



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ
FACULTAD DE AGRONOMÍA



**TAXONOMÍA Y MANEJO DE *Keiferia lycopersicella* WALS. CON EXTRACTOS
DE *Melia azedarach* L. EN JITOMATE**

Por:

Álvaro Hernández Hernández

Tesis presentada como requisito parcial para obtener el título de
Maestro en Producción Agropecuaria



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ
FACULTAD DE AGRONOMÍA



**TAXONOMÍA Y MANEJO DE *Keiferia lycopersicella* WALS. CON EXTRACTOS
DE *Melia azedarach* L. EN JITOMATE**

Por:

Álvaro Hernández Hernández

Tesis presentada como requisito parcial para obtener el título de
Maestro en Producción Agropecuaria

Asesor principal

Dr. Rabindranath Manuel Thompson Farfán

Asesores

Dr. José Marín Sánchez

Dr. Jorge Alonso Alcalá Jáuregui

El trabajo titulado " Taxonomía y manejo de *Keiferia lycopersicella* Walshingham con extractos de *Melia azedarach* L. en jitomate" fue realizado por: Álvaro Hernández Hernández" como requisito parcial para obtener el título de "Maestro en Producción Agropecuaria" y fue revisado y aprobado por el suscrito Comité de Tesis.

Dr. Rabindranath Manuel Thompson Farfán
Asesor principal

Dr. José Marín Sánchez
Asesor

Dr. Jorge Alonso Alcalá Jáuregui
Asesor

Ejido Palma de la Cruz, Municipio de Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P. a los 3 días del mes de Octubre del 2012

DEDICATORIA

Al pueblo de México, obreros, campesinos, maestros, investigadores etc., quienes con sus impuestos han logrado brindar recursos para que el joven mexicano continúe con sus estudios y prepare las bases científicas para luchar por una libertad anhelada...

A todos aquellos libros de filosofía que lograron inculcar en mi la verdadera lucha por el conocimiento científico, entre ellos, Poema Pedagógico de Antón Makarenko, La madre de Máximo Gorki, El capital de Carl Marx, Crimen y Castigo de Fiódor Dostoievski y La sagrada familia de Friedrich Engels entre otros...

A mi esposa Sandra e hijo Pavel por estar siempre a mi lado.

A mis padres Alberta y Álvaro por inculcarme lo bonito que es el estudio de las plantas.

Y a toda mi familia: hermanos, tíos, primos, padrinos, parientes, abuelos, cuñados y amigos.

AGRADECIMIENTOS

Expreso mis más sinceros agradecimientos:

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí que juntos hicieron posible la realización de mis estudios de maestría.

Al ingeniero Oscar Adrian Mata Espinosa por apoyar siendo coordinador de la campaña de *Tuta absoluta*, el presente trabajo de investigación en aspectos de metodología, así como en su participación en la toma de datos en el cultivo de jitomate.

Al doctor R. Manuel Thompson Farfán, por sus valiosas aportaciones en la realización del trabajo de investigación de tesis, sus opiniones y su buena disposición para participar en mi programa de maestría.

Al doctor José Marín Sánchez por su arduo trabajo en la revisión del trabajo en el campo de la estadística.

Al doctor Jorge Alonso Alcalá Jáuregui por su amistad y animo que me brindo durante el programa de maestría. Y sobre todo, por su enseñanza en la gramática y lengua española.

A mis amigos, Sulpicio (suspi), Omegár (omegar), Daniel (dani-boys), Adriana (adri), Epifanio (pifas), Hermelindo (duermelindo), Melchor (melchor) y Misael (misa) por su extraordinaria amistad que me brindaron en mi estancia en la UAAAN y por su apoyo y orientación en una etapa muy importante de mi desarrollo profesional.

CONTENIDO

| | |
|---|------|
| DEDICATORIA | iii |
| AGRADECIMIENTOS | iv |
| CONTENIDO | v |
| ÍNDICE DE CUADROS..... | vii |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | viii |
| RESUMEN | ix |
| SUMMARY | x |
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| OBJETIVOS | 4 |
| Objetivo General..... | 4 |
| Objetivos Específicos..... | 4 |
| HIPÓTESIS..... | 4 |
| REVISIÓN DE LITERATURA | 5 |
| Importancia Mundial y Nacional del Jitomate | 5 |
| Entomofauna Asociada al Cultivo de Jitomate | 6 |
| Generalidades de Gelechiidae..... | 7 |
| Especies de Gelechiidae de importancia económica en México..... | 8 |
| Especies de Gelechiidae de importancia económica en jitomate..... | 9 |
| Características morfológicas de la genitalia..... | 9 |
| Biología y daños de <i>K. lycopersicella</i> | 10 |
| Metabolitos Secundarios en las Plantas | 11 |
| Uso de Extractos Vegetales en el Manejo de Plagas..... | 13 |

| | |
|---|-----------|
| Ventajas y desventajas del uso de insecticidas vegetales..... | 14 |
| Modo de acción de los bioinsecticidas vegetales..... | 15 |
| Características de la planta insecticida ideal..... | 15 |
| MATERIALES Y MÉTODOS | 17 |
| Ubicación del estudio..... | 17 |
| Identificación de Gelechiidae..... | 17 |
| Extractos Vegetales..... | 18 |
| Tratamiento y Diseño experimental..... | 19 |
| Análisis Estadístico..... | 20 |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 21 |
| Identificación de <i>K. lycopersicella</i> | 21 |
| Eficacia de extractos de <i>M. azedarach</i> sobre <i>K. lycopersicella</i> | 21 |
| CONCLUSIÓN..... | 26 |
| LITERATURA CITADA | 27 |

ÍNDICE DE CUADROS

| Contenido | Página |
|---|--------|
| Cuadro 1. Ciclo de vida de <i>K. lycopersicella</i> | 10 |
| Cuadro 2. Cuadrados medios de la variable mortandad en <i>K. lycopersicella</i> . | 21 |
| Cuadro 3. Efecto de la aplicación de extracto de hojas y frutos de <i>M. azedarach</i> sobre el porcentaje de mortandad de <i>K. lycopersicella</i> | 22 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| Contenido | Página |
|---|--------|
| Figura 1. Árbol de <i>M. azedarach</i> | 19 |
| Figura 2. Muestras de hojas y frutos de <i>M. azedarach</i> en proceso de deshidratación..... | 19 |
| Figura 3. Mortalidad corregida (%) de larvas de <i>K. lycopersicella</i> , sometidas a cuatro tratamientos con <i>M. azedarach</i> (frutos y hojas) al 5 y 10% (P/V). Las letras al tope de las barras indican diferencias significativas entre algunos tratamientos..... | 24 |

RESUMEN

El cultivo de jitomate en nuestro país es de importancia económica y social. El estado de San Luis Potosí ocupa el noveno lugar en la producción de esta hortaliza. Sin embargo, la producción se ha visto seriamente afectada debido a las altas infestaciones por larvas de la familia Gelechiidae y al desconocimiento de los productores sobre las especies involucradas. Para el control del gusano alfiler los productores de jitomate utilizan insecticidas de origen sintético, actividad que genera contaminación del medio ambiente. Los extractos del árbol del canelo no habían sido evaluados en campo, ni contra el gusano alfiler. Por lo cual, se procedió a identificar adultos de la familia Gelechiidae a nivel género y especie asociadas al cultivo de jitomate en el estado, y con el fin de corroborar la eficacia de una herramienta amigable, se evaluó el efecto de extractos de *M. azedarach* en campo sobre larvas de *K. lycopersicella*. Se determinó a *Keiferia lycopersicella* como único gelechido que afecta al cultivo de jitomate en Rio Verde, San Luis Potosí y los extractos acuosos de frutos de *M. azedarach* fueron más eficaces como insecticidas que los extractos acuosos de hojas.

SUMMARY

Growing tomatoes in our country is economic and social importance. The San Luis Potosi state ranks ninth in the production of this vegetable. However, production has been severely affected due to heavy infestation by larvae of the family Gelechiidae and ignorance of the producers on the species involved. To control pinworm tomato producers use synthetic insecticides, activity that generates pollution. The cinnamon tree extracts were not evaluated in the field, nor against the pinworm. Therefore, we proceeded to identify adult family Gelechiidae genus and species level associated with the cultivation of tomato in the state, and in order to corroborate the effectiveness of a friendly tool, we evaluated the effect of extracts of *M. azedarach* larvae in field on *K. lycopersicella*. Was determined as the only gelechido *Keiferia lycopersicella* affecting tomato crops in Rio Verde, San Luis Potosi and aqueous extracts of fruits of *M. azedarach* were more effective insecticides that aqueous extracts of leaves.

INTRODUCCIÓN

El jitomate (*Solanum lycopersicum* L.), es una de las especies hortícolas de mayor importancia a nivel mundial (Albornoz *et al.*, 2007). Sus amplias áreas de cultivo y su gran demanda lo convierten en la mayor industria en el ámbito agroalimentario (Salgado, 2011). La producción en invernadero brinda frutos frescos durante todo el año (Foolad, 2007) y estos se usan directamente o bien añadidos a otros alimentos en forma de pastas, jugos, salsas y sopas (Labate *et al.*, 2007). La gran diversidad de subproductos, las amplias áreas de cultivo y la alta demanda del fruto hacen que el tomate ocupe el segundo lugar de productos más importantes en México (Salgado, 2011).

En el país, la cosecha y comercialización del jitomate genera 72 mil empleos directos y aproximadamente 10.7 millones de empleos indirectos (SIAP, 2010). Anualmente México dedica 60,000 hectáreas a la producción de tomate del cual obtiene 2.2 millones de toneladas y más de un millón es exportado a los Estados Unidos. La exportación de tomate fresco mexicano al mercado estadounidense genera divisas que superan el valor de la producción en el mercado nacional. La importación de tomate en los Estados Unidos es una actividad con valor superior a los 2.5 mil millones de dólares, siendo México el principal exportador de tomates frescos a ese país, con una participación del 47% del volumen total importado en el año 2009 (Cruz *et al.*, 2010).

El cultivo es seriamente afectado por varias plagas, entre ellas la familia Gelechiidae, una de las más grandes de microlepidópteros que incluye a más de 4600 especies descritas pertenecientes a cerca de 500 géneros distribuidas en todo el mundo (Lee y Brown, 2008). En la región Paleártica se encuentran aproximadamente 1500 especies y alrededor de 690 se encuentran en la región Neártica. Un gran número de estas especies se encuentran distribuidas en la región Oriental, Neotropical, Afrotropical y Australiana (Lee, 2009).

En el municipio de Rio verde, San Luis Potosí, los gelechidos son de importancia económica creciente y actualmente no se cuenta con información precisa sobre las especies que afectan el cultivo. El reconocimiento oportuno de las plagas que afectan a los cultivos, es uno de los principios fundamentales del MIP que determina el método de prevención y/o control que se debe adoptar para obtener una producción más eficiente (Pérez y Forbes, 2011).

Uno de los gelechidos que causan daño en el cultivo de tomate en el país es el gusano alfiler, *Keiferia lycopersicella* (Bautista, 2011) quien tambien causa perdidas económicas en papa y berenjena (Ferguson y Shipp, 2011). El daño más importante en jitomate se produce por las larvas, debido a que provocan agujeros y directamente se reduce la calidad del producto (EPPO, 2011), y si no se llevan a cabo medidas para su control la producción se puede reducir entre un 60 y un 80% (Bautista, 2011).

Los insecticidas sintéticos son herramientas importantes en el control de plagas (Chiffelle *et al.*, 2009). Por ejemplo, para el control del gusano alfiler en la producción de jitomate los productores utilizan pesticidas de síntesis inorgánica, sin embargo, su uso irracional provoca en la agricultura perjuicios en el ambiente, la salud humana y favorece el desarrollo de resistencia en los insectos (Srinivasan, 2012). En gusano alfiler se reporta desarrollo de resistencia a los insecticidas fenvalerate y methomyl (Whalon *et al.*, 2012).

Entre las alternativas que se han propuesto al control de plagas se encuentra el uso de sustancias de origen botánico (Murillo *et al.*, 2012), por ser una estrategia efectiva y biodegradable (Jiménez y Gómez, 2011), lo que brinda seguridad al ambiente y a la salud humana (Rangel *et al.*, 2011), además son mas específicos que los insecticidas sintéticos y disminuyen la probabilidad de generar resistencia en insectos (Rossetti *et al.*, 2008).

Por otra parte, la situación social y económica, así como la necesidad de obtener un aprovechamiento más racional de los recursos disponibles, hacen necesario que la

agricultura en Latinoamérica experimente una conversión de convencional con altos insumos a una agricultura de bajos insumos, donde los bioplaguicidas obtenidos a partir de recursos naturales contribuyan a tales fines (Martínez *et al.*, 2010). Con el propósito de reforzar el uso de bioplaguicidas para el control de plagas es necesario complementar los estudios de laboratorio con estudios de campo, debido a que es común encontrar en América Latina manuales o folletos que recomiendan el uso de insecticidas botánicos sin haber sido aprobados científicamente. Además en muchos casos el uso de insecticidas vegetales están respaldado por investigaciones parciales, a muy pequeña escala o de dudosa calidad (Silva *et al.*, 2002).

En laboratorio se han realizado bioensayos con extractos vegetales para evaluar el efecto anti-insecto en diversas plagas (Aldana *et al.*, 2010, Figueroa *et al.*, 2011, Huerta *et al.*, 2008). Sin embargo, es fundamental conocer el efecto de estos en campo debido a que numerosos compuestos funcionan mejor en placas, vasos, discos u hojas solas que en el campo sobre huertos, plantas completas, y bajo la incidencia de condiciones ambientales desfavorables. Por lo tanto, para apoyar el uso de insecticidas botánicos se deben realizar rigurosos experimentos de campo y no emitir recomendaciones derivadas exclusivamente de estudios de laboratorio (Silva *et al.*, 2002).

OBJETIVOS

Objetivo General

- Determinar especies plaga de la familia Gelechiidae asociadas con el cultivo de jitomate y evaluar el efecto de cuatro extractos acuosos de hojas y frutos verdes de *Melia azedarach* L. sobre larvas de *Keiferia lycopersicella* Walshingham en jitomate a campo abierto.

Objetivos Específicos

- Colectar larvas de la familia Gelechiidae asociadas con el cultivo de jitomate en campo abierto en el municipio de Rio Verde, San Luis Potosí y determinar en laboratorio géneros y especies plaga del cultivo.
- Formular un producto insecticida con base de *M. azedarach* para su uso en el manejo del gusano alfiler en campo.

HIPÓTESIS

De varias especies de Gelechiidae asociadas con el cultivo de jitomate, al menos uno de ellos es plaga del cultivo de jitomate en Rio Verde San Luis Potosí y de los cuatro tratamientos formulados a partir de *M. azedarach*, al menos uno de ellos es efectivo contra larvas de *K. lycopersicella*.

REVISIÓN DE LITERATURA

Importancia Mundial y Nacional del Jitomate

El jitomate pertenece a la familia de las solanáceas en la cual se incluye a cultivos importantes como son la papa, la berenjena y el chile. Se caracteriza por presentar una biología única y genomas altamente conservados, fenotipos extraordinariamente diversos y adaptaciones especiales (Bombarely *et al.*, 2010). Actualmente el jitomate es conocido como *Solanum lycopersicum* L., anteriormente clasificado como *Lycopersicon esculentum* Miller (Sharma *et al.*, 2008). Su categorización taxonómica es: Reino: Plantae, División: Magnoliophyta, Clase: Magnoliopsida, Orden: Solanales, Familia: Solanaceae, Género: *Solanum* y Especie: *lycopersicum* L. (Knapp, 2011).

S. lycopersicum es una de las especies hortícolas de mayor importancia en el mundo, y se usa para consumo en fresco y en la industria (Albornoz *et al.*, 2007). En la producción de hortalizas se cultivan tres millones de hectáreas, el jitomate ocupa una tercera parte del área (Maharaj y Autar, 2007). La producción mundial en 2008 fue de 129.6 millones de toneladas (FIRA, 2010) y se concentró principalmente en cuatro países: China (25.9%), Estados Unidos (10.1%), Turquía (8.1%) e India (7.6%); México ocupó el décimo lugar con una producción correspondiente al 2.2% del volumen total mundial. Para el año 2007, el consumo per cápita a nivel mundial se ubicó en 17.97 kg/año/habitante. Armenia, Egipto, Grecia, Libia, Túnez y Turquía fueron los países con mayor consumo en cantidades superiores a 80kg al año por habitante. En el país, el consumo por persona se situó en 19.2 kg/año/habitante (FAOSTAT, 2011).

En México el jitomate se encuentra en el octavo lugar de productos agrícolas más importantes (FAOSTAT, 2011). La cosecha y comercialización son actividades que generan 72 mil empleos directos y aproximadamente 10.7 millones de empleos indirectos (SIAP, 2010). Para el año 2010 el cultivo ocupó una superficie sembrada de

54,510.59 hectáreas del que se obtuvo una producción total de 2, 277,791.43 toneladas con un rendimiento de 43.73 toneladas por hectárea. El valor de la producción nacional fue de 14, 887,127.57 en miles de pesos. Los principales estados productores son Sinaloa, Baja California Norte, Michoacán, Jalisco, San Luis Potosí y Baja California Sur. En el caso de San Luis Potosí, el cultivo de jitomate comprende aproximadamente una superficie sembrada de 2, 241.50 hectáreas, la cual brinda una producción de 98,093.00 toneladas con un valor en la producción de 742,365.74 en miles de pesos (SIAP, 2012).

Entomofauna Asociada al Cultivo de Jitomate

Entre las principales plagas del cultivo según la Universidad de California son: *Spodoptera exigua*, *Circulifer tenellus*, *Peridroma saucia*, *Epitrix hirtipennis*, *Scutigerella immaculata*, *Myzus persicae*, *Manduca sexta*, *Manduca quinquemaculata*, *Liriomyza sativae*, *L. trifolii*, *L. huidobrensis*, *Trichoplusia ni*, *Lygus hesperus*, *Macrosiphum euphorbiae*, *Phthorimaea operculella*, *Nezara viridula*, *Cryptopeltis modesta*, *Helicoverpa (Heliothis) zea*, *Keiferia lycopersicella*, *Bactericera cockerelli*, *Aculops lycopersici*, *Spodoptera praefica*, *Bemisia argentifolii*, *Trialeurodes abutilonia*, *Trialeurodes vaporariorum* y *Limoniusspp* (Zalom *et al.*, 2011).

La guía de plagas de la Universidad de California menciona solo dos gelechidos que generan pérdidas económicas en el cultivo, *Phthorimaea operculella* y *Keiferia lycopersicella*. Sin embargo, *Tecia solanivora* y *Tuta absoluta* también son gelechidos que causan daños potenciales en tomate (García y Vercher, 2010).

Generalidades de Gelechiidae

La primera especie de Gelechiidae fue asignada para *Phalaena (Tinea)* por Linneo (1758), Denis y Schiffermüller (1775), Fabricius (1775) y otros investigadores. Posteriormente en el siglo XIX se hicieron descripciones a otros géneros incluidos los de Billberg (1820) para *Athrips*, los de Hübner (1825) en los que se incluyó los géneros *Aristotelia*, *Brachmia*, *Chrysoesthia*, *Chionodes*, *Dichomeris*, *Gelechia*, *Hypatima*, *Mesophleps*, *Nothris*, y *Sophronia*, los de Haworth (1828) para los géneros *Chelaria*, ahora un sinónimo de *Hypatima* y *Recurvaria*, los de Curtis (1827) para el género *Anacamptis*, los de Treitschke (1833) para el género *Lita*, ahora llamado *Prolita Leraut* y los de Zeller (1839) para tres géneros: *Megacraspedus*, *Anarsia*, y *Metzneria* (Lee y Brown, 2008).

La familia Gelechiidae (Lepidoptera: Gelechioidea) es una de las más grandes de microlepidópteros y en la zona Neotropical solo un porcentaje menor al 20% ha sido descrita. Esta familia para su estudio se divide en cuatro subfamilias: Physoptilinae, Gelechiinae, Dichomeridinae y Pexicopiinae en los que se incluyen más de 4,600 especies descritas pertenecientes a cerca de 500 géneros en el mundo. Aproximadamente 1,500 especies se encuentran en la región Paleártica y alrededor de 630 se localizan en la Región Neártica. Un gran número de especies también están presentes en la Región Oriental, Neotropical, Etiopía y la región Australiana (Lee, 2009).

Los gelechidos son llamados microlepidópteros debido a que su tamaño es de aproximadamente 15 mm de longitud. Son de color marrón, dorado o gris claro. Sus palpos labiales son largos y curvados sobre su cabeza y su tercer segmento distal es largo y termina en punta. Las alas posteriores en ocasiones son recurvadas y terminan en punta, mientras que las alas anteriores son lanceoladas y más angostas que las posteriores. Son de hábitos nocturnos y crepusculares con vuelos zigzagueantes cortos y muy rápidos. Las larvas se caracterizan por formar minas y enrollamiento de hojas; en

tallos forman agallas y otras provocan efectos graves sobre productos almacenados (Truches, 1987).

Esta familia de microlepidópteros incluye especies de plagas muy importantes en diversos cultivos. Un grupo en particular dentro de la misma, causan daños graves a las solanáceas. Destacan entre ellas *Phthorimaea operculella*, que ataca a la papa y se encuentra distribuida por todo el mundo, *Tecia solanivora*, plaga de la papa típica de Centroamérica y que en 1999 se encontró por vez primera en Europa en las islas Canarias, *Keiferia lycopersicella*, plaga del tomate del sur de Estados Unidos que recientemente se ha encontrado por vez primera en Europa en el noreste de Italia en 2008 y *Tuta absoluta* plaga del tomate procedente de Sudamérica que apareció por primera vez en Europa en Castellón en 2006. *T. absoluta* se expandió con gran rapidez en los años 2007 a 2009 por casi todos los países del mediterráneo excepto el extremo oriental (García y Vercher, 2010). En México aun no existen reportes de su presencia.

Especies de Gelechiidae de importancia económica en México

Entre los gelechidos mas importantes económicamente en México se mencionan: palomilla de los cereales (*Sitotroga cerealella* Oliver), palomilla de la papa (*Phthorimaea operculella* Zeller), gusano rosado (*Pectinophora gossypiella* Saunders), barrenador del tallo del huazontle (*Scrobipalpa gossypiella* Fischer v. Roeslerstamm) y gusano alfiler del tomate (*Keiferia lycopersicella* Walshingham) (Bautista, 2011).

Especies de Gelechiidae de importancia económica en jitomate

Se puede mencionar que los gelechidos que más daño causan en el cultivo de jitomate son: *Keiferia lycopersicella*, *Phthorimaea operculella*, *Tecia solanivora* y *Tuta absoluta* (Bautista, 2011).

Características morfológicas de la genitalia

Keiferia lycopersicella: se caracteriza por presentar: (a) uncus largo, estrecho y recurvado, (b) valvas largas, sinuosas y delgadas con zona apical ampliada y en forma de horquilla, (mejor característica de diferenciación) (c) tegumen estrecho y medianamente recurvado, (d) gnathos de forma oval y alargado, (e) vinculum con saccus largo y delgado, (f) y el aedeagus es alargado, delgado con un cumulo globular en la base (Brambila *et al.*, 2010).

Phthorimaea operculella: presenta (a) uncus ancho y redondo, (b) valvas delgadas con ápice curvo, (mejor característica de diferenciación) (c) tegumen largo y estrecho, (d) gnathos oval en forma de lengua, (e) vinculum bien desarrollado y ancho, (f) aedeagus largo delgado y curvo mas ancho en la base (Brambila *et al.*, 2010).

Tuta absoluta: se determina por presentar: (a) uncus en forma de campana ensanchado en la punta del ápice, (b) valva digitada y setosa del ápice con margen interno convexo medialmente, (c) tegumen ancho basalmente (d) gnathos ancho con el ápice redondeado (e) vinculum ancho y bien desarrollado provisto de un saccus ancho y alargado y (f) aedeagus con un ciego prominente (Brambila *et al.*, 2010).

Biología y daños de *K. lycopersicella*

El tiempo de desarrollo del gusano alfiler se muestra en el cuadro 1. Los huevos de la plaga son depositados de forma individual o en grupo de tres sobre el follaje de la planta hospedante. Recién ovipositados son de color amarillo opaco y de color naranja antes de la eclosión. Las larvas pasan por cuatro estadios y cada uno de ellos causa minas en hojas. Las larvas maduras al abandonar la planta huésped salen a pupar cerca de la superficie del suelo y el adulto emerge de la celda pupal dos o cuatro semanas mas tarde. Las generaciones de la plaga se superponen y generalmente se presentan siete u ocho por año (Poe, 1999).

Cuadro 1. Ciclo de vida de *K. lycopersicella*.

| Etapa de desarrollo | Numero de días requeridos | |
|---------------------|---------------------------|--------|
| | Promedio | Mínimo |
| Incubación de huevo | 8.9 | 4 |
| Minando hojas | 11.5 | 5 |
| Plegando hojas | 9.5 | 3 |
| Prepupa | 6.9 | 1 |
| Pupa | 30.2 | 15 |
| Huevo-Adulto | 67.0 | 28 |

Fuente: Poe, 1999.

El daño principal por las larvas de *K. lycopersicella* es en hojas, debido a que las altas infestaciones afectan el crecimiento y a su vez el rendimiento de la planta. Además, el daño directo en frutos y ramas afectan la comercialización (Korycinska y Eyre, 2010).

Metabolitos Secundarios en las Plantas

Durante 400 millones de años de coevolución entre herbívoros y plantas integrantes del primer nivel de la cadena trófica ocurrió un proceso de selección, en el cual las plantas desarrollaron defensas químicas que dificultan el consumo de sus órganos por los herbívoros (Mareggiani, 2001). Los metabolitos secundarios (MS) son compuestos de esta índole y su estructura química es de bajo peso molecular (Sepúlveda *et al.*, 2003). Su función es proteger a las plantas del ataque por herbívoros (artrópodos y vertebrados) (García, 2004) y microorganismos (virus, bacterias y hongos) (Sepúlveda *et al.*, 2003).

Los MS por su composición química son clasificados en dos grupos principales: nitrogenados y no nitrogenados. Los MS que contienen nitrógeno incluyen a los alcaloides, aminoácidos no protéicos, aminas, glucósidos cianogénicos y glucosinolatos. Los MS no nitrogenados se dividen en terpenoides, poliacetilenos, policétidos y fenilpropanoides. La variedad estructural dentro de un mismo grupo de MS está dada por modificaciones químicas a una estructura básica, originadas por reacciones químicas, tales como la hidroxilación, metilación, epoxidación, malonilación, esterificación y la glucosilación. Esta variabilidad ocasiona perfiles metabólicos diferentes entre especies, miembros de una población y los diferentes órganos de la planta, siendo parte de la estrategia de adaptación de las mismas (Wink, 1999).

Los precursores de la biosíntesis de MS se derivan de rutas del metabolismo primario, tales como la glucólisis, el ciclo de Krebs o la vía del shikimato. Una síntesis constitutiva y específica de MS puede existir para cada tipo de órgano, tejido o tipo

celular. Existen también MS que se sintetizan en todos los órganos y tejidos de la planta, pero que se almacenan en órganos o tejidos diferentes a los de su síntesis, a través de su redistribución por el xilema y/o el floema, o por el espacio apoplástico (Edwards y Gatehouse, 1999).

La síntesis de MS depende de la etapa de desarrollo de la planta y sus niveles constitutivos sólo se incrementan como parte de la respuesta al estrés abiótico o biótico. Este aumento en los niveles de MS, es importante para la supervivencia de las plantas, ya que su síntesis se deriva del metabolismo primario y porque algunos compuestos son tóxicos para la misma planta (Wink, 1999).

Las sustancias semioquímicas son aquellas que intervienen en la comunicación química entre organismos y su clasificación es dependiente de la relación entre especies. Las sustancias semioquímicas que intervienen en interacciones dentro de una misma especie se conocen como feromonas, y las sustancias semioquímicas cuya emisión es significativa para un organismo de una especie diferente a la emisora es denominada como aleloquímico (Mareggiani, 2001).

La clasificación de Nordlung y Lewis (1976), agrupa a las sustancias aleloquímicas en cuatro categorías: alomonas, kairomonas, sinomonas y apneumonas. Actualmente, la clasificación se restringe a las tres primeras categorías (Mareggiani, 2001). Las alomonas son sustancias producidas o adquiridas por un organismo, que en un contexto natural, y en contacto con un individuo de otra especie producen en el receptor una reacción de comportamiento o fisiológica favorable al emisor. Las kairomonas son compuestos que, en contacto con individuos de otra especie, producen en el receptor una respuesta favorable a este último. Las sinomonas producen en el receptor una respuesta adaptativa favorable, tanto para el emisor como para el receptor (Nordlung, 1981).

Cuando el aleloquímico emitido es una alomona, las plantas se favorecen debido a que disminuye la posibilidad de que un herbívoro generalista o polífago pueda utilizar a

estas como fuente de alimento, ya que lo repele, disuade la alimentación o la oviposición, e interrumpe su desarrollo, entre otros efectos (Bernays, 2000).

Uso de Extractos Vegetales en el Manejo de Plagas

El uso insecticida de extractos y polvos de plantas se remontan a la época del imperio romano. Existen antecedentes del año 400 a.c., en tiempos del rey Jerjes de Persia (hoy Irán), donde mencionan que para el control de piojos en los niños en esas épocas, se espolvoreaba sobre su cabeza un polvo obtenido de flores secas de la planta de piretro (*Tanacetum cinerariaefolium*; Compositae) (Silva *et al.*, 2002).

En el siglo XVII apareció el primer insecticida natural y fue el uso de la nicotina obtenida de hojas de tabaco quien demostró efecto de mortalidad sobre escarabajos que atacaban al ciruelo. En 1850 se introdujo un nuevo insecticida vegetal llamado rotenona, obtenido de raíces de una planta llamada vulgarmente como timbó. En México y otros países de América Central aun es común encontrar prácticas de control de insectos con recomendaciones de plantas que datan del tiempo de los aztecas y mayas. La mezcla del maíz y frijol con ají (*Capsicum frutescens*; Solanaceae), ruda (*Ruta graveolens*; Rutaceae) o ajo (*Allium cepa*; Alliaceae) es un ejemplo práctico de ello (Silva *et al.*, 2002).

Los bioplaguicidas son un grupo importante de insecticidas que se producen de forma natural, y por su origen se clasifican en microbiales y bioquímicos; los de origen bioquímico incluye a los derivados de las plantas (Akhtar *et al.*, 2008). Esta técnica es ancestral, sin embargo, a la entrada de los insecticidas sintéticos su empleo decreció. Recientemente, debido a la problemática de contaminación ambiental, generación de residuos tóxicos, daños a la salud y resistencia de las plagas causadas por estos insecticidas, resurgió la búsqueda de plantas con efecto bioinsecticida (Aldana *et al.*, 2010).

A partir de los años 60^s el estudio del efecto de insecticidas extraídos de plantas tomaron mayor importancia y fue después de las investigaciones de Pradhan, quien descubrió la actividad del extracto de nim (*Azadirachta indica*, Meliaceae) en el control de langostas. En 1965, Slama y Williams observaron que individuos de *Pyrrhocoris apterus* (Hemiptera: Pyrrhocoridae) criados sobre papel fabricado a partir del tronco de *Abies balsamea* experimentaban alteraciones en su desarrollo. Posteriormente Bowers y colaboradores identificaron la estructura química del compuesto responsable y se dio a conocer una nueva forma de defensa vegetal mediante imitadores de las propias hormonas de insectos. Posteriormente, el descubrimiento de las propiedades del juvocrineme II en la albahaca, *Ocimum basilicum* condujo, en el decenio siguiente, a la síntesis de una segunda generación de productos hormonales comerciales como el piriproxifen y el fenoxicarb (Mareggiani, 2001). Actualmente ya se encuentran en el mercado una serie de insecticidas producto de copias sintéticas de las sintetizadas por las plantas, tal es el caso de los neonicotinoides donde destaca el Imidacloprid (Silva *et al.*, 2003). Es de importancia mencionar que el uso de insecticidas e insectistáticos extraídos de plantas, es un campo de la investigación con avances prácticamente a diario (Silva *et al.*, 2002).

Ventajas y desventajas del uso de insecticidas vegetales

Entre las ventajas, se puede señalar que son conocidos por el agricultor, ya que generalmente se encuentran en su mismo medio, muchas veces poseen otros usos como medicinales o repelentes de insectos caseros, su rápida degradación puede ser favorable pues disminuye el riesgo de residuos en los alimentos, algunos pueden ser usados poco tiempo antes de la cosecha, varios actúan rápidamente inhibiendo la alimentación del insecto aunque a la larga no causen su muerte. Debido a su acción estomacal y rápida degradación pueden ser más selectivos con insectos plaga y menos agresivos con los enemigos naturales, muchos de estos compuestos no causan fitotoxicidad y desarrollan

resistencia más lentamente que los insecticidas sintéticos. Dentro de las desventajas se menciona que no todos son insecticidas, sino que muchos son insectistáticos lo que los hace tener una acción más lenta, se degradan rápidamente por los rayos ultravioleta por lo que su efecto residual es bajo, no todos los insecticidas vegetales son menos tóxicos que los sintéticos, no se encuentran disponibles durante toda la temporada, los límites máximos de residuos no están establecidos, no hay registros oficiales que regulen su uso y no todas las recomendaciones que manejan los agricultores han sido validadas con rigor científico (Silva *et al.*, 2002).

Modo de acción de los bioinsecticidas vegetales

Las fitotoxinas presentan una gran diversidad estructural molecular, y los mecanismos mediante los cuales ejercen su actividad biológica son diferentes y específicos en comparación con los insecticidas sintéticos. Estas ejercen su efecto a través de diversos mecanismos y afectan algunos de los procesos esenciales del metabolismo o fisiología de enfermedades causadas por hongos e insectos plaga. En insectos se muestran las siguientes actividades: acción insecticida, acción antialimentaria, acción inhibidora de la pupación, simulación de hormonas de crecimiento en insectos, inhibición de la oviposición, inhibición de la enzima acetilcolinesterasa, inhibición de la enzima tirosinasa e inhibición de fenol oxidasas (Céspedes y Alarcon, 2011).

Características de la planta insecticida ideal

Las características que debe reunir una planta insecticida ideal con la finalidad de aprovecharla al máximo y sin deteriorar al ecosistema según Silva *et al.*, (2002) son: (a) ser perenne, (b) estar ampliamente distribuida y en grandes cantidades en la naturaleza, o que se pueda cultivar, (c) usar órganos renovables de la planta (hojas, flores o frutos),

(d) no ser destruida cada vez que se necesite recolectar material (evitar el uso de raíces y cortezas), (e) requerir poco espacio, manejo, agua y fertilización, (f) tener usos complementarios (como medicinales) o tener un alto valor económico y (g) ser eficaz en bajas dosis.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del Estudio

El estudio se llevo a cabo en el municipio de Rio verde, San Luis Potosí durante el ciclo primavera-verano (abril-mayo de 2012). El cultivo de jitomate fue proporcionado por un agricultor del municipio al final de la temporada de la producción. El uso de agroquímicos fue nulo, en acuerdo con el productor para favorecer el desarrollo de plagas de la familia Gelechiidae.

Identificación de Gelechiidae

Para determinar las especies de la familia Gelechiidae asociadas con el cultivo de tomate se utilizo el método de conteo directo de hojas dañadas por larvas. El estudio consistió en realizar muestreos en intervalos semanales utilizando la técnica “Cinco deoros”. Se colectaron hojas con presencia evidente de daños por gelechidos. Los sitios de muestreo fueron 5, y semanalmente por cada sitio de muestreo se seleccionaron 10 plantas de tomate menores a 30 cm de altura. Por cada planta se tomaron 2 foliolos con presencia evidente de larvas de la familia Gelechiidae. Las muestras se introdujeron en bolsas Ziploc® y se trasladaron al Laboratorio de Entomología Agrícola de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

Las muestras se transfirieron a vasos de plástico desechables (2 foliolos por vaso). Estos se perforaron de la tapa y se cubrieron con tela de polipropileno (Agribon® 17) con el objetivo de permitir ventilación y no permitir el escape de ningún organismo de los vasos. En el fondo se coloco algodón húmedo para prevenir la deshidratación de la muestra (insectos-hojas). A la emergencia de los adultos se colocaron en tubos

Eppendorf de 1.5 mL, con alcohol al 70%. La identificación de especies de Gelechiidae se realizo considerando solo las estructuras de los genitales de los machos. La preparación de la genitalia se realizó en dos etapas siguiendo la metodología propuesta por Passoa y Gilligan (2010).

La primera etapa consistió en macerar los abdómenes en un tubo de ensayo con Hidróxido de Potasio al 10% y se les realizo un baño María por un tiempo de 2 a 5 minutos, dependiendo del tamaño del abdomen. Posteriormente se colocaron en un vaso con alcohol al 10% para lavarlos y conservarlos. En la segunda etapa se retiro la capsula genital con una aguja de disección y se limpio la muestra con un cepillo entomológico a fin de retirar residuos de la capsula genital y residuos restantes de la piel del insecto. Al final se coloreo la genitalia con Eosin Y, y los especímenes se identificaron usando claves publicadas por Jiménez (2009) y se corroboraron por el entomólogo Dr. Enrique Ruiz Cancino de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Tamaulipas.

Extractos Vegetales

La colecta de hojas y frutos verdes se realizó en arboles de ornato ubicados en el municipio de San Luis Potosí, San Luis Potosí a 22.15550° latitud norte; -100.92666° longitud oeste y a una altitud de 1797 metros sobre el nivel del mar (Figura 1). Posteriormente, las muestras se dejaron secar a la sombra durante 30 días (Ortiz *et al.*, 2008), pasado este tiempo, se deshidrataron en una estufa a 60°C (Maregiani *et al.*, 2010) y al final los frutos y hojas se licuaron y se obtuvieron los extractos por filtración en malla de tul (Valencia *et al.*, 2004) (Figura 2).



Figura 1. Árbol de *Melia azedarach*



Figura 2. Muestras de hojas y frutos de *M. azedarach* en proceso de deshidratación.

Tratamiento y Diseño experimental.

El experimento consistió en un diseño de bloques al azar con cinco repeticiones. Cada unidad experimental (repetición) se conformó por treinta plantas ubicadas en cinco surcos de seis metros de largo espaciados a un metro entre ellos. Los tratamientos evaluados fueron:

- T1: aspersión de extractos acuosos de hojas al 5% (p/v)
- T2: aspersión de extractos acuosos de hojas al 10% (p/v)
- T3: aspersión de extractos acuosos de frutos al 5% (p/v)
- T4: aspersión de extractos acuosos de frutos al 10% (p/v) y,
- T5: testigo, sin ninguna aplicación.

Para estimar el efecto de los tratamientos, se llevo a cabo un muestreo previo de la densidad de larvas de *K. lycopersicella* en 10 plantas escogidas al azar por parcela o unidad experimental. Las aspersiones de extractos se realizaron antes de las ocho de la mañana con una aspersora motorizada con capacidad de 15 litros y boquilla de cono hueco.

La aspersión de las concentraciones de cada tratamiento se realizó cuando existía un índice de infestación superior a 2 larvas/planta. Posteriormente se muestreo a los 2, 4, 6 y 8 días, para contrastar los nuevos niveles de infestación y estimar la efectividad de los tratamientos mediante la Formula de Henderson-Tilton (CIBA-GEYSI, 1981):

% de eficacia= $(1 - T_d/C_d C_a/T_a) \cdot 100$, donde:

T_a = infestación en parcela tratada antes del tratamiento

T_d = infestación en parcela tratada después del tratamiento

C_a = infestación en parcela testigo antes del tratamiento

C_d = infestación en parcela testigo después del tratamiento

Análisis Estadístico

Los resultados se sometieron a Análisis de Varianza y test de comparaciones de medias mediante Tukey al 5%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Identificación de *K. lycopersicella*

La familia Gelechiidae incluye a más de 4600 especies de microlepidópteros pertenecientes a cerca de 500 géneros distribuidas en todo el mundo (Lee y Brown, 2008). En jitomate, se ha reportado a *Tuta absoluta*, *Tecia solanivora*, *Phthorimaea operculella* y *Keiferia lycopersicella* como las causantes de estragos en el cultivo (Bautista, 2011). Sin embargo, en Rio Verde, San Luis Potosí todos los ejemplares machos recolectados y analizados se determinaron como *K. lycopersicella*.

Eficacia de Extractos de *M. azedarach* Sobre *K. lycopersicella*

El cuadro 2 presenta el Análisis de Varianza al que se sometió la variable mortandad. Se comprobó que existen diferencias significativas entre tratamientos.

Cuadro 2. Cuadrados medios de la variable mortandad en *K. lycopersicella*.

| Fuente de variación | Grados de libertad | Mortandad | | | |
|---------------------|--------------------|-----------|--------|--------|--------|
| | | 2 Días | 4 Días | 6 Días | 8 Días |
| Modelo | 8 | 117.72 | 242.43 | 335.80 | 543.27 |
| Error | 16 | 74.40 | 10.31 | 714 | 25.89 |
| Total | 24 | | | | |
| C.V | | 75.71 | 25.93 | 16.13 | 30.90 |
| Media | | 11.39 | 12.38 | 16.56 | 16.46 |

C.V: Coeficiente de variación.

Los resultados del porcentaje de mortandad de larvas de *K. lycopersicella* posteriores a la aplicación de extractos de *M. azedarach* se muestran en el cuadro 3.

Cuadro 3. Efecto de la aplicación de extracto de hojas y frutos de *M. azedarach* sobre el porcentaje de mortandad de *K. lycopersicella*.

| Tratamiento | Mortalidad acumulada (%) | | | |
|---------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | A 2 días de la aplicación | A 4 días de la aplicación | A 6 días de la aplicación | A 8 días de la aplicación |
| Extracto de hojas al 5% | 5.19cd | 3.84c | 7.04d | 6.63cd |
| Extracto de hojas al 10% | 9.12bc | 11.04b | 17.39c | 13.08bc |
| Extracto de frutos al 5% | 14.10ab | 19.60a | 22.81b | 20.76b |
| Extracto de frutos al 10% | 18.20bc | 25.06a | 31.95a | 39.29a |
| Testigo | 2.35d | 2.37c | 3.62d | 2.56d |
| Media | 9.79 | 12.38 | 16.56 | 16.46 |
| Diferencia Mínima Significativa | 5.39 | 6.22 | 5.18 | 9.86 |

Medias con letra diferente en sentido vertical son estadísticamente diferentes (Tukey, $p=0.05$).

En el cuadro 3, se puede apreciar que los resultados más efectivos se obtuvieron con extractos de frutos en concentraciones del 5 y 10% ya que en la evaluación realizada a los ocho días se registraron 20.76 y 39,29% de mortandad acumulada respectivamente. El porcentaje de mortandad obtenido con los extractos de hojas aun en la concentración del 10%, fue bajo al presentarse solo el 13.08% en el último día de evaluación.

Diversas investigaciones muestran mejores resultados de efectividad biológica cuando utilizan extractos formulados a partir de frutos en comparación a los obtenidos cuando se emplean extractos provenientes de hojas. En laboratorio Maregiani *et al.*, (2010) usó extractos de hojas y frutos en concentración del 10% y obtuvo 23 y 35% de mortandad respectivamente sobre larvas de segundo estadio del nematodo *Meloidogyne incognita* (Nematoda: Meloidogynidae) a las 48 horas de evaluación. El efecto variado de extractos de hojas y frutos se debe a la acumulación de compuestos aleloquímicos presente en las plantas y factores intrínsecos; en este caso asociado con la estructura vegetal evaluada quien afecta la variabilidad en cuanto al tipo y concentración de los compuestos en *M. azedarach* (Pérez *et al.*, 2007, Silva *et al.*, 2003). Incluso, Silva *et al.*, (2002) menciona que las mayores concentraciones de metabolitos secundarios se encuentran en las flores y semillas, por lo tanto, debe privilegiarse el uso de estos órganos.

En laboratorio, Rossetti *et al.*, (2008) obtuvieron efecto antialimentario a las 24 horas de 97,7 y 96,7% en larvas de *Spodoptera eridania* con extractos de frutos maduros de *M. azedarach* en concentración de 5 y 10%, superior a los resultados obtenidos en el presente trabajo. Esto es debido a que numerosos compuestos funcionan mejor en placas, vasos, discos u hojas solas que en campo sobre huertos, plantas completas, y bajo la incidencia de condiciones ambientales desfavorables (Silva *et al.*, 2002).

El bajo efecto de extracto de hojas al 5 y 10% coincide con los de Rossetti *et al.*, (2008), ellos obtuvieron un Índice de Inhibición Alimentaria moderada sobre larvas de *Spodoptera eridania* tratadas con extractos de hojas senescentes en la misma concentración.

La siguiente grafica muestra la eficacia de los extractos aplicados, donde se aprecian diferencias significativas entre tratamientos (figura 3).

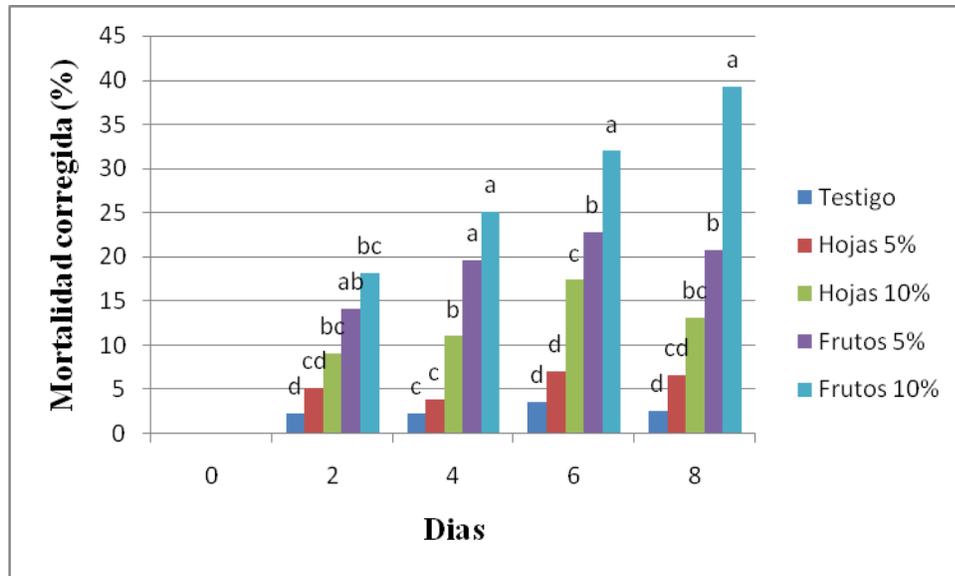


Figura 3. Mortalidad corregida (%) de larvas de *K. lycopersicella*, sometidas a cuatro tratamientos con *M. azedarach* (frutos y hojas) al 5 y 10% (P/V). Las letras al tope de las barras indican diferencias significativas entre tratamientos.

La mortalidad corregida pone de manifiesto que existe interacción positiva del efecto de las concentraciones sobre la respuesta obtenida, esto es, a mayor concentración del producto hubo mayor mortalidad, independiente de la parte de la planta utilizada. A través del tiempo de evaluación también se observó incremento en la mortalidad del insecto, en todas las concentraciones se obtuvo una respuesta de mortalidad a los dos días de la aplicación y aumentó en el octavo día (Figura 3). Diversas investigaciones muestran una respuesta lineal concentración/mortalidad a través del tiempo (Carrizo *et al.*, 2006, Caffarini *et al.*, 2008 y Maregiani *et al.*, 2010).

Entre las plagas que *M. azedarach* ha mostrado efecto se puede mencionar a *Bemisia tabaci*, *Myzus persicae*, *Aphis gossypii*, *Tribolium confusum*, *Diabrotica speciosa*, *Tuta absoluta*, *Liriomyza huidobrensis* (Castillo *et al.*, 2010), *Spodoptera littoralis*, *Epilachna paenulata* (Díaz y Rossini, 2011), *Meloidogyne incognita* (Maregiani *et al.*, 2010), *Acromyrmex lundii* (Caffarini *et al.*, 2008), *Spodoptera eridania* (Rossetti *et al.*, 2008) y *Spodoptera frugiperda* (Ortiz *et al.*, 2008).

En el presente trabajo, la actividad antialimentaria de *M. azedarach* pudo haber sido la causa directa de la gradual mortalidad de larvas de *K. lycopersicella*. Rossetti *et al.*, (2008), en laboratorio comprobaron que las larvas de *Spodoptera eridania* alimentadas con extractos más concentrados de frutos y hojas senescentes presentaron tasas relativas de consumo menores en un 40 y 80%, así como una disminución del 80 y 90% de las tasas relativas de crecimiento y del 45 y 70% en la eficiencia de utilización del alimento ingerido y digerido. Huerta *et al.*, (2008), mencionan que la mayoría de los metabolitos secundarios presentes en *M. azedarach* inhiben la acción de las oxidasas en el intestino medio, y los insectos juveniles se convierten en pupas o adultos anormales, incluso mueren por deficiencia nutricional o por interferencia en los procesos fisiológicos.

El presente trabajo refuerza estudios llevados a cabo en laboratorio. Silva *et al.*, (2002) mencionan que realizar rigurosos experimentos de campo, refuerza el conocimiento del uso de insecticidas vegetales y evita emitir recomendaciones derivadas exclusivamente de laboratorio. Finalmente como recomendación se sugiere a investigadores evaluar el efecto de los extractos de *M. azedarach* durante varios ciclos productivos, considerar nuevas formulaciones (polvos, extractos alcohólicos) y la acción sobre varios tipos de insectos (masticadores, picador-chupador, móviles o estacionarios, de campo o almacén) así como el impacto que puedan tener sobre insectos benéficos.

CONCLUSIÓN

- Se determinó a *Keiferia lycopersicella* como único gelechido que afecta al cultivo de jitomate en Rio Verde, San Luis Potosí.
- Los extractos de frutos de *M. azedarach* en concentración del 5 y 10%, fueron más eficaces como insecticidas que los extractos de hojas en la misma concentración. Por lo tanto, el presente trabajo propone continuar con el estudio sobre el uso de insecticidas botánicos para fortalecer el desarrollo del manejo integrado de plagas.

LITERATURA CITADA

- Aldana, Ll. L; Salinas, S.D.O; Valdés, E. Ma. E; Gutiérrez, O. M; y Valladares, C.M.G. 2010. Evaluación bioinsecticida de extractos de *Bursera copallifera* (D.C) Bullock y *Bursera grandifolia* (Schltdl.) Engl. en gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith (Lepidoptera: Noctuidae). Polibotánica. 29:149-158.
- Akhtar, Y; Yeoung, Y.R; and Isman, B. 2008. Comparative bioactivity of selected extracts from Meliaceae and some commercial botanical insecticides against two noctuid caterpillars, *Trichoplusia ni* and *Pseudaletia unipuncta*. Phytochem Rev. 7:77-28.
- Albornoz, F; A. Torres; M.L. Tapia; y E. Acevedo. 2007. Cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) hidropónico con agua desalinizada y desborificada en el valle de Lluta. IDESIA. 25(2): 73-80.
- Bautista, M.N. 2011. Plagas de importancia agrícola de la familia Gelechiidae en México. Taller regional para la Vigilancia Fitosanitaria de la palomilla del tomate. (*Tuta absoluta* Meyrick).
- Bombarely, A; N. Menda; I.Y. Teclé; M.R. Buels; S. Strickler; F.T. York; A. Pujar; J. Leto; J. Gosselin; y A.L. Mueller. 2010. The Sol Genomics Network (solgenomics.net): growing tomatoes using Perl. Nucleic Acids Research. Vol. 39.
- Brambila, J; S. Lee; y S. Passoa. 2010. *Tuta absoluta*, The Tomato leafminer, identifisscation aid. Cooperative Agriculture Pest Survey program. Bulletin informative.
- Bernays, E.A. 2000. Plant-insect interactions- A synthesis. Abstr. Book I. XXI Int. Congr. Entom. Brazil. Plenary Lectures VIII-XIII.

- Céspedes, L.C; y Alarcon, J. 2011. Biopesticidas de origen botánico, fitoquímicos y extractos de Celastraceae, Rhamnaceae y Scrophulariaceae. Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas 10 (3): 175 - 181.
- Castillo-Sánchez. L.E; Jiménez-Osornio, J.J; and Delgado-Herrera. M.A. 2010. Secondary metabolites of the Annonaceae, Solanaceae and Meliaceae families used as biological control of insects. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 12: 445 -462.
- Cruz-García, L. A; Campaña-Acosta, C; Viramontes-Serralde, E; Baez-Sañudo, R. 2010. Una herramienta de comparación de las métricas del tomate y el sistema de gestión SQF 1000, para la producción en invernadero en México. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha. 11(12):113-121.
- Chiffelle, G.I; Huerta F.A; y Diego Lizana R. 2009. Physical and chemical characterization of *Melia azedarach* l. fruit and leaf for use as botanical insecticide. Chilean Journal of Agricultural Research. 69 (1): 38-45.
- Caffarini, P; Carrizo, P; Pelicano, A; Roggero, P; y Pacheco, J. 2008. Efectos de extractos acetónicos y acuosos de *Ricinus communis* (ricino), *Melia azedarach* (paraíso) y *Trichillia glauca* (trichillia), sobre la hormiga negra común (*Acromyrmex lundii*). IDESIA. 26(1):59-64.
- Carrizo, P; Pelicano, A; y Podeley, A. 2006. Mortalidad de adultos de *Cycloneda sanguínea* (Coleoptera: Coccinellidae) provocada por extractos naturales biocidas de áfidos. Agrociencia. Buenos Aires. Argentina. 10(1): 59-62.
- CIBA-GEISY. 1981. Manual para ensayos de campo en protección vegetal. Ed. Werner Püntener Segunda edición. División de Agricultura. Suiza. p. 33

- Diaz, M; and Rossini, C. 2011. Triterpenoides de frutos de *Melia azedarach*: su potencial como agentes de control de insectos. Revista del laboratorio Tecnológico del Uruguay. No. 6. INNOTEC. 57.
- EPPO. 2011. European and Mediterranean Plant Protection Organization. *Keiferia lycopersicella* (Lepidoptera: Gelechiidae). Tomato pinworm. Disponible en: http://www.eppo.org/QUARANTINE/Alert_List/insects/keiferia_lycopersicella.htm
- Edwards, R; and Gatehouse, J.A. 1999. Secondary metabolism. pp. 193-218. In: P.J. Lea., and R.C. Leegood (eds.). Plant Biochemistry and Molecular Biology. John Wiley and Sons Ltd. Maryland, USA. 384 p.
- FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2011. Dirección de estadística. Disponible en: <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>
- Ferguson, G. y L. Shipp. 2011. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs-Ontario (CA). Factsheet on Tomato pinworm biology and control strategies for greenhouse tomato crops. Disponible en: <http://www.omafra.gov.on.ca/english/crops/facts/04-025.htm>
- Figuerola, B.R; Huerta, de la P.A; Pérez, M.I; Marco, M.V.S; López-Olguín, J.F. 2011. Insecticidal activity of seed extracts of *Carica papaya* (L.) against the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). Interciencia. Caracas. Venezuela. 36 (10):752-756.
- FIRA. Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura. 2010. Panorama tomate. Información económica. Panorama Agroalimentario. 26 p.
- Foolad, R.M. 2007. Genome Mapping and Molecular Breeding of Tomato. International Journal of Plant Genomics. 2007:64358.

- García, M. y Vercher, R. 2010. Description, origin and expansion of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). Encuentro Internacional sobre *Tuta absoluta*. La Polilla del Tomate, un Grave Problema en Expansión. Disponible en: <http://agris.fao.org/agrissearch/search/display.do?f=2010/ES/ES1003.xml;ES2010000568>
- García, D.E. 2004. Los metabolitos secundarios de las especies vegetales. Pastos y Forrajes, 27 (1).
- Huerta, A; Chiffelle, I; Lizana, D; y Araya, J.E. 2008. Actividad insecticida de extractos del fruto de *Melia azedarach* en distintos estados de madurez sobre *Drosophila melanogaster*. Bol. San. Veg. Plagas. 34:425-432.
- Jiménez, M. E; y Gómez, M.J. 2011. Insecticidas botánicos y biológicos en el manejo del chinche patas de hoja (*Leptoglossus zonatus*, Dallas. Hemiptera: Coreidae) y la mosquita negra (*Trigona silvestrianun*, Vachall, Himenoptera: Apidae) y su efecto sobre los enemigos naturales. Cultivo de marañón (*Anacardium occidentale* L.), León, Nicaragua. Revista Científica La Calera. 11(17):14-25.
- Jiménez, G.P. 2009. Taller Gelechioidea. (SAG Lo Aguirre). Servicio Agrícola y Ganadero Subdepartamento Laboratorio y Estación Cuarentenaria Agrícola LO Aguirre.
- Knapp, S. 2011. Integrated Taxonomic Information System. Disponible en: <http://www.itis.gov/index.html>
- Korycinska, A. y D. Eyre. 2010. Tomato pinworm. *Keiferia lycopersicella*. FERA. The food and environment Research Agency.

- Lee S. 2009. Gelechiidae. Mississippi State University. Disponible en: <http://mississippientomologicalmuseum.org.msstate.edu/Researchtaxapages/Lepidoptera/Gelechiidaehome.html>
- Lee, S. y L.R. Brown. 2008. Revision of Holarctic Teleiodini (Lepidoptera: Gelechiidae). *Zootaxa* 1818: 1–55pp.
- Labate, J. A. 2007. Tomato. In: *Genome mapping and molecular breeding in plants*. Vol 5. Vegetables. Ed: C K Springer-Verlag. Berlin, Alemania. 1-125pp.
- Murillo, W; Araque, P; y Peláez, A.C. 2012. Actividad Fungicida e Insecticida de Emulsiones Agua/Aceite de Mezclas de Extractos de *Nicotiana tabacum*, *Azadirachta indica* y *Eucalyptus tereticornis*. *Información Tecnológica*. 23(1): 139-152.
- Martínez, V.N; Estrada, O.J; Góngora, R.F; López, C.R; Martínez, G.L; y Curbelo-Gómez. S. 2010. Bioplaguicida de *Azadirachta indica* A. Juss (Nim) y la poda, una alternativa para el control de *Hypsipyla grandella* Zeller en plantaciones de *Cedrela odorata* L. *Revista Chapingo*. 16(1):61-68.
- Mareggiani, G; Zamuner, N; y Angarola, G. 2010. Efecto de extractos acuosos de dos meliáceas sobre *Meloidogyne incognita* (Nematoda, Meloidogynidae). *Rev. Latinoamer. Quim. Buenos Aires. Argentina*. 38 (1): 68-73.
- Maharaj, K.R. y K.M. Autar. 2007. *Genetic Improvement of Solanaceous Crops*. Vol. Tomato. Science Publishers.
- Mareggiani, G. 2001. Manejo de insectos plaga mediante sustancias semioquímicas de origen vegetal. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)*. 60: 22-30.

- Nordlung, D.A. 1981. Semiochemicals: a review of the 30 terminology. *In* Semiochemicals: their role in pest controls. Nordlung, D.A; Jones, R.L; Lewis, W.J. Ed. London, Wiley. p. 13-28.
- Nordlung, D.A; y Lewis, W.J. 1976. Terminology of chemical releasing stimuli in intraspecific and interspecific interactions. *J.Chem.Ecol.*2:211-220.
- Ortiz, N.Y; Avilés. P.R; Spengler, S.I; Rodríguez, D.Y; Álvarez, V.M.E; Lorenzo, R.Y; Martínez, S.Y; y Ramos, G.N. 2008. Efecto antialimentario de *Melia azedarach* L. en dos especies de insectos fitófagos (Lepidoptera: Noctuidae). *12(2):*89-92.
- Pérez, W. y G. Forbes. 2011. Guía de identificación de plagas que afectan a la papa en la zona andina. Centro Internacional de la Papa (CIP) 44 pags.
- Passoa, S. and Gilligan, T. 2010. Lepidoptera Adult Identification Workshop. Dissection technique for moths from sticky traps.
- Pérez, F; Silva, G; Tapia, M; y Hepp, R. 2007. Variación anual de las propiedades insecticidas de *Peumus boldus* sobre *Sitophilus zeamais*. *Pesq. Agropec. Bras. Brasília. Brasília. DF Brasil.* 42(5): 633-639.
- Poe, S.L. 1999. Tomato pinworm, *Keiferia lycopersicella* Walshingham. University of Florida. Circular No. 131. Actualizado en 2011.
- Rangel, L.J.A; Juárez, G.J.M; García, M.E; Fernández, A.M.D; Rodríguez, H.C; y Alvarado, B.E. 2011. Oleorresina de jícama y calidad de semilla de frijol infestada con *Acanthoscelides obtectus* Say. *Agronomía Mesoamericana* 22(1):109-116.
- Razavi S. M. 2011. Plant coumarins as allelopathic agents. *International. J. Bol. Chem.* 5:86-90.

- Rossetti M.R; Defagó, T.M; Carpinella, C.M; Palacios, M.S; y G. Valladares. 2008. Actividad biológica de extractos de *Melia azedarach* sobre larvas de *Spodoptera eridania* (Lepidoptera: Noctuidae). Sociedad Entomológica Argentina. 67(1).
- Robinson, G. S. 1976. The preparation of slides of Lepidoptera genitalia with special reference to the Microlepidoptera. *Entomologist's Gazette*. 27:127-132.
- Srinivasan, R. 2012. Integrating biopesticides in pest management strategies for tropical vegetable production. *Biopesticides in pest management*. 5 (Supplementary): 36-45.
- Salgado, M.L. 2011. Calidad de fruto de jitomate en acervos y poblaciones nativas de México. Tesis de maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México, México. 15-17pp.
- SIAP. (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera) 2010. Producción anual. <http://www.siap.gob.mx/>. (Consultado: Enero, 2012).
- Stol, W; Griepink, F.C; y Deventer, P. 2009. Tuta absoluta: una nueva plaga en el cultivo de tomates en Europa. II Jornada sobre feromonas, atrayentes, trampas y control biológico: alternativas para la agricultura del siglo XXI.
- Sharma, U; L. Zhang; D.N. Liu; H. Ashrafi; y Foolad. R.M. 2008. A *Solanum lycopersicum* × *Solanum pimpinellifolium* Linkage Map of Tomato Displaying Genomic Locations of R-Genes, RGAs, and Candidate Resistance/Defense-Response ESTs. *International Journal of Plant Genomics*.
- Sepúlveda, J.G; Porta, D.H; y Rocha, S.M. 2003. La participación de los metabolitos secundarios en la defensa de las plantas. *Revista mexicana de fitopatología*. 21(3):355-363.

- Silva, G; Lagunes, A; y Rodríguez, J. 2003. Control de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) con polvos vegetales solos y en mezcla con carbonato de calcio en maíz almacenado. Cien. Inv. Agr. 30:53
- Silva, A.G; Lagunes, T.A; Rodríguez, M.J.C; y Rodríguez, L.D. 2002. Insecticidas vegetales: una vieja y nueva alternativa para el manejo de plagas. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología. Costa Rica. (66): 4-12.
- Truches. A. 1987. Manual de reconocimiento de insectos asociados con productos almacenados. Subgerencia de Fomentos y Servicios. División de Sanidad Vegetal.
- Valencia-Botín, A.J; Bautista-Martínez, N; y López-Buenfil, J.A. 2004. Uso de extractos acuosos de nim, *Azadirachta indica* A. Juss, en la oviposición de la mosca mexicana de la fruta *Anastrepha ludens* Loew (Diptera: Tephritidae) en naranja valencia. Fitosanidad. La Habana. Cuba. 8(4): 57-59.
- Whalon, E.M; Mota-Sanchez, D; y Hollingworth. M.R. 2012. Arthropod Pesticide Resistance Database (APRD). Michigan State University. Disponible en: <http://www.pesticideresistance.org/display.php?page=species&arId=289>
- Wink, M. 1999. Introduction: Biochemistry, role and biotechnology of secondary metabolites. Pp. 1-17. In: M. Wink M. (ed). Biochemistry of Plant Secondary Metabolism. Annual Plant Reviews. Sheffield Academic Press Ltd. London, UK. 374 p.
- Zalom, F.G; J. T. Trumble; C. F. Fouche; y C. G. Summers. 2011. Pest Management Guidelines: Tomato. University of California Agriculture and Natural Resources. UC Statewide Integrated Pest Management Program. Disponible en: <http://www.ipm.ucdavis.edu/PDF/PMG/pmgtomato.pdf>