaceae son bien conocidas por tener principios como los terpenoides y grupos de amidas que tienen efecto antialimentario, repelente e insecticida que inhibe el desarrollo y el crecimiento de muchos insectos del orden Lepidóptera (Srivastava *et al.*, 2000).

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del Lugar de la Investigación

Ubicación política

El presente trabajo se llevó a cabo en las instalaciones de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de Universidad Autónoma de San Luis Potosí con ubicación en el Km. 14.5 Carretera San Luis Potosí, Matehuala, Ejido Palma de la Cruz, Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí, S.L.P.

Ubicación geográfica

El municipio de Soledad de Graciano Sánchez se ubica entre los paralelos 22° 28' y 22° 08' de latitud norte; los meridianos 100° 45' y 100° 59' de longitud oeste; altitud entre 1700 y 2400 m. Colinda al norte con el municipio de San Luis Potosí; al este con los municipios de Villa Hidalgo, Armadillo de los Infante y Cerro de San Pedro; al sur con los municipios de Cerro de San Pedro y San Luis Potosí; al oeste con el municipio de San Luis Potosí (INEGI, 2009).

Ubicación ecológica

De acuerdo al INEGI (2009) el sitio presenta las siguientes características:

Clima

Clima: Seco templado 78.3%, muy seco templado (21.4%) y semiseco templado (0.3%)

Temperatura

Media anual es de 14-18 °C, la temperatura cálida comprende los meses de marzo a octubre y el período frío de noviembre a febrero

Precipitación

De 200-500 mm anuales

Suelo

Los suelos del área se presentan en terrenos planos ligeramente ondulados, existen extensiones grandes de terrenos de suelos aluviales, superficialmente recientes con pequeños cerros aislados, algunos con naturaleza sedimentaria y otros formados por material volcánico. Durisol (58.5%), Leptosol (16.8%), Phaeozem (11.1%) y Vertisol (7%).

Vegetación

Las variantes más comunes de vegetación son: a) Matorral de *Larrea* spp. y *Flouresia* spp.; que cubre áreas extensas, con participación de numerosas plantas suberborecentes y arbustos de los géneros *Acacia* spp. L. (Huizache), *Condalia* spp. (Tourn) Mill., *Prosopis* spp. L., *Rhus* spp. L. *Mytillocactus* spp. Cons. y *Yucca* spp. L., representando una combinación de formas biológicas numerosas, organizadas en varios estratos.

Desarrollo Experimental

La presente investigación se llevó a cabo en los meses de enero a mayo de 2016, en las instalaciones de la Facultad de Agronomía y Veterinaria, con ubicación en el Ejido Palma de la Cruz, municipio de Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí, S.L.P.

Las coordenadas geográficas del área experimental son las siguientes: 22° 14'05.6'' latitud norte y 100°51'38.8'' longitud oeste, con una altitud de 1835 msnm perteneciente a la provincia central del centro.

El experimento se realizó a campo abierto con el establecimiento del cultivo de brócoli en una parcela experimental de 500 m², dividida en 10 surcos, considerando

ocho surcos centrales como parcela útil, en los cuales se evaluó lo siguiente: eficiencia de diferentes extractos vegetales en el control de *P. xylostella*, la mejor concentración de los diferentes extractos, rendimiento del cultivo de brócoli de los tratamientos aplicados; así como la relación de las variables ambientales con la presencia de *P. xylostella*.

Para dar respuesta a los objetivos planteados se realizaron una serie de actividades tales como: compra de plantas de chile habanero (*Capsicum chinense*), orégano (*Origanum vulgare*) y tomillo (*Thymus vulgaris*), en el Estado de San Luis Potosí para obtención de los extractos; con la finalidad de que no haya variabilidad en las especies y que la preparación de los extractos sea práctica y de bajo costo para el productor.

Preparación de extractos

Entre los métodos para preparar los plaguicidas naturales, según Delgado y Castillo (1996), existen los siguientes:

Purín

Consiste en colocar las partes verdes de la planta en un recipiente lleno de agua de lluvia, posteriormente se tapa y remueve todos los días (etapa de fermentación). Después de una o dos semanas, cuando el líquido no forma más espuma, se aplica diluido cerca de las raíces.

Infusión

Se vierte agua hirviendo sobre las plantas o las partes de estas y se deja reposar durante 24 horas.

Decocción

Se maceran las plantas o sus partes, después de 24 horas se hierven durante 20 minutos y se dejan enfriar con el recipiente tapado.

Maceración

Se introducen las plantas en agua (máximo 3 días), evitando que se fermenten, y se filtra el líquido resultante para separarlo del material vegetal.

Extracto de flores

Se mojan y trituran las flores; la mezcla obtenida se coloca en un lienzo fino y se presiona para extraer el líquido. El extracto debe conservarse en botellas cerradas herméticamente.

Baño de semillas

Se dejan caer unas gotas del extracto de la planta en cuestión en un litro de agua y se mezclan bien; luego de 24 horas las semillas se colocan en una solución durante 10 a 15 minutos. Posteriormente se dejan secar y se siembran.

Preparación de los extractos aplicados

Extracto acuoso de chile habanero (*Capsicum chinense*)

Se pesaron 100 g de frutos frescos de chile que posteriormente fueron molidos agregando un litro de agua fría, una vez molidos se colaron en una manta y el extracto obtenido se dejó reposando durante 12 horas para su aplicación. Las aplicaciones se realizaron en concentraciones de 70, 40 y 30%.

Extracto acuoso de orégano (*Origanum vulgare*)

Se preparó una infusión que consistió en lo siguiente: se pesaron 100 g de hojas secas de orégano, se vertió un litro de agua caliente (punto de ebullición), sobre la planta y se mantuvo tapado hasta que se enfriara, posteriormente se filtró en una manta el extracto

obtenido se dejó reposando durante 12 horas para su aplicación. Las aplicaciones se realizaron en concentraciones de 70, 40 y 30%.

Extracto acuoso de tomillo (*Thymus vulgaris*).

Se preparó una infusión que consistió en lo siguiente: se pesaron 100 g de hojas y tallos secos, una vez pesado se vertió un litro de agua caliente (punto de ebullición), sobre la planta se mantuvo tapado hasta que se enfrió, posteriormente se filtró en una manta, el extracto obtenido se dejó en reposo durante 12 horas, para su aplicación en concentraciones de 70, 40 y 30%.

Labores culturales

El proceso de producción inició con la labranza del terreno, se realizó un barbecho de 40 cm, se continuó con la nivelación; posteriormente se realizó el surcado con distancia entre surcos de 1.00 m, finalizando con la instalación del riego, estas actividades se llevaron a cabo una semana antes de realizar el trasplante.

Trasplante

El trasplante se realizó el día 26 de febrero de 2016, cuando las plántulas alcanzaron una altura entre 12 y 15 cm, esta actividad se realizó en surcos con distanciamientos entre ellos de 1.00 m y 50 cm entre plantas con la aplicación de un riego previo al mismo, así como la primera fertilización de fondo.

Deshierbe

El control de malezas es una práctica importante para obtener una buena producción, se realizó el deshierbe del área 15 días después del trasplante y posteriormente se realizó continuamente conforme se tenía la presencia y crecimiento de las mismas.

Riegos

La primera aplicación de riego se realizó el 25 de febrero un día anterior al trasplante, a través del sistema por goteo y se aplicó conforme las necesidades de humedad de cada

etapa de desarrollo fenológico de la planta; en las etapas de crecimiento y desarrollo vegetativo se aplicaron dos riegos por semana; en la etapa de formación de fruto se aplicó el riego cada tercer día con duración de una hora.

Fertilización

La fuente de nutrimentos se realizó aplicando la siguiente formula 250-120-100.

Fuentes de nutrimentos:

- Como fuente de Nitrógeno se aplicó: Fosfonitrato P (NO₃)₃ 32-02-00
- Como fuente de Fosforo se aplicó: Ácido fosfórico H₃PO₄ 00-52-00
- Como fuente de Potasio se aplicó: Nitrato de Potasio KNO₃ 13-00-46

La primera aplicación, se realizó al trasplante ½ de nitrógeno y todo el fósforo y potasio al trasplante, 125-120-100.

Segunda aplicación, se realizara a los 35 días de haber trasplantado, 125-00-00

Control fitosanitario

El control de plagas en particular *P. xilostella*, se llevó a cabo con la aplicación de diferentes extractos vegetales en preparación acuosa en diferentes concentraciones de plantas como: chile habanero (*Capsicum chinense*), orégano (*Origanum vulgare*) y tomillo (*Thymus vulgaris*); así como control químico con permetrina y un testigo sin aplicación.

Cosecha

La cosecha se inició el 17 de mayo finalizando la primera semana de junio; la etapa de cosecha ocurre de los 80-90 días después del trasplante dependiendo de la variedad (Bújanos *et al.*, 2009)

Materiales

Equipo, insumos y herramientas

Equipo: Pc, GPS, medidor de pH, tensiómetro, lupa, cámara fotográfica, balanza.

Insumos: Plántula de brócoli, fertilizantes, insecticida químico, plantas para preparación de extractos.

Herramientas: Mochila para aplicación de extractos, azadón para deshierbe, libreta de campo, cinta métrica, regla, equipo de protección, letreros para identificación de los tratamientos.

Métodos

Diseño experimental

Los tratamientos en campo se distribuyeron bajo un arreglo factorial bajo un diseño de bloques completos al azar con cinco repeticiones; el factor A fue tipo de plaguicidas con cinco niveles (a_1 :chile habanero, a_2 : orégano, a_3 : tomillo, a_4 : permetrina y a_5 : testigo); el factor B las concentraciones con tres niveles (b_1 : 70%, b_2 : 40% y b_3 : 30%); donde las combinaciones posibles entre los niveles de cada factor (Cuadro 5), dan origen a 15 tratamientos. Para las variables con diferencia significativa se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey con un nivel de significancia de $\alpha \leq 0.05$. El análisis de varianza se realizó con el Paquete de Diseños Experimentales de la Facultad de Agronomía de la UANL, versión 2.5 (Olivares Sáenz, 1994).

Cuadro 5. Tratamientos producto de las combinaciones posibles entre los niveles de los factores.

Factor A	Factor B (%)	Tratamientos	No. de tratamiento
a ₁ :Chile habanero	b ₁ :70	a ₁ b ₁	1
	b ₂ :40	a ₁ b ₂	2
	b ₃ :30	a ₁ b ₃	3
a ₂ :Orégano	b ₁ :70	a ₂ b ₁	4
	b ₂ :40	a ₂ b ₂	5
	b ₃ :30	a ₂ b ₃	6
a ₃ :Tomillo	b ₁ :70	a ₃ b ₁	7
	b ₂ :40	a ₃ b ₂	8
	b ₃ :30	a ₃ b ₃	9
a ₄ :Permetrina	b ₁ :70	a ₄ b ₁	10
	b ₂ :40	a ₄ b ₂	11
	b ₃ :30	a ₄ b ₃	12
a ₅ :Testigo	b ₁ :70	a ₅ b ₁	13
	b ₂ :40	a ₅ b ₂	14
	b ₃ :30	a ₅ b ₃	15

Modelo estadístico

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + e_{ijk}$$

$$i = 1, 2, \dots, a \quad j = 1, 2, \dots, b \quad k = 1, 2, \dots, r$$

a = tratamientos = 3

b = concentraciones = 3

r = número de bloques = 5

a = Número de niveles del factor A.

b = Número de niveles del factor B.

r = Número de repeticiones.

Y_{ijk} = Respuesta obtenida en k-ésima repetición del i-ésimo nivel del factor A y el j-ésimo nivel del factor B.

μ = Efecto medio general.

A_i = Efecto atribuido al i-ésimo nivel del factor A.

B_j = Efecto atribuido al j-ésimo nivel del factor B.

$(AB)_{ij}$ = Efecto atribuido a la interacción entre el i-ésimo nivel del factor A y el i-ésimo nivel del factor B.

E_{ijk} = Término de error aleatorio, donde los e_{ijk} tienen una distribución Normal e independientes con media 0 y varianza σ^2

Cuadro 6. Análisis de varianza indicativo para el arreglo factorial bajo un diseño en bloques completos al azar.

F.V	G.L	S.C	C.M	Fc	Ft
Bl.	r-1	$\sum_{j=1}^r (Y_{.j}^2/t) - Y_{..}/rt$	SCBI/r-1	CMB/CME	r-1, gl. Ee
Tr.	ab-1	$\sum_{i=1}^t (Y_i^2/r) - Y_{..}/rt$	SCTr/ab-1	CMT/CME	ab-1, gl.Ee
A	a-1	$\sum_{i=1}^a (Y^2_{i..}/br) - Y^2_{...}/abr$	SCA/a-1	SCA/SCE	a-1, gl.Ee
B	b-1	$\sum_{j=1}^b (Y^2_{.j}/ar) - Y^2_{...}/abr$	SCB/b-1	SCA/SCE	b-1, gl.Ee
AB	(a-1)(b-1)	$\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b (Y^2_{ij}/r) - (Y^2_{...}/abr) - SCA - SCB$	SCAB/(gl .ab)	SCAB/SCE	gl.AB, gl.Ee
Error	(ab-1)(r-1)	SCTot-SCBI-SCTr-SCAB	SCE/gl. E.ex.		
Total	abr-1	$\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^r Y^2_{ijk} - Y^2_{...}/abr$			

Tratamientos

Extracto de chile habanero (*Capsicum chinense*),

Extracto de orégano (*Origanum vulgare*),

Extracto de tomillo (*Thymus vulgaris*)

Químico (permetrina 275-400 L.ha⁻¹)

Testigo (no aplicación).

Características de la unidad experimental

La unidad experimental comprendió una superficie de 500 m² que se distribuyó en tres concentraciones. La parcela experimental se conformó con un total de 2000 plantas de las cuales se monitorearon semanalmente seis plantas por repetición.

VARIABLES EVALUADAS

Altura de planta (cm)

Se midió la altura de las planta semanalmente; con los datos obtenidos se realizó el análisis estadístico, basados en pruebas paramétricas que nos permitió ver el comportamiento del crecimiento de la planta y determinar si existe o no diferencia significativa entre los tratamientos evaluados.

Peso de inflorescencias (g)

Una vez realizada la cosecha se pesaron las inflorescencias por tratamiento; con los datos obtenidos se realizó el análisis estadístico de esta variable, basados en pruebas paramétricas, para determinar si existe o no diferencia entre los tratamientos.

Daño ocasionado por *P. xylostella* (%)

Al concluir la cosecha se tomó un valor estimado en porcentaje del total de perforaciones de las hojas en la planta provocados por *P. xylostella*, y una vez obtenidos los datos se analizaron por el método no paramétrico, prueba de Friedman.

Métodos Estadísticos

Para las variables en estudio, se corrió el análisis de varianza correspondiente al arreglo factorial bajo un diseño bloques completos al azar, posteriormente, para las variables que mostraron diferencia significativa entre los tratamientos, se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey con un nivel de significancia del 0.05, excepto, para evaluar el porcentaje de daño por *P. xylostella*, los cuales se analizaron utilizando por el método no paramétrico de Prueba de Friedman.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Altura de planta (cm)

Los resultados del análisis de varianza para la variable altura de planta (Cuadro 7), mostraron diferencia altamente significativa entre los niveles de los efectos principales (plaguicidas y concentraciones); sin embargo, la interacción o efecto conjunto de ambos factores no mostró diferencia significativa, es decir, actúan de forma independiente, con coeficientes de variación de 2.87.

Cuadro 7. Cuadrados medios del análisis de varianza de la variable Altura de planta (cm)

FV	GL	SC	CM	FC	Fisher		PROBABILIDAD
					0.05	0.01	
BLOQUES	4	213.875000	53.468750	15.5773**	2.54	3.68	0.0 ***
FACTOR A	4	62.687500	15.671875	4.5658**	2.54	3.68	0.003 **
FACTOR B	2	42.500000	21.250000	6.1909**	3.17	5.01	0.004 **
INTERACCIÓN	8	36.343750	4.542969	1.3235NS	2.11	2.85	0.251 NS
ERROR	56	192.218750	3.432478				
TOTAL	74	547.625000					

***Diferencia altamente significativa al 0.05%; **Diferencia significativa al 0.05%; NS Diferencia no significativa CV = 2.87%

De acuerdo a los resultados de la comparación de medias de los niveles del factor A (tratamientos) para la altura de planta (figura 7), se formaron dos grupos de tratamientos, el grupo con la mayor altura estuvo conformado por los tratamientos químico (permetrina), testigo, orégano y tomillo con medias de 66.00, 64.89, 64.83 y 64.24 cm respectivamente; el segundo grupo incluyó los tratamientos testigo, orégano, tomillo y chile habanero con valores medios de 64.89, 64.83, 64.24 y 63.20 cm, en el mismo orden.

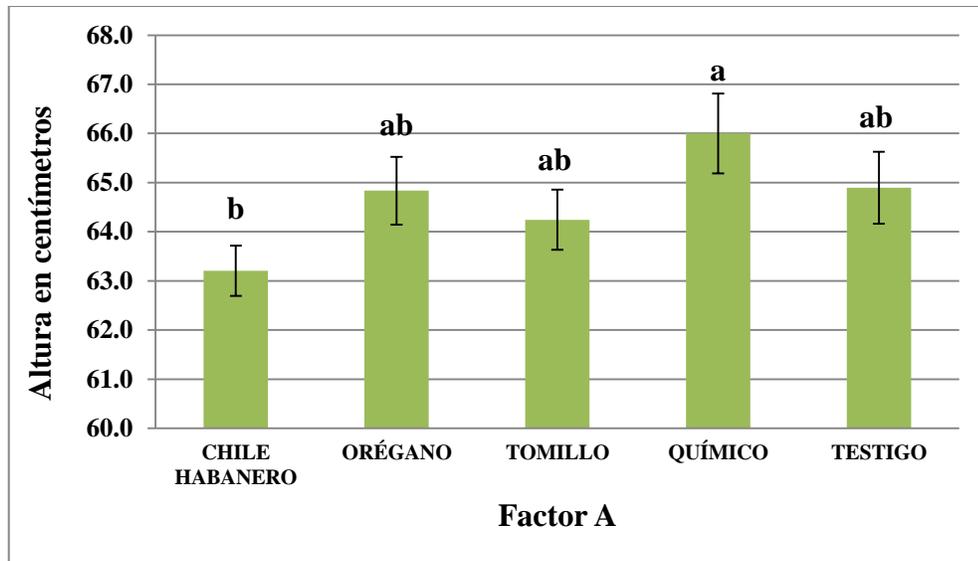


Figura 7. Comparación de medias de los tratamientos para la altura de planta (cm).

La presencia de compuestos fenólicos como el timol, el carvacrol y el eugenol sugieren la actividad bactericida de los extractos de orégano (*Lippia graveolens*), del tomillo (*Thymus vulgaris*) y del clavo (*Syzygium aromaticum*), la cual se ve favorecida por la naturaleza ácida de su grupo hidroxilo el cual forma un puente de hidrógeno con un sitio activo enzimático (Kalemba y Kunicka 2003).

De acuerdo con Ultee *et al.* (2000), el Carvacrol o cymophenol, C₆H₃CH₃ (OH) (C₃H₇) es un fenol monoterpenoide. Tiene sabor picante y produce el olor del orégano, que ayuda a tener el efecto de repelencia para los insectos. El carvacrol inhibe el crecimiento de diversas cepas de bacterias por ejemplo *Escherichia coli* y *Bacillus cereus* como lo mencionan (Du WX *et al.*, 2008).

En el caso del orégano (*Lippia berlandieri*), las hojas, los tallos y las flores se caracterizan por su efecto altamente antioxidante debido a su contenido de ácidos fenólicos y flavonoides. Estos tejidos tienen actividades altamente antisépticas y antimicrobianas debido a su contenido de carvacrol, timol, gama terpenos y paracimeno (Wogiatzi, 2009).

Los resultados de la prueba de comparación de medias de los niveles del factor B (concentración de aplicación) para la altura de planta (figura 8), mostraron dos grupos de

tratamientos, el grupo uno incluyo las concentraciones de 40 y 30%, con valores de medias de 65.51 y 64.72 cm, respectivamente; el segundo grupo lo formaron las concentraciones de 30 y 70%, con valores medios de 64.72 y 63.67 cm, en el mismo orden.

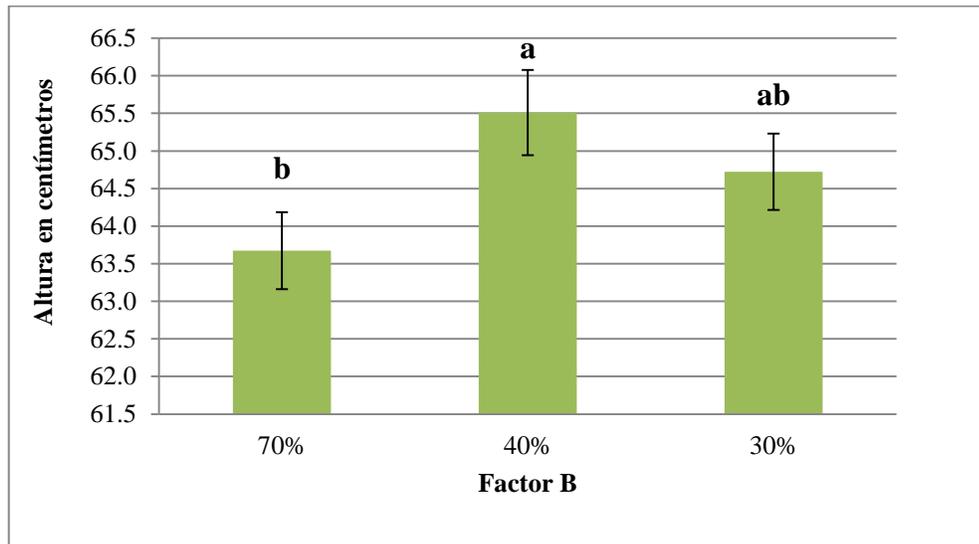


Figura 8. Comparación de medias de las concentraciones para la altura de planta (cm).

Estudios realizados a partir de distintas concentraciones de extracto de paraíso demuestran que este inhibe la alimentación y afecta negativamente el desarrollo y supervivencia de distintas especies plaga de insectos que atacan diversos cultivos agronómicos (Valladares *et al.*, 1997).

Para Vásquez (2005), quien evaluó el efecto insecticida de los extractos vegetales de floripondio (*Datura candida*), higuera (*Ricinus communis*), poleo (*Satureja laevigata* Standl.), romero (*Romarinus officinalis*) y ruda (*Ruta graveolens*), en el control de insectos plaga a nivel de huerto familiar; en sus resultados de acuerdo a la aplicación de los extractos vegetales y su efecto con relación a las plagas en la primera etapa, encontró que ningún extracto provocó repelencia ni mortalidad con dosis del 1%, en tanto que para la segunda aplicación con dosis del 5% observó que los extractos de floripondio y poleo si causaron repelencia, en la tercera aplicación todos provocaron repelencia al menos, contra un insecto. Los tratamientos mostraron efecto repelente contra mosquita

blanca y en general contra los insectos chupadores, sobresaliendo los tratamientos con extractos a base de floripondio.

Según Vásquez (2005) en la aplicación que realizó con dosis del 5 y 10% se observó que el extracto de poleo causo repelencia contra la mosquita blanca, pero a una dosis de 20% encontró un 82% de mortalidad, esto indica que a mayor concentración del extracto de poleo mayor es la efectividad en el control del insecto plaga, y con el extracto de higuerilla a una dosis del 20% obtuvo resultados favorables en el control de pulgón en lechuga.

Peso de inflorescencias (g)

Los resultados del análisis de variancia para la variable peso de inflorescencias (Cuadro 8), mostraron diferencia altamente significativa entre los niveles de los efectos principales (plaguicidas y concentraciones); sin embargo, la interacción o efecto conjunto de ambos factores no mostro diferencia significativa, es decir, actúan de forma independiente, con coeficientes de variación de 12.37.

Cuadro 8. Cuadrados medios del análisis de varianza de la variable Peso de inflorescencia (g).

FV	GL	SC	CM	FC	Fisher		PROBABILIDAD
					0.05	0.01	
BLOQUES	4	253902.0	63475.5	13.7740**	2.54	3.68	0.0 ***
FACTOR A	4	132250.0	33062.5	7.1745**	2.54	3.68	0.0 ***
FACTOR B	2	33388.0	16694.0	3.6225*	3.17	5.01	0.032 *
INTERACCIÓN	8	42224.0	5278.0	1.1453NS	2.11	2.85	0.348 NS
ERROR	56	258068.0	4608.0				
TOTAL	74	719832.0					

***Diferencia altamente significativa al 0.05%; **Diferencia significativa al 0.05%; NS Diferencia no significativa CV = 12.37%

De acuerdo con los resultados de la prueba de comparación de medias de los niveles del factor A (tratamientos) para el peso de inflorescencias (figura 9), se formaron dos grupos de tratamientos, el grupo con mayor peso de inflorescencia estuvo conformado por los tratamientos químico (permetrina), testigo, tomillo y orégano con medias de

620.76, 562.63, 540.18 y 524.94 gramos respectivamente; el segundo grupo incluyo los tratamientos, testigo, tomillo, orégano y chile habanero con valores medios de 562.63, 540.18, 524.94 y 495.85 gramos, en el mismo orden.

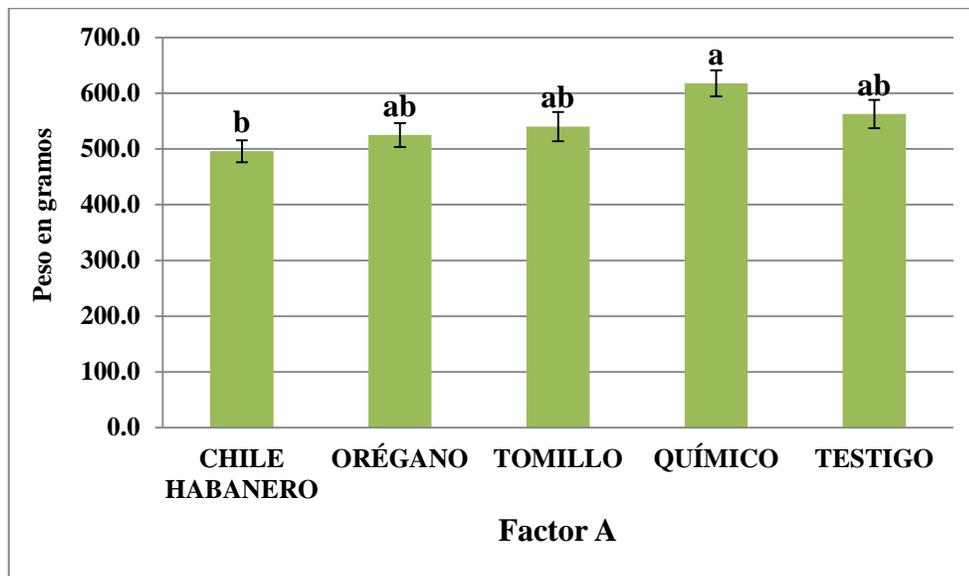


Figura 9. Comparación de medias de los tratamientos para el peso de inflorescencia (g).

Soberón *et al.* (2006), evaluaron la acción biocida de extractos de *Piper tuberculatum* sobre larvas de *Diatrea saccharalis*. Utilizaron extractos acuosos, diclorometano-metanol y etanólico de hojas, tallos y espigas maduras, en larvas del tercer estadio. Los extractos de diclorometano-metanol y etanólico de espigas maduras y extracto de diclorometanometanol de plantas *in vitro* mostraron niveles significativos de mortalidad larval.

En base a los resultados de la prueba de comparación de medias de los niveles del factor B (concentraciones) para el peso de inflorescencia (figura 10), mostraron dos grupos de tratamientos, el grupo con mayor peso estuvo conformado por las concentraciones 40 y 70% con medias de 564.70 y 562.86 g, respectivamente; el segundo grupo incluyo sólo la concentración de 30%, con un valor promedio de 519.05 gramos.

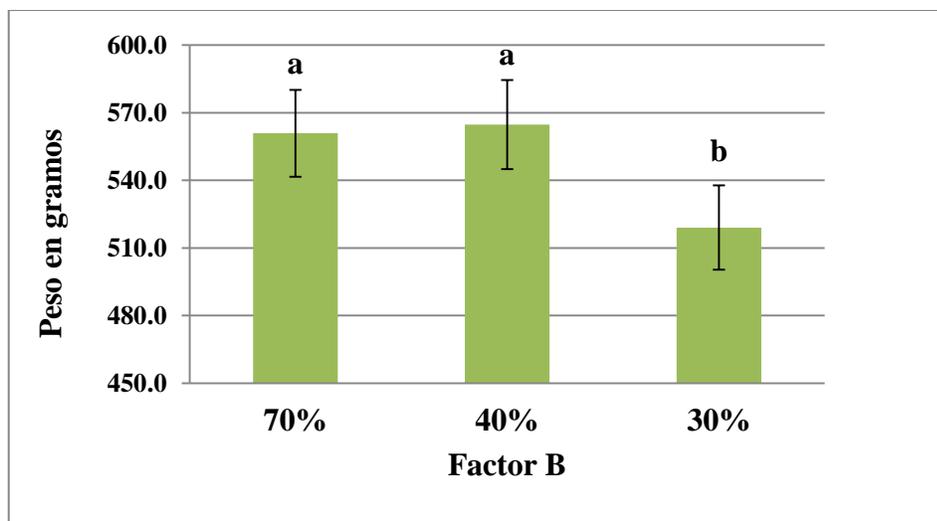


Figura 10. Comparación de medias de las concentraciones para el peso de inflorescencias (g).

En bioensayos de mortalidad y repelencia para el factor concentración de extracto, de acuerdo con (Castillo *et al.*, 2012), las concentraciones con 30 y 40% del extracto del fruto de *C. chinense* presentaron diferencias significativas con respecto al resto de las concentraciones evaluadas. Esto concuerda con lo reportado por (Lagunes, 1994). Solamente dos concentraciones (30 y 40%) se pueden considerar como prometedoras al mostrar una mortalidad superior al 40%, contra *Bemisia tabaci* Genn.

Con el fin de comprobar en condiciones de campo la efectividad del insecticida natural Melitox 50% CE contra *M. latipes*, utilizaron tres concentraciones del producto (12,5; 25 y 50%) en una solución final de 30 L.ha⁻¹ y lo aplicaron en parcelas de provocation de *Brachiaria humidicola*, donde añadieron 50 larvas en sus primeros instares. Los resultados más alentadores se obtuvieron con las dosis alta y media, ya que se logró una efectividad del 76 y 62%, respectivamente, a las 24 h, y del 100% a las 48 h; mientras que con la dosis baja se logró el 100% de efectividad a los 5 días de aplicado el bioproducto (Pazos *et al.*, 1993).

Daño ocasionado por *P. xylostella* (%)

De acuerdo con los resultados obtenidos del análisis realizado por el método no paramétrico de la Prueba de Friedman, la figura 11, muestra para el porcentaje de daño ocasionado a las plantas por *P. xylostella* de mayor a menor en los tratamientos de chile habanero (*Capsicum chinense*), químico (permetrina), tomillo (*Thymus vulgaris*), y testigo y orégano (*Origanum vulgare*) con porcentajes de daño de 6.9, 6.5, 5.9, 5.7 y 5.0% respectivamente.

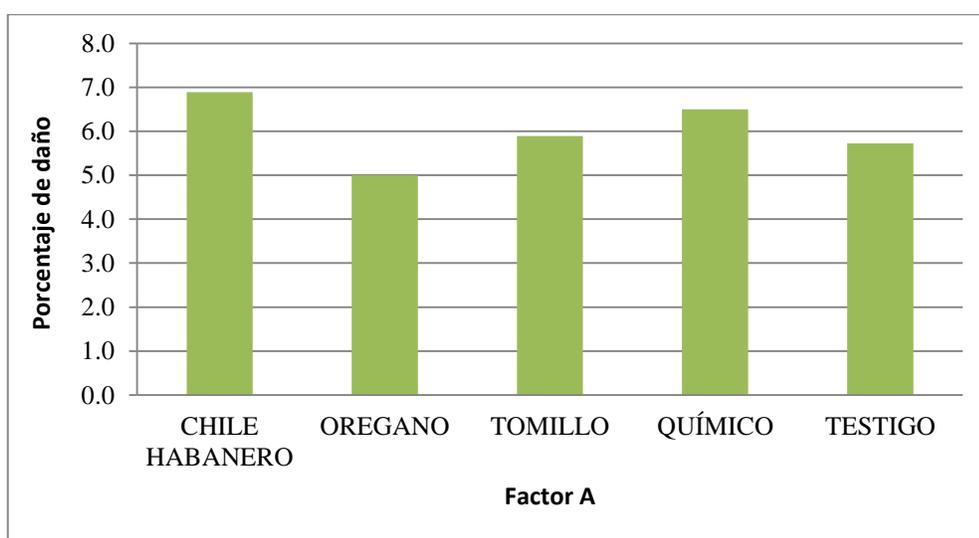


Figura 11. Porcentaje de daño, Factor A, tratamientos GL = 4 P = 0.179

De acuerdo con los resultados obtenidos del análisis realizado por el método no paramétrico de la prueba de Friedman, la figura 12, muestra para el porcentaje de daño ocasionado a las plantas por *P. xylostella* de mayor a menor en las diferentes concentraciones C1 = 70%, C2 = 40% y C3 = 30%. En el orden de mayor a menor daño se tiene C3 con 6.8%, C2 = 6.1% y C1 = 5.2%.

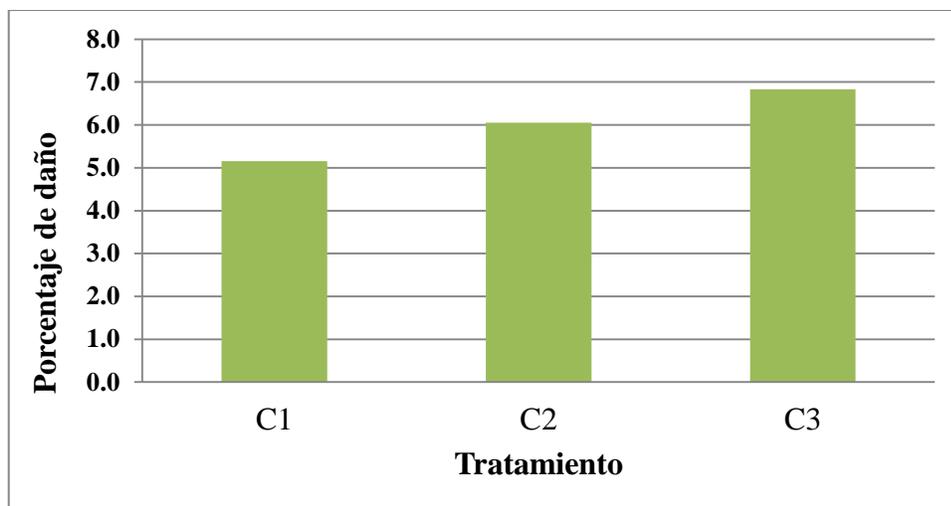


Figura 12. Porcentaje de daño, Factor B, concentraciones GL = 2 P = 0.247

Entre los insectos que mayor daño causa a este cultivo se encuentra la palomilla dorso de diamante que se considera la plaga más importante de las crucíferas (Talekar y Shelton, 1993), debido al daño indirecto por contaminación del producto cosechado afectando su calidad comercial (Shelton *et al.*, 1993), que se presenta aproximadamente a los 20 días después del trasplante, cuando la planta inicia la formación de inflorescencias.

Comportamiento de *P. xylostella* en las diferentes concentraciones durante el ciclo del cultivo.

La figuras 13, muestra el comportamiento de *P. xylostella* durante el ciclo del cultivo en los tratamientos con una concentración al 70%, de los extractos aplicados, *P. xylostella* estuvo presente a partir de la tercera semana después del trasplante hasta la cosecha; sin embargo, se mantuvo en poblaciones bajas, aún en las etapas críticas de formación de inflorescencia y cosecha.

De la segunda semana del trasplante a la cuarta semana, la población de larvas fue baja, fluctuó de 0.0 a 0.1 larvas promedio por planta (LPP)(figura 13), a partir de la cuarta semana se dio un incremento notable en los tratamientos testigo, tomillo, químico chile habanero y orégano alcanzando un pico poblacional de 0.27, 0.23, 0.23, 0.17 y

0.07 larvas promedio por planta respectivamente; descendiendo en la séptima semana (etapa de formación de inflorescencia), de la semana ocho a la semana once la población fluctúa de 0 a 0.13 LPP coincidiendo con la etapa de cosecha, El número promedio de LPP en esta etapa fue relativamente bajo,

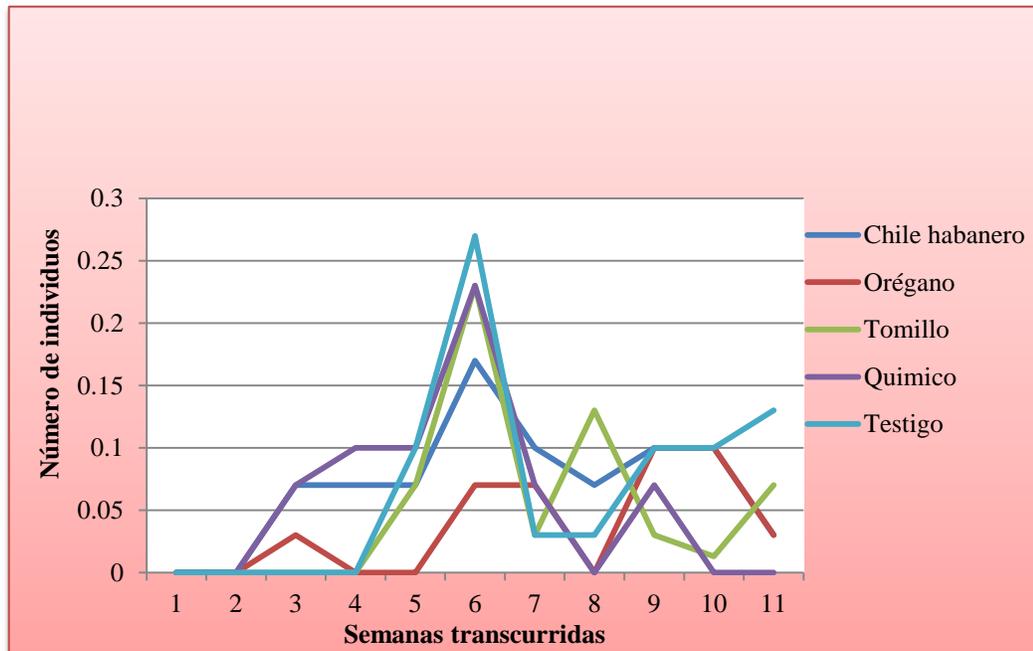


Figura 13. Fluctuación de *P. xylostella* en la concentración al 70% de los extractos.

La figura 14, muestra la fluctuación de *P. xylostella* para la concentración al 40% de los extractos aplicados, a la segunda semana después del trasplante la población se mantiene baja; sin embargo en la tercera semana tiende a incrementarse en todos los tratamientos fluctuando entre 0.07 a 0.1 LPP, posteriormente, en algunos tratamientos como químico, tomillo y orégano tiende a bajar, no así con el tratamiento de chile habanero y testigo que continúan incrementándose, en la semana seis la plaga tendió a incrementarse en todos los tratamientos en el orden de mayor a menor población, testigo, chile habanero, tomillo, orégano y químico, alcanzado valores medios de 0.3, 0.27, 0.23, 0.17 y 0.13 en el mismo orden, para la semana siete todos los tratamientos presentan una disminución, de la semana siete a la semana once la población se mantiene en todos los tratamientos con fluctuaciones entre 0.07 hasta 0.13 LPP, se puede considerar una población baja.

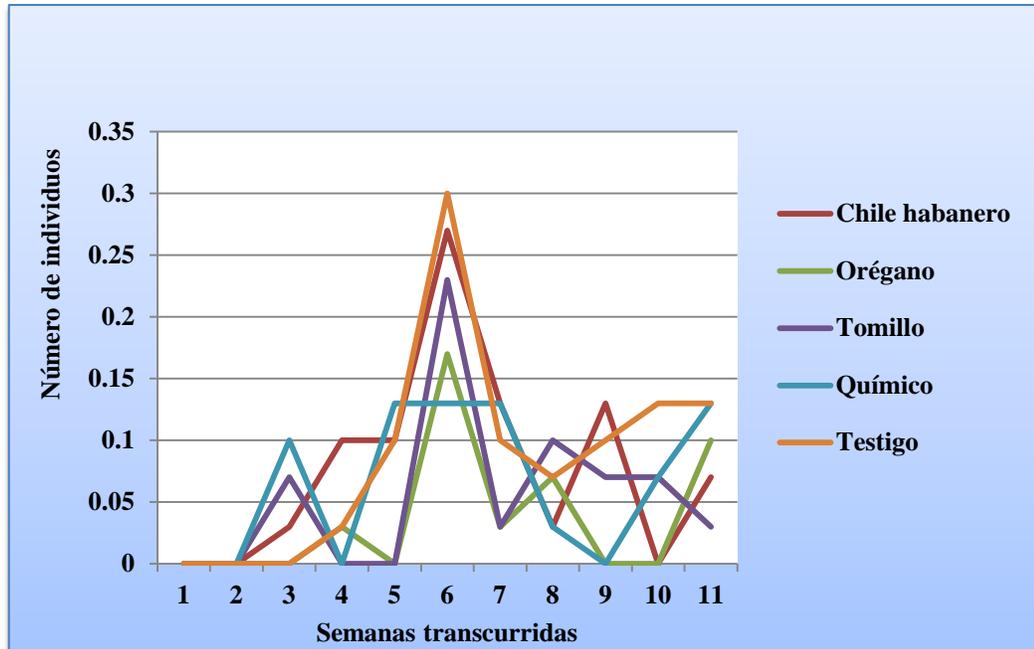


Figura 14. Fluctuación de *P. xylostella* en la concentración al 40% de los extractos.

La figura 15, muestra la fluctuación de *P. xylostella* en la concentración al 30% de los extractos aplicados, de la semana dos a la semana tres la población de la plaga se mantiene baja, mostrando un pequeño incremento en la semana tres para los tratamientos de chile habanero y tomillo con fluctuaciones de 0.06 y 0.07 LPP, respectivamente, a partir de la semana cuatro inicia un incremento en todos, los tratamientos, alcanzando un pico máximo poblacional en la semana seis, destacando el testigo con un valor medio de 0.63, seguido por el tratamiento con chile habanero con 0.31, orégano con 0.3, tomillo con 0.27 y químico con 0.23 LPP. Posteriormente en la semana siete se presenta una disminución, manteniéndose una población baja hasta la semana once, con fluctuaciones de 0 a 0.17 LPP.

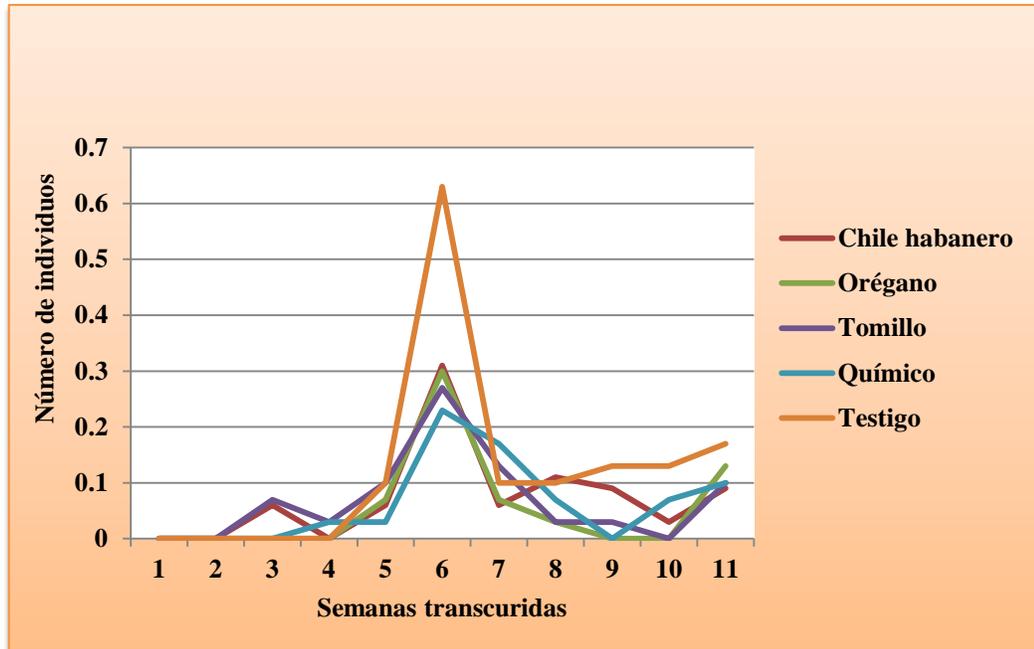


Figura 15. Fluctuación de *P. xylostella* en la concentración al 30% de los extractos.

Relación del comportamiento de *Plutella xylostella* y las condiciones ambientales.

La figura 16 muestra el comportamiento de la temperatura máxima y mínima, así como precipitación durante el ciclo del cultivo de brócoli, a partir de la semana cuatro a la semana siete se puede observar un incremento de la temperatura máxima que coincide con el incremento de *P. xylostella*, durante las semanas ocho y nueve se presenta nuevamente un incremento en la temperatura máxima con valores por arriba de 30 °C, que de igual forma coincide con el incremento de la plaga a 0.1 LPP.

Posteriormente entre las semanas nueve y diez hay una disminución en la temperatura máxima y un aumento en la temperatura mínima, debido a la presencia de precipitaciones, lo que contribuyó a la disminución de *P. xylostella* en etapa de cosecha.

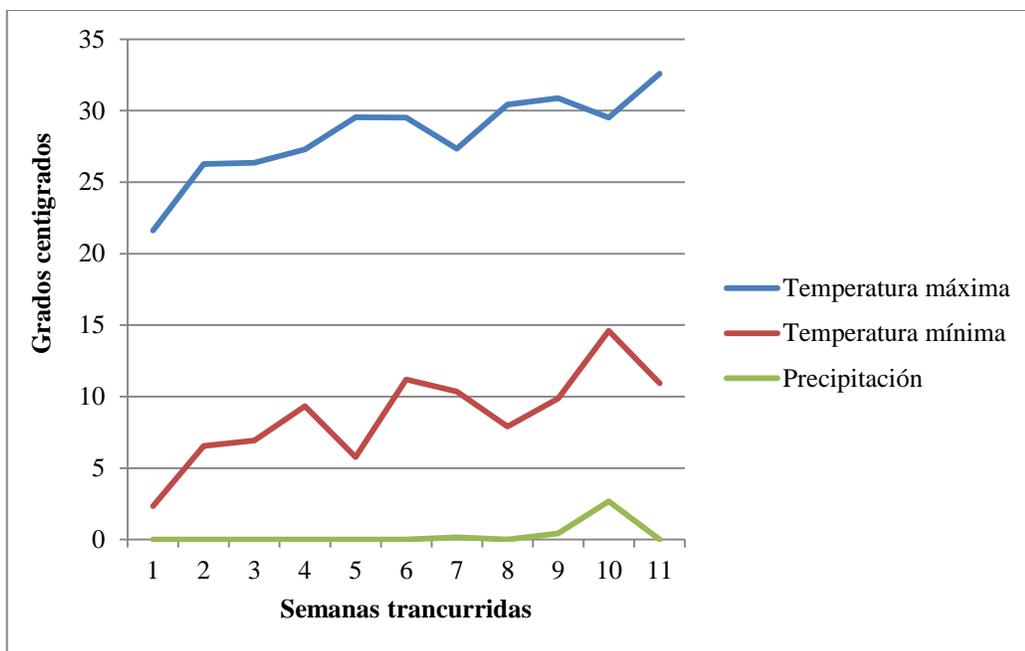


Figura 16. Comportamiento de la temperatura y precipitación durante el ciclo del cultivo

Carballo *et al.* (1987), Barrantes y Rodríguez (1996), reportan que la población de larvas de esta plaga, es baja antes de los 40 días después del trasplante y se incrementa cuando se inicia la etapa de formación de inflorescencias con una densidad de 4.5 LPP.

El número de insectos promedio en este trabajo, coincide con el umbral económico aplicado en la región del Bajío que es de 0.3 larvas/planta (Bújanos, 2000).

CONCLUSIONES

Altura de planta (cm)

El tratamiento con orégano (*Origanum vulgare*) mostró mayor efecto en relación a la variable altura de planta (cm), con un valor medio de 64.83 cm, muy cercano al alcanzado con el tratamiento químico con valor medio de 66.00 cm.

La concentración al 40% mostró mayor efecto en relación a esta variable, con un valor medio de 65.51 cm.

Peso de inflorescencias (g)

El tratamiento con tomillo (*Thymus vulgaris*), mostró mayor efecto para esta variable, con un valor medio de 540.18 gramos, de igual forma de los extractos vegetales aplicados, este mostró efecto más cercano al efecto obtenido en el tratamiento químico con valor medio de 620.76 gramos.

La concentración al 40% mostró mayor efecto respecto a esta variable, con un valor medio de 564.70 gramos

Daño ocasionado por *P. xylostella* (%)

El nivel de daño se mostró bajo, tanto en el factor A tratamientos, como en el factor B concentraciones, esto debido a la baja incidencia de *P. xylostella*, lo cual no afectó la calidad de las inflorescencias.

Durante la cosecha, la población de *P. xylostella* se mantiene baja, lo que permitió mantener al cultivo libre de aplicaciones

Se considera que *P. xylostella* está presente en el cultivo a partir de la tercera semana de trasplante hasta concluir la cosecha.

LITERATURA CITADA

- Ankersmit, G. W. 1953. DDT Resistance in *Plutella maculipennis* (Curt.) (Lepidoptera) in Java. Bull. Entomol. Res. 44:421-425.
- Atlas Agroalimentario, 2015. Ranking mundial 2013. Página 43 En: http://nube.siap.gob.mx/publicaciones_siap/pag/2015/Atlas-Agroalimentario-2015
- Atlas Agroalimentario, 2015. Porcentaje de la unidad de producción por Entidad Federativa. Página 42 En: http://nube.siap.gob.mx/publicaciones_siap/pag/2015/Atlas-Agroalimentario-2015
- Benítez, N. P., & Valois, H. (2004). Ethnobotany of Four Black Communities of the Municipality of Quibdó, Choco-Colombia. Lyonia, Volume 7(2), Pages [61-69]
- Barrantes, A. J. A., y C. L. Rodríguez. 1996. Abundancia estacional y daño de *Plutella xylostella* (L) (Lepidoptera: Plutellidae) y el cultivo de repollo, durante la época seca en Alfaro Ruíz Alajuela, Costa Rica. Manejo Integrado de Plagas Costa Rica 39: 17-24
- Barahona M. 2002. Manual de Horticultura. El Prado, Ec. I.A.S.A.-ESPE. pp. 22-25.
- Baladrin M.F., J.A. Klocke, E. Wurtele y H. Bollinger 1985. Natural plant chemicals. Sources of industrial and medicinal material. Science 228, 1154-1160 pp.
- Bourguet D., A. Genissel y M. Raymond. 2000. Insecticide resistance and dominance levels. J. Econ. Entomol. 93, 1588-1595 pp.
- Bújanos R. M. y Marín J. A. 2005. Manejo Integrado de Palomilla dorso de diamante *Plutella xylostella* (L), en el Bajío, México. Memoria Tecnología de Producción de las crucíferas, VI Seminario Técnico, Expo Tecnología Día de Campo. Celaya Gto, México. pp: 1-9.
- Bújanos M. R. 2000. Manejo Integrado de Plagas en Crucíferas. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias.
- Bújanos, M. R. 2000. Manejo integrado de plagas en crucíferas In: Temas Selectos en Fitosanidad de Hortalizas. Bautista, M. N., A. D. Suarez V. y O. Morales. Eds. Instituto de Fitosanidad. Colegio de Posgraduados. Montecillo Texcoco, México. Pp. 47-61.
- Bújanos M. R., Marín J. A., Díaz E. L. F., Gámez V. A. J., Ávila P. M. Á., Herrera V. R., Dorantes G. J. R. A., y Gámez V. F. P. 2013. Manejo integrado de la palomilla dorso de diamante *Plutella xylostella* (L.) en la región del bajío, México. Primera edición, Impreso y hecho en México, Celaya Gto. México, p. 44.

- Bújanos M. R., Dorantes G. J. R. A., Ávila P. M. A. Gámez V. J. A. 2009. Producción de Brócoli en el Bajío. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas y Pecuarias. Despliegue Técnico No 21, p. 2.
- Bunch, R. 1997. Principios de la agricultura Orgánica. Hoja a Hoja (Costa Rica) 20, 2-6.
- Capinera, J. L. (2000). Diamondback Moth, *Plutella xylostella* (Linnaeus)(Insecta: Lepidoptera: Plutellidae). University of Florida/ The Institute of Food and Agricultural Sciences (IFAS) 4 p.
- Carballo, V. M., M. Hernández, J. R. Quezada, y R. Solano. 1987. Variación en la incidencia de *Plutella xylostella* en repollo y su parasitoide (*Diadegma insularis*) bajo diferentes tratamientos de insecticidas y malezas In: V Congreso de Manejo Integrado de Plagas. Guatemala pp. 15-17.
- Castillo-Sánchez, L. E., Jiménez-Osornio, J. J., & Delgado-Herrera, M. A. (2012). Actividad biológica in vitro del extracto de *Capsicum chinense* Jacq contra *Bemisia tabaci* Genn. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 18(3), 345-356.
- Celis, Á., Mendoza, C., Pachón, M., Cardona, J., Delgado, W., & Cuca, L. E. (2008). Extractos vegetales utilizados como biocontroladores con énfasis en la familia Piperaceae. Una revisión. *Agronomía Colombiana*, 26(1), 97.
- Céspedes, C. L.; Calderón, J. S. ; 2000 Lina, L. and Aranda, E. Growth effects on fall armyworm *Spodoptera frugiperda* of some limonoids isolated from *Cedrelas* pp (Meliaceae). In: Naturaly, occurring pest biorregulators. Heidin, P. Ed. ACS Symp. Series. Washington, D.C., 1991, pp 293-304.
- Cuttler, P. y H. Schmutteres. 1999. Natural pesticides from the Neem seed and other plants. *J. Ethnopharmacology* 333, 11-19.
- Delgado, D. & Castillo, P. 1996. Pautas para la implantación de huertos orgánicos en áreas marginales. *Agroforestería en las Américas*. 9:17.
- Dixon, R. 2001. Natural products and plant disease resistance. *Nature* 411, 843-847.
- Du, W. X., Olsen, C. W., Avena- Bustillos, R. J., McHugh, T. H., Levin, C. E., & Friedman, M. (2008). Antibacterial Activity against *E. coli* O157: H7, Physical Properties, and Storage Stability of Novel Carvacrol- Containing Edible Tomato Films. *Journal of Food Science*, 73(7).
- Ducrot, P.H. 2005. Organic chemistry's contribution to the understanding of biopesticida activity of natural products from higher plants. Pp 47-58: En: Regnault, R.C., B.J.J. Phylogene y C. Vincent (eds.). *Biopesticides of plant origin*. Lavoisier and Intercept, Ltd., Paris and Andover. 313 p.
- Freemark K. y C. Boutin. 1995. Impacts of agricultural herbicide use on terrestrial wildlife in temperate landscapes: A review with special reference to North America. *Agr. Ecosystems Environ*. 52(2), 67-91.

- Grainge, M., & Ahmed, S. (1988). Handbook of plants with pest-control properties. John Wiley & Sons Limited.
- Hardy J. E. (1938). «*Plutella maculipennis* , (Curt.), its natural and biological control in England». Bulletin of Entomological Research 29: 343-372.
- Hernández–Lauzardo, A.; Bautista–Baños, S.; Velázquez–del Valle, M. 2007. Prospectiva de extractos vegetales para controlar enfermedades postcosecha hortofrutícolas. Revista Fitotecnia Mexicana 2: 119–123
- Idris, A. B. 1995. Ecology and behavior of *Diadegma insulare* (Cresson), a biological control agent of diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.). Ph. D. Dissertation, Michigan State University, East Lansing, MI. 24 p.
- INEGI Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2009). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí Clave geoestadística 24035. En <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/24/24035.pdf>
- Jaramillo, N., J. E. y Díaz, D., C. A. 2006. Agronomía. En: El Cultivo de las Crucíferas, Brócoli, Coliflor, Repollo, Col China. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA, Centro de Investigación La Selva, Rio Negro, Antioquia, Colombia. Primera Edición Manual Técnico 20, pp 20, 23, 32, 48.
- Kfir, R. (1998). Origin of the diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 91(2), 164-167.
- Kalemba, D., A. Kunicka (2003). "Antibacterial and antifungal properties of essential oils." *Curr Med Chem* 10(10): 813-29.
- Lagunes, A. 1994. Extractos, polvos vegetales y minerales para el combate de plagas del maíz y del frijol en la agricultura de subsistencia. Memoria. Colegio de Postgraduados, USAID, CONACYT, BORUCONSA. Montecillo, Texcoco, México. 31 p.
- Leibee, G. L.; Savage, K. E. 1992. Evaluation of selected insecticides for control of diamondback moth and cabbage looper in cabbage in Central Florida with observations on insecticide resistance in the diamondback moth. *Florida Entomologist* 75 (4): 585-591.
- Lui, T. X.; Hutchison, W. D.; Chen, W., Burkness. E. C. 2003. Comparative susceptibilities of diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae) and cabbage looper (Lepidoptera: Noctuidae) from Minnesota and South Texas to Cyhalothrin and In-doxicarb. *Journal of Economic Entomology* 94 (4): 1230-1236.

- Mahmoudvand, M., A. Sheikhi Garjan, and H. Abbasipour. 2009. Toxicity of neurotoxin insecticides on Diamondback moth, *Plutella xylostella* (Lep.: Plutellidae). pp. 68-69. Proceeding of the 6th Asia-Pacific Congress of Entomology, Beijing, China
- Mansaray, M. 2000. Herbal remedies food or medicine?. *Chem Ind.* 20(16):677-678.
- Marín Jarillo Antonio, Bújanos Muñiz Rafael, Abril de 2001 Insectos Plaga de Brócoli y Coliflor y sus Enemigos Naturales en la Región de el Bajío, México. Inifap Produce, publicación especial número (2). 24 p.
- Maroto Borrego José Vicente, Pomares García Fernando y Baixauli Soria Carlos, 2007, s/f, El cultivo de la coliflor y el brócoli, Ediciones Mundi-Prensa. Coedición Fundación Ruralcaja-Valencia, pp.36-46.
- Medina, N. 2001. Uso de extractos botánicos en control de plagas y enfermedades. Avances en el fomento de productos fitosanitarios no sintéticos. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica). 59, 76-77.
- Menjívar, R. 2001. Insecticidas naturales. Riesgos y Beneficios. En: <http://www.elsalvador.com/hablemos/Ediciones/290701/actualidad>.
- Molina, N. 2001. Uso de extractos botánicos en el control de plagas y enfermedades. En: Avances en el fomento de productos fitosanitarios no sintéticos. Manejo integrado de plagas. CATIE, Costa Rica. pp. 56-59.
- Mota-Sanchez, D., Bills, P. S., & Whalon, M. E. (2002). Arthropod resistance to pesticides: status and overview. *Pesticides in Agriculture and the Environment*, 241-272.
- Nyasani, J.O.; Kimenju, F.M.; Olubayo, S.I.; Shibairo, A.; Mutua, G.K. 2008b. Occurrence of entomopathogenic nematodes and their potential in the management of diamondback moth in Kale. *Asian Journal of Plant Sciences* 7 (3): 314-318.
- Ottaway, P.B. 2001. The roots of a health diet. *Chem. Ind.* 22, 42-44.
- Pazos, López, Estrada y Avilés (1993), Comparación de dosis de MELITOX 50% para el control de *Mocis latipes* G. en pastos. Resúmenes. I Taller Nacional de plaguicidas de origen botánico. Bioplag. 93. INIFAT, Santiago de las Vegas. La Habana Cuba, 16 p.
- Pérez, C.J., A.M. Shelton, and R.C. Derksen. 1995. Effects of field application technology and *Bacillus thuringiensis* subspecies on management of *B. thuringiensis* subsp. kurstarki-resistant Diamond Back (Lepidoptera: Plutellidae). *Journal of Economic Entomology* 88:1113-1119.
- Pinto, M. R. (2003). Producción ecológica certificada de hortalizas de clima frío. Bogotá Colombia Universidad. Jorge Tadeo Lozano. 192 p.

- Puente, M., A. Campos y A.L. León. 2005. Efecto fungicida o fungistático de un extracto vegetal sobre plantas susceptibles al hongo fitopatógenos del suelo *Sclerotium rolfsii* Sacc. En condiciones de cultivo protegido. En: Memorias XVII Congreso de la Asociación Latinoamericana de Malezas (ALAM). Varadero, Matanzas, Cuba. Pp. 637-643.
- Ramírez L. 2001. Efectos agudos crónicos de los plaguicidas en la salud humana. En Memorias Simposio Impacto de los Agroquímicos en el Occidente del País. Barquisimeto, Lara, Venezuela. 30 p.
- SAGARPA, 2011 Monografía de cultivos, Secretaría de Fomento a los Agronegocios <http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Estudios/Documents/monografias/brocoli.pdf>
- Sarfraz, M., Dossall, L. M., & Keddie, B. A. (2006). Diamondback moth–host plant interactions: implications for pest management. *Crop Protection*, 25(7): 625-639.
- Silva, G., A. Lagunes, J.C. Rodríguez y D. Rodríguez. 2002. Insecticidas vegetales: Una vieja-nueva alternativa en el control de plagas. *Revista Manejo Integrado de Plagas (Chile)* 66, 4–12.
- Soberón, G., C. Rojas, J. Saavedra, M. Kato y G. Delgado. 2006. Acción biocida de plantas de *Piper tuberculatum* Jacq. Sobre *Diatrea saccharalis* (Lepidoptera, Pyralidae). *Revista Peruana de Biología* 13(1): 197-112.
- Shelton, A. M.; Sances, F. V.; Hawley, J.; Tang, J. D.; Boune, M.; Jungers, D.; Collins, H. I.; Farias, J. 2000. Assessment of insecticide resistance after the outbreak of diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae) in California in 1997. *Journal of Economic Entomology* 93: 931-936.
- Shelton, A. M., Wyman, J. A., Cushing, N. L., Apfelbeck, K., Dennehy, T. J., Mahr, S. E. R. and S. D. Eigenbrode. 1993. Insecticide resistance of diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae) in North America. *Journal of Economic Entomology*, 86: 11–19.
- Srivastava, S., M. Gupta, V. Prajapati, A.K. Tripathi y S. Kumar. 2000. Insecticidal activity of Myristicin from *Piper mullesua*. *Pharmaceutical Biol.* 39(3): 226.
- Suresh, G., G. Gopalakrishman, D.S. Wesley, N.D. Pradeep, R. Malathi y S.S. Rajan. 2002. Insect antifeedant activity of tetranortriterpenoids from the rutales. A perusal of structural relations. *J. Agr. Food Chem.* 50, 4484-4490.
- Tabashnik, B. E.; Finson, N.; Groeters, F. R.; Moar, W.J.; Johnson, M. W.; Lou, K.; Adang, M. J. 1994. Reversal of resistance to *Bacillus thuringiensis* in *Plutella xylostella*. *Agricultural Science* 91: 4120-4124.

- Talekar, N.S. and A.M. Shelton. 1993. Biology, ecology, and management of the diamondback moth. *Annu. Rev. Entomol.* 38:275-301.
- Thacker, J. R. (2002). An introduction to arthropod pest control. Cambridge University Press, First published 2002, 8 p.
- Tripathi, A. K., V. Prajapati, K.K. Aggarwal y S.P.S. Khanuja. 2000. Repellency and toxicity of oil from *Artemisia annua* to certain stored-product beetles. *J. Econ. Entomol.* 93, 43-47.
- Ultee, A., Slump, R. A., Steging, G., & Smid, E. J. (2000). Antimicrobial activity of carvacrol toward *Bacillus cereus* on rice. *Journal of Food Protection*, 63(5), 620-624.
- Valladares, G., Defago, M. T., Palacios, S., & Carpinella, M. C. (1997). Laboratory evaluation of *Melia azedarach* (Meliaceae) extracts against the elm leaf beetle (Coleoptera: Chrysomelidae). *Journal of Economic Entomology*, 90 (3): 747-750.
- Vásquez, R. F. 2005. Evaluación de extractos vegetales en el control de insectos plaga a nivel de huerto familiar. Memoria de residencia. ITAO. No. 23 Oaxaca. México, 35 p.
- Watt, B.K. Merri A.L. , et al., 1975. Composicion of Foods. Agricultural Handbook n° 8 USDA. Washington.
- Waterhouse, D., W.J. Carman, D. Schottenfeld, G. Gridley y S. Maclean. 1996. Cancer incidence in the rural community of Tecumseh, Michigan. *Cancer* 77, 763-770.
- Wogiatzi, E., Gougoulas, N., Papachatzis, A., Vagelas, I., & Chouliaras, N. (2009). Chemical composition and antimicrobial effects of Greek organum species essential oil. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 23(3): 1322-1324.
- You, M. *et al* (2013). A heterozygous moth genome provides insights into herbivory and detoxification. *Nature genetics* 45 (2): 220-225.
- Zhao, J.; Li, Y.; Collins, H. L.; Cao, J.; Earle, E. D.; Shelton, A. M. 2001. Different cross-resistance patterns in the diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae) resistant to *Bacillus thuringiensis* Toxin Cry1C. *Journal of Economic Entomology* 94 (6): 1547-1552.