



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

**INSTITUTO DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA
ÁREA ACADÉMICA DE BIOLOGÍA
LICENCIATURA EN BIOLOGÍA**

**EXTRACTOS VEGETALES PARA EL CONTROL
ORGÁNICO DE LA COCHINILLA
SILVESTRE (*Dactylopius* spp.) DEL NOPAL**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
LICENCIADA EN BIOLOGÍA

P R E S E N T A

MARIBEL FALCÓN BAUTISTA

DIRECTORA DE TESIS:
DRA. MARITZA LÓPEZ HERRERA

Mineral de la Reforma, Hidalgo

2016



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO
Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería
Institute of Basic Sciences and Engineering
Área Académica de Biología
Biology Department

M. EN C. JULIO CÉSAR LEINES MEDÉCIGO
DIRECTOR DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR, UAEH.
PRESENTE

Por este conducto le comunico que el Jurado asignado a la pasante de Licenciatura en Biología **Maribel Falcón Bautista**, quien presenta el trabajo recepcional de tesis intitulado **“Extractos vegetales para el control orgánico de la cochinilla silvestre (*Dactylopius spp.*) del nopal ”**, después de revisarlo en reunión de sinodales ha decidido autorizar la impresión del mismo, hechas las correcciones que fueron acordadas.

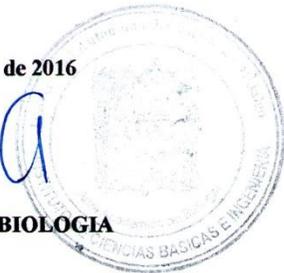
A continuación se anotan las firmas de conformidad de los integrantes del Jurado:

PRESIDENTE:	Quim. Blanca Estela Pérez Escandón	
SECRETARIO	Dr. Miguel Ángel Villavicencio Nieto	
PRIMER VOCAL:	Dra. Leticia Romero Bautista	
SEGUNDO VOCAL:	M. en C. Manuel González Ledesma	
TERCER VOCAL:	Dra. Maritza López Herrera	
PRIMER SUPLENTE:	Dr. Ignacio Esteban Castellanos Sturemark	
SEGUNDO SUPLENTE:	Dra. María Teresa Pulido Silva	

Sin otro particular, reitero a usted la seguridad de mi más atenta consideración.

ATENTAMENTE
“AMOR, ORDEN Y PROGRESO”
 Mineral de la Reforma, Hidalgo a 05 de abril de 2016

BIOL. ULISES ITURBE ACOSTA
COORDINADOR DE LA LICENCIATURA EN BIOLOGÍA



Ciudad del Conocimiento
 Carretera Pachuca - Tulancingo km. 4.5
 Colonia Carboneras
 Mineral de la Reforma, Hidalgo, México, C.P. 42184
 Tel. +52 771 7172000 exts. 6640 y 6642, Fax 2112
 aab_icbi@uaeh.edu.mx

www.uaeh.edu.mx

DEDICATORIAS

A Dios, a la madre naturaleza, al cosmos, a la vida misma, como prefieran llamarla; por permitirme y darme nada más que lo necesario para ver culminado exitosamente unas de las etapas más enriquecedoras en todos los aspectos de mi vida.

A la Biología por presentarse tal como es; impredecible, incomprensible, cautivadora en todas las formas posibles habidas y por haber.

Al esfuerzo, dedicación, sacrificio de la única persona que merece un reconocimiento especial, sin todo esto no sería posible haber llegado al día de hoy. Por jamás haberme rendido, dedicado sin presunción a mí misma.

AGRADECIMIENTOS

¿Qué es el tiempo? No sabría responder con certeza, de lo único que estoy segura es de lo que he vivido los últimos cinco años de mi vida en los que monte mariposas, diseque un ratón, discutí con amigos, me reconcilie con ellos; capture un murciélago, identifique especies de helechos (pero qué es la especie), jugué con canicas para aprender evolución (no pregunten como), estudie para mis exámenes, reprobé otros (en realidad solo fue uno); me cambie de grupo, hice nuevos amigos, conserve muchos otros, dormí en el suelo (de hecho no pude dormir), rescate zapatos de un árbol, comí en la biblioteca; estuve en la playa, en un bosque de coníferas, en una selva alta, en un bosque mesofilo de montaña; visite una Reserva de la Biosfera, un Parque Ecológico, un Parque Nacional; recorrí un Jardín Botánico, un acuario, un Museo de Historia Natural; descubrí foraminíferos, observe células, cultive bacterias, germine semillas, drogue moscas de la fruta, comí nieve de champiñones y muchas otras cosas más, aprendí demasiado pero estoy consciente que me falta mucho por conocer. Afortunadamente todos estos recuerdos no son solo míos, también están involucradas personas maravillosas que agradezco haber conocido y por haber compartido su conocimiento conmigo.

A la Dr. Maritza López Herrera, por permitirme ser parte de su equipo de trabajo durante este tiempo, por sus enseñanzas y su paciencia para ver culminado este proyecto; Gracias.

A los profesores integrantes del jurado, por acceder a participar en la revisión de este manuscrito, por sus valiosas observaciones; Gracias.

A todos los académicos que en algún momento de mi formación universitaria reforzaron en mí el amor, vocación y dedicación por el estudio de la vida, de la Biología; especialmente a María del Carmen González, Ulises Iturbe, Carlos Gaytán, Arturo Sánchez, Ignacio Castellanos, Maritza López; y por hacerme dudar a cual de todas las disciplinas de la Biología dedicaría mi vida; Gracias.

A mis compañeros de generación y amigos: Jacqueline, Levi, Edgar, Edel, Rosa, Elizabeth, Claudia, Cristian, Eli, Jacki Flores, por su confianza y amistad, estoy orgullosa de poder llamarlos colegas, por todos los momentos juntos; Gracias.

A todos aquellos que en algún momento se interesaron por este proyecto, que aunque no mencione sus nombres, ellos saben quiénes son; Gracias.

Y en último lugar pero no menos importante a mis padres por apoyarme a ojos cerrados y confiar siempre en mí, no los defraude. A mis hermanos y sus ocurrencias. A mi sobrino que ha llenado de momentos irrepetibles estos últimos años; Gracias.

Índice

RESUMEN.....	VI
1. Introducción.....	1
2. Antecedentes.....	4
2.1 Importancia del nopal verdura <i>Opuntia ficus-indica</i> (L.) Miller en México.....	4
2.2 Las plagas y su impacto sobre el cultivo del nopal	6
2.3 La grana cochinilla o cochinilla silvestre (<i>Dactylopius</i> spp.).....	8
2.4 Control de las plagas del cultivo del nopal	11
2.5 Plantas con uso potencial para el control de la grana cochinilla.....	15
2.5.1 <i>Ocimum basilicum</i> L. (Lamiaceae) Albahaca	15
2.5.2 <i>Ruta graveolens</i> L. (Rutaceae) Ruda	18
2.5.3 <i>Thymus vulgaris</i> L. (Lamiaceae) Tomillo	20
2.5.4 <i>Mentha</i> sp. (Lamiaceae) Menta	22
3. Justificación.....	24
4. Objetivo general	25
4.1 Objetivo particular	25
5. Metodología	26
5.1 Determinación de efectos alelopáticos	26
5.2 Obtención y propagación de la grana cochinilla	27
5.3 Aplicación de extractos sobre la grana cochinilla	29
5.4 Análisis estadístico	30
6. Resultados y discusión.....	31
6.1 Efectos alelopáticos sobre semillas de lechuga y rábano.....	31
6.2 Efecto de los extractos sobre la grana cochinilla	32
7. Conclusiones.....	45
8. Literatura citada	46

RESUMEN

Dada la gran importancia económica-social que representa el cultivo del nopal para los pobladores de las zonas áridas del país, hace prioritario el conocimiento de medidas de control de plagas como la grana cochinilla silvestre (*Dactylopius* sp.).

El presente trabajo reporta el resultado del uso de cuatro extractos vegetales solos y con adición de un detergente como emulsificante, obtenidos a partir de albahaca, menta, tomillo y ruda a una concentración del 15% aplicados sobre poblaciones de grana cochinilla bajo condiciones semi controladas (invernadero).

Con la aplicación del extracto sólo se obtiene una mortalidad del 27.16% con la ruda, con el tomillo 18.75%, con la menta 10%, con la albahaca 7.38% y con agua (testigo) el 15.47%. Con la aplicación de los extractos más la adición de detergente se obtienen porcentajes mayores de mortalidad pues la menta genera 82.39%, la ruda 78.72%, la albahaca 32.89%, el tomillo 27.63% y el detergente (testigo) el 72.34%, con lo que es evidente que los efectos de los extractos se ven potencializados con la adición del detergente.

Se concluye entonces que los extractos particularmente de menta y ruda pueden ser buenos candidatos para el control de la grana cochinilla silvestre del nopal, adicionando detergente para potencializar los efectos.

Con lo que además, su uso contribuiría a la reducción del empleo de agroquímicos dañinos para el ecosistema, actualmente ampliamente utilizados.

1. Introducción

El uso de plaguicidas sintéticos en la agricultura es el método más común para el control de plagas; sin embargo, estos agroquímicos generan grandes problemas ambientales y de salud, aunado a que su uso indiscriminado ha generado el desarrollo de resistencia en las plagas, haciendo cada vez más costoso su control (Ripa y Rodríguez, 1998).

El nopal ha desempeñado un papel importante en las culturas prehispánicas así como en el desarrollo cultural e histórico de México (Mendoza, 2013) por lo que en los últimos años ha surgido un interés particular por el cultivo y aprovechamiento del nopal y en otros países que poseen zonas áridas y semiáridas, proporciona una gran diversidad de productos para el consumo humano y animal (Pimienta-Barrios, 1992); el nopal, también desempeña una importante función ecológica, ya que es ideal para repoblar áreas con fines de conservación de suelo y agua (Mendoza, 2013), además contribuye a conservar la biodiversidad al proveer alimento, protección y hábitat a la fauna silvestre de dichas zonas (Pimienta-Barrios, 1992). Ello ha permitido detectar que, durante su desarrollo, el nopal es atacado por un gran número de insectos (Pimienta, 1997) entre los que se encuentran varias especies del género *Dactylopius*, mejor conocidos como “cochinillas silvestres”. Es bien sabido que la cochinilla silvestre del nopal es una de las plagas más importantes en todas las regiones nopaleras de México, el daño lo ocasionan las hembras al succionar la savia de los cladodios y frutos, trayendo como consecuencia amarillamiento y debilitamiento de la planta, así como la caída de frutos y posteriormente de la planta, si el ataque es severo (Gallegos y Méndez, 2000).

Es común que el combate de la cochinilla silvestre se realice de manera manual, mediante el cepillado de los cladodios, pero también se recurre al uso de

insecticidas organosintéticos (organofosfatados, carbamatos y piretroides) que usados inadecuadamente pueden provocar daños al productor, al consumidor y al ambiente (Gallegos *et al.*, 2006; Rodríguez-Leyva *et al.*, 2008); además de contaminar el agroecosistema, afectan a las poblaciones de insectos por la alta cantidad de residuos tóxicos.

Aunque el uso de agroquímicos ha permitido obtener incrementos substanciales en la producción, sus efectos adversos están impactando de manera significativa la sostenibilidad de la agricultura (Zavaleta-Mejía, 1999).

A pesar de la importancia social y económica que representa el cultivo del nopal en nuestro país; los trabajos de investigación sobre aspectos fitosanitarios son escasos (Gallegos y Méndez, 2000) por lo que uso de insecticidas no sintéticos y agentes de control biológico están ganando terreno en América Latina, principalmente debido a que la mayoría de los agricultores son de bajos recursos (Cuéllar y Morales, 2006).

Aunque los insecticidas botánicos fueron muy populares entre los años 30 y 40, estos fueron completamente desplazados por los sintéticos producidos en los países industrializados, actualmente existe un interés creciente por el uso de productos botánicos para el manejo de plagas, debido al impacto negativo de los productos sintéticos en el ambiente y la salud humana, además de las estrictas regulaciones gubernamentales e internacionales para el uso de productos sintéticos y a la creciente demanda de productos alimenticios sanos y sin residuos químicos (Carballo y Guharay, 2004).

La cochinilla silvestre en los últimos años se ha convertido en una plaga de gran importancia en las nopaleras cultivadas de México (Millán, 2013 y Palacios-Mendoza *et al.*, 2004) y dada la problemática que ocasiona a los productores, se ha incrementado la búsqueda de alternativas que, además de controlar la población de cochinilla silvestre, sean económicas y menos perjudiciales para el ambiente, lo cual permitiría disminuir los costos de producción, generando además

productos libres de químicos para el consumidor. Una de estas alternativas sería el uso de extractos vegetales.

En la actualidad se conocen especies vegetales con propiedades insecticidas, las cuales han sido probadas con resultados positivos (Millán, 2013; Cuevas-Salgado, 2015). El uso de estas sustancias vegetales representa grandes ventajas, son renovables, degradables, de bajo costo, se da uso a elementos del ecosistema y, potencialmente presentan menores riesgos para la salud en comparación con los insecticidas organosintéticos convencionales (Cortez-Rocha *et al.*, 1990).

Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de extractos vegetales de albahaca, menta, tomillo y ruda como una alternativa en el control de la cochinilla silvestre (*Dactylopius* sp.) del nopal.

2. Antecedentes

2.1 Importancia del nopal verdura *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller en México

México es considerado un importante centro de diversificación del género *Opuntia* con 93 especies reconocidas (Gallegos y Méndez, 2000; Mendoza, 2013) y por sus numerosas virtudes nutritivas, químicas, industriales, ecológicas, medicinales y simbólicas, el nopal representa el recurso vegetal más importante, desde el punto de vista económico-social, para los habitantes de las zonas áridas y semiáridas de México que ocupan más de la mitad de nuestro territorio (Reyes-Agüero *et al.*, 2004; Cervantes, 2005; Márquez-Berber *et al.*, 2012; Mendoza, 2013).

Las principales zonas productoras de nopal se localizan en las regiones sur, centro-norte y central de México; ésta última comprende los estados de México, Hidalgo y Tlaxcala (Hernández, 2013).

Aunque de las casi 300 especies conocidas del género *Opuntia* sólo 10 o 12 especies son utilizadas (Sáenz y Berger, 2006), particularmente la producción de nopal genera en el país derramas económicas importantes debido principalmente a que existe una explotación integral del producto (Cervantes, 2005; Torres-Castillo *et al.*, 2012), ya sea para producción de fruta y nopalitos para alimentación humana, forraje o cochinilla para obtención de colorante. Como especies cultivadas para producción de fruta se utilizan *O. ficus.indica* L., *O. amyclaea* Ten., *O. joconostle* F.A.C. Weber, *O. megacantha* Salm-Dyck, *O. streptacantha* Lem. (Sáenz y Berger, 2006) y *O. robusta* H.Wendeland ex Pfeiffer; siendo los principales estados productores Aguascalientes, Baja California, Distrito Federal, Jalisco, Oaxaca, San Luis Potosí y Zacatecas (Cervantes, 2005).

Los brotes tiernos o nopalitos de *Opuntia ficus-indica* L. y otras especies se utilizan para la producción de nopal verdura (Sáenz y Berger, 2006). Para la cría

de la cochinilla se destinan tanto *O. ficus-indica* L. como *O. cochenillifera* L. y para la obtención de forraje se utiliza principalmente *O. ficus-indica* L. (Sáenz y Berger, 2006).

Es bien sabido que existen en nuestro país grandes diferencias de rendimiento en la producción de tuna y nopalito entre los estados, lo que está relacionado directamente con el bajo nivel tecnológico de los productores, las restricciones climáticas para la producción (sequía, bajas temperaturas, etc.), el escaso manejo agronómico (menos de 10 % de los productores realizan todas las prácticas agrícolas recomendadas) y la incidencia de plagas y enfermedades; además de que los productores agropecuarios en México tienen como actividades principales el cultivo de maíz y frijol, además de la ganadería, y el cultivo de nopal se considera una actividad complementaria (Callejas-Juárez *et al.*, 2009).

A pesar de esto, México ocupa el primer lugar mundial en términos de superficie cultivada, producción y consumo de tuna y nopalito (Callejas-Juárez *et al.*, 2009; Mendoza, 2013). Particularmente, Hidalgo tiene un superficie sembrada de 5 477 hectáreas del cultivar Alfajayucan o tuna blanca (*O. albicarpa* Scheinvar; Hernández, 2013) distribuidas en los municipios de Actopan, Zempoala, El Arenal, Chicavasco, San Agustín Tlaxiaca y El Cardonal (Gallegos y Méndez, 2000); produciendo 27 225.52 toneladas, sólo después de los estados de México, Puebla y Zacatecas (Hernández, 2013).

En cuanto al nopal verdura, el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) reporta una producción nacional de 824 541.06 ton de nopalitos; el estado de Morelos ocupa el primer lugar como productor con un aporte del 39.87%, seguido del Distrito Federal con un 35.89% y el estado de México con el 9.83%. En Hidalgo, la producción se localiza en los municipios de Almoloya, Atotonilco El Grande, Cuauhtepic de Hinojosa, El Arenal, Huasca de Ocampo, Omitlán de Juárez y San Salvador con una superficie total sembrada de apenas 77.5 ha con una producción de 2948.2 ton contribuyendo con sólo el 0.3575% (SIAP, 2014).

2.2 Las plagas y su impacto sobre el cultivo del nopal

Los nopales son atacados por diversos insectos plaga, en algunos lugares, estos se pueden convertir en uno de los principales factores bióticos que afectan a las plantas, disminuyen la cantidad y la calidad de la cosecha así como la duración de la vida productiva de las plantaciones.

Como centro de origen del nopal, México también es centro de origen de una gran cantidad de insectos especializados en aprovechar como fuente de alimento los tejidos del nopal (Cervantes, 2005; Mena-Covarrubias, 2010); éstos pueden concluir sus ciclos de vida asociados al nopal, ya sea como fitófagos superficiales o barrenadores de toda la planta (Torres-Castillo, 2012).

Se sabe que el número de especies de insectos asociados al nopal puede llegar hasta 160, incluidos en 65 familias y 13 órdenes (Gallegos y Méndez, 2000) y para México se han descrito al menos 14 especies de insectos como plagas del nopal-tuna (Hernández, 2013) (Tabla 1), la gran mayoría de ellos presenta hábitos barrenadores que dañan tanto frutos como pencas tiernas (Gallegos y Méndez, 2000).

Las siguientes especies son consideradas como las plagas más frecuentes en el nopal: picudo barrenador (*Metamasius spinolae* Gyllendhal, *M. fahrei* Gyllendhal y *M. validus* Leconte), picudo de las espinas (*Cylindrocopturus birradiatus* Champion), chinche gris (*Chelinidea vittiger* Ulher, *Ch. tabulata* Burn, *Ch. hunteri* Hamlin, *Ch. canyona* Hamlin), chinche roja (*Hesperolabops gelastops* Kikaldy y *H. nigriceps* Reuter (Ruiz-Machuca *et al.*, 2009), gusano cebra (*Olycella nephelepasa* Dyar, *O. subumbrella* Dyar, *O. junctolineella* Dyar), gusano blanco (*Laniifera cyclades* Druce), diabrótica (*Diabrotica* sp.), gallina ciega (*Phyllophaga* sp.), cochinilla silvestre (*Dactylopius* sp.), trips (*Sericothrips* (= *Neohydatothrips*) *opuntiae* Hood) y barrenador del nopal (*Moneilema variolaris* Thompson; Badii y Flores, 2001; Mena-Covarrubias, 2004).

Tabla 1. Especies de insectos fitófagos presentes en el nopal verdura, reportados para México (Tomado y modificado de Vanegas, 2009).

Orden	Familia	Especie
Coleoptera	Cerambycidae	<i>Moneilema</i> spp.
		<i>M. variolaris</i> Thomson
		<i>Melanotus</i> spp.
	Chrysomelidae	<i>Diabrotica balteata</i> LeConte
		<i>D. porracea</i> Harold
		<i>D. undecimpunctata</i> Howardi Barber
		<i>D. variegata</i> Jacoby
		<i>D. virgifera</i> LeConte
	Curculionidae	<i>Cylindrocopturus biradiatus</i> Champion
		<i>Metamasius (Cactophagus) spinolae</i> Gyllenhal
Scarabaeidae	<i>Cotinis nitida</i> L.	
	<i>Phyllophaga</i> sp.	
Diptera	Cecydomiidae	<i>Asphondylia opuntiae</i> Felt
	Lonchaeidae	<i>Dasiops bennetti</i> Mc Alpine
Hemiptera	Coreidae	<i>Chelinidea tabulata</i> Burmeister
		<i>Narnia femorata</i> Stal.
	Miridae	<i>Hesperolabops gelatrops</i> Kirkaldy
		<i>H. nigriceps</i> Reuter
	Dactylopiidae	<i>Dactylopius indicus</i> Green
		<i>D. ceylonicus</i> Green
		<i>D. opuntiae</i> Cockerell
	Diaspididae	<i>Diaspis echinocacti</i> Bouché
		<i>Hemiberlesia cyanophylli</i> Signoret
		<i>Opuntiaspis philococcus</i> Cockerell
Lepidoptera	Gelechiidae	<i>Acrobypia pleurodella</i> Walshingham
		<i>Metapleura potosi</i> Busck
	Tortricidae	<i>Platynota</i> sp.
	Pyalidae	<i>Olycella nephelepsa</i> Dyar

		<i>Lanifera cyclades</i> Druce
Prostigmata	Tetranychidae	<i>Tetranychus merganser</i> Boudreaux
Thysanoptera	Thripidae	<i>Sericothrips</i> (= <i>Neohydatothrips</i>)
		<i>Neohydatothrips opuntiae</i> Hood

El gusano blanco y la chinche gris se distribuyen ampliamente en las zonas nopaleras de nuestro país tanto en plantaciones productoras de tuna como de nopalito; el picudo barrenador, se encuentra en mayor abundancia en el centro del país y el altiplano; el gusano cebra, se encuentra registrado desde Veracruz hasta Tamaulipas y en las regiones productoras del centro y norte de México. De todos estos, el gusano blanco, el picudo barrenador y la grana cochinilla silvestre son considerados como los más importantes enemigos del nopal en México (Gallegos y Méndez, 2000).

Uno de los inconvenientes para la producción de nopal-tuna es que no existen en México plaguicidas registrados o autorizados para el manejo fitosanitario de este cultivo (Hernández, 2013); pues a pesar de la importancia social y económica que representa en nuestro país, los trabajos de investigación sobre aspectos fitosanitarios son escasos (Gallegos y Méndez, 2000).

2.3 La grana cochinilla o cochinilla silvestre (*Dactylopius* spp.)

Entre las plagas de mayor importancia económica están los insectos del género *Dactylopius*, los cuales son nativos de América (Chávez-Moreno *et al.*, 2011; Pérez *et al.*, 2001). Dichos organismos están presentes en todas las regiones productoras del nopal y se conocen comúnmente como cochinillas silvestres del nopal (Gallegos y Méndez, 2000; Vanegas, 2009).

Este género incluye nueve especies: *D. coccus* Costa, *D. ceylonicus* Green, *D. confusus* Cockerell, *D. opuntiae* Cockerell y *D. tomentosus* Lamarck han sido reportadas para Norte América, mientras que *D. tomentosus* Lamarck, *D. coccus* Costa, *D. ceylonicus* Green, *D. confusus* Cockerell, *D. opuntiae* Cockerell, *D. austrinus* De Lotto, *D. confertus* De Lotto, *D. salmianus* De Lotto, y *D.*

zimmermanni De Lotto han sido reportadas para Sudamérica (Chávez-Moreno *et al.*, 2011).

Chávez-Moreno *et al.*, (2011) reportan para México cinco especies: *D. coccus* Costa, *D. ceylonicus* Green, *D. confusus* Cockerell, *D. opuntiae* Cockerell y *D. tomentosus* Lamarck; siendo *D. opuntiae* Cockerell la que se localiza en la mayor parte de la República Mexicana (Millán, 2013). Taxonómicamente se considera uno de los insectos más difíciles de clasificar; pues aunque la biología entre ellos es similar, la información sobre aspectos importantes como el tipo de reproducción y duración del ciclo biológico es muy variable. Siendo de manera general la biología de la grana silvestre, semejante a la de la grana fina (Romero *et al.*, 2006).

La característica más distintiva de esta plaga es su gran velocidad de dispersión y crecimiento, haciéndola altamente destructiva de los cultivos de nopal verdura y tunero; lo cual, a su vez, provoca grandes pérdidas económicas entre los productores (Pérez *et al.*, s/f), pues un nopal infestado puede secarse en tan solo seis meses (Pérez *et al.*, 2001).

Las hembras de este insecto difieren de los machos en su ciclo de vida, pues mientras las primeras presentan tres estados: huevo, ninfa (I y II) y adulto; los machos presentan cinco estados: huevo, ninfa (I y II), prepupa, pupa y adulto (Vanegas, 2009; Figura 1). El ciclo biológico de la hembra es de aproximadamente 115 días (Pérez, 2011).

De acuerdo a Pérez *et al.*, (2001) las hembras adultas miden de 3-6 mm de largo por 2.5 a 4.5 mm de ancho. Su cuerpo oval y convexo está cubierto por una sustancia algodonosa o polvosa secretada por glándulas especiales que les sirve como mecanismo de defensa contra sus enemigos naturales. En la cochinilla fina *D. coccus* Costa, ésta cubierta es como un polvo blanco que se desprende fácilmente, mientras que en las otras especies es filamentosa, formándose una especie de telaraña difícil de desprender.

El daño principal lo ocasionan las hembras al succionar la savia de los cladodios y frutos, trayendo como consecuencia amarillamiento y debilitamiento de la planta, así como la caída de frutos y posteriormente de la planta, si el ataque es severo (Pérez, 2011).

Una vez fecundada, una hembra puede producir de 150 a 400 huevos manteniéndolos hasta que eclosionan las ninfas; éstas, abandonan el cuerpo de la madre para buscar un lugar en la penca donde clavar su aparato bucal y extraer la savia de la cual se alimentan, quedando fijas el resto de su vida. Las ninfas recién eclosionadas son de color rojo y son muy activas, sólo después de la primera muda el insecto es más oscuro y su tamaño aumenta ligeramente. En esta fase es difícil observarlas a simple vista. En el caso de los machos, la diferenciación sexual se observa a los 26 días después de la emergencia, aproximadamente 7 días después de la primera muda (Pérez, 2011).

Los machos son más pequeños en comparación con las hembras; su cuerpo es alargado y delgado, son alados y claramente se diferencia la cabeza, tórax y abdomen (a diferencia de las hembras). Los machos solo se dirigen a las hembras para copular y después mueren, aunque se ha reportado la existencia de reproducción tanto sexual como asexual (Pérez, 2011).

Se sabe que el incremento poblacional se presenta al aumentar la temperatura en los meses de marzo y abril, mientras que la población empieza a decrecer en los meses de septiembre-octubre (Pérez, 2011).

El ácido carmínico (del grupo de las antraquinonas), llamado grana, está presente en la hemolinfa y músculos del insecto en todas sus etapas biológicas y la secreción cerosa que los cubre, juega un papel muy importante en la defensa contra enemigos naturales y factores climáticos adversos (Gallegos y Méndez, 2000); además se ha observado que actúa como disuasivo alimentario para sus depredadores naturales (Pérez, 2011).

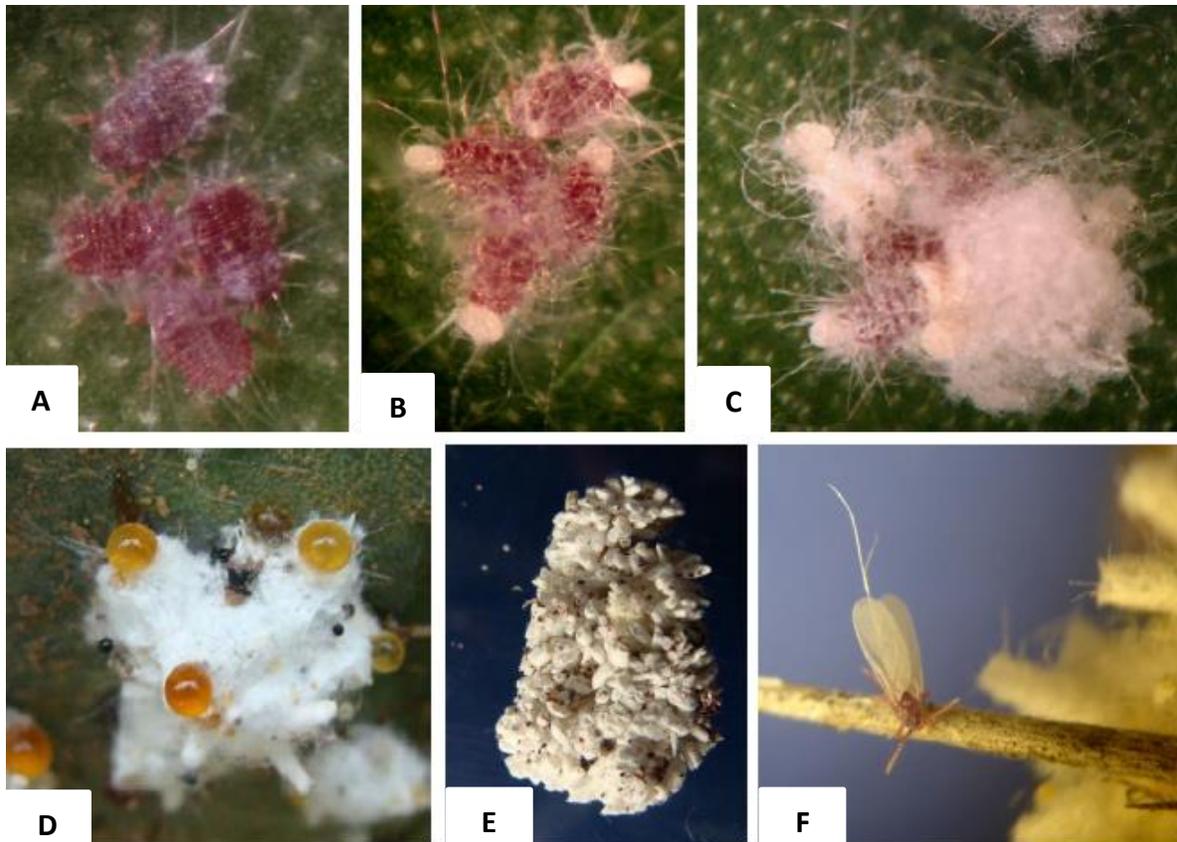


Figura 1. Ciclo de vida de la grana cochinilla *Dactylopius opuntiae* Cockerell. A) Ninfas I; B) Desarrollo de cera, estadio intermedio de ninfa I y II; C) Ninfas II, desarrollo de cera; D) Hembras maduras; E) Cochinilla hembra con capullos de machos encima; F) Macho (Tomado y modificado de Vanegas, 2009).

2.4 Control de las plagas del cultivo del nopal

En el combate de las diferentes plagas que atacan al nopal, normalmente se recurre a la aplicación de insecticidas químicos de amplio espectro (paratión metílico, malatión, clorpirifos, carbaril y cipermetrina) y particularmente para la grana cochinilla silvestre, el control se realiza de forma manual (cepillando los cladodios) cuando se detectan los primeros individuos; sin embargo, debido a la cera que cubre al insecto, es difícil eliminarlos aún con insecticidas convencionales (Pérez, 2011).

Pero debido a que existen pocos trabajos de investigación sobre las plagas del nopal y en especial para el caso de la cochinilla silvestre, la información sobre los posibles métodos de control es casi nula, propiciando el uso indiscriminado de insecticidas químicos por parte de los cultivadores (Vigueras, 2006).

El empleo excesivo y prolongado de productos químicos para el control de plagas ha generado problemas ambientales, provocando desde toxicidad profunda hasta desordenes del sistema nervioso y cáncer; además, recientemente se ha encontrado que algunos pesticidas pueden alterar los sistemas endocrinos y afectar la reproducción por interferencia con las hormonas naturales (Vázquez-Luna *et al.*, 2007), supresión del sistema inmunitario, daños celulares en el DNA, efectos teratogénicos y lesiones epidérmicas en peces y animales terrestres (García-Gutiérrez y González-Maldonado, 2013).

Además de la contaminación de suelo y agua y bioacumulación en las cadenas alimenticias, también se ha incrementado el número de especies de plagas resistentes, provocando un aumento en el número de casos de enfermedades transmitidas por vectores y la pérdida del 14% de las cosechas mundiales por el ataque de plagas (Berenbaum, 1989; Brogdon y McAllister, 1998; Cruz-Reyes y Pickering-López, 2006; Fauci, 1998; Lagunes, 1984; Wesseling *et al.*, 2003).

Particularmente, se han descrito poblaciones de grana cochinilla que son resistentes a los insecticidas, lo que genera ciertas dificultades para su control (Pérez *et al.*, s/f).

El uso de plantas aromáticas y medicinales (PAMs) son de creciente interés debido a las características aromáticas, terapéuticas y de conservación; por otra parte, han tenido nuevas aplicaciones en alimentos, industria farmacéutica, ganadería, en el control de plagas agrícolas y en la fitorremediación de suelos (Juárez, 2010).

Particularmente los metabolitos secundarios que sintetizan las plantas, juegan un papel importante en la interacción con insectos, ya que pueden ser

tóxicos para estos, inhibir su crecimiento, reproducción o su ovoposición, actuar como antialimentarios y/o repelentes (Ringuelet *et al.*, 2012); sin embargo, en el mundo únicamente se ha registrado el uso de aproximadamente 2 400 especies de plantas como plaguicidas (Villavicencio y Pérez-Escandón, 2010).

Se sabe que el número de especies de plantas empleadas para combatir plagas en Hidalgo, representa aproximadamente el 3.1% de la flora local, el número de productos vegetales empleados para combatir plagas resulta mayor, comparado con el número de productos sintéticos que se emplean como plaguicidas en este estado (Villavicencio y Pérez-Escandón, 2010).

Entre las ventajas que representa la utilización de plaguicidas vegetales se pueden destacar la especificidad de su acción, fácil procesamiento y uso, seguridad para el ambiente y otros organismos, bio-degradabilidad rápida de las sustancias activas, la no generación de resistencia en plagas, no afectan el crecimiento de las plantas ni alteran la calidad de los productos finales (Ringuelet *et al.*, 2012), no causan la destrucción de la fauna benéfica, lo que en conjunto permite minimizar las aplicaciones (Carballo y Guharay, 2004), no afectan la viabilidad de las semillas, en su mayoría no inhiben la germinación ni afectan las cualidades alimenticias de los granos; además, pueden estar disponibles para los usuarios, en particular para los agricultores de los países en desarrollo (Villavicencio y Pérez-Escandón, 2010).

Para este fin, se han llevado a cabo algunos estudios con diferentes plantas como posibles agentes de control de la grana cochinilla. Por ejemplo, en extracto acuoso al 3% de chicalote (*Argemone mexicana* L.) alternado con jabón generó solo un 57% de infestación en los cladodios en comparación con el testigo (agua), en el que se obtuvo el 86% de infestación (Pérez *et al.*, s/f) siendo promisorio el uso de esta planta para el control de la grana cochinilla en cultivos de nopal.

Por otro lado Palacios-Mendoza *et al.*, (2004) evaluaron dos productos biodegradables, jabón Roma® y Peak Plus, (insecticida natural desarrollado en México compuesto 80% de ácidos grasos, 11% de carbohidratos, 3% de

proteínas, 2% de grasas y 4% de inertes orgánicos; se recomienda utilizar de 5 a 10 g·L⁻¹ para el control de áfidos y mosquitas blancas; Pino *et al.*, 2007) contra ninfas I, ninfas II y hembras adultas de la cochinilla silvestre *Dactylopius opuntiae* Cockerell en condiciones de laboratorio; observándose mayor susceptibilidad en ninfas I con una mortalidad cercana al 50% con soluciones al 5% del detergente Roma®, mientras que las ninfas II y hembras adultas fueron más susceptibles al Peak Plus, al lograrse un control cercano al 50% con las concentraciones al 1.5 y 3.0%.

Vigueras *et al.*, (2009) evaluaron la efectividad de diferentes extractos vegetales (*Chenopodium ambrosoides* L., *Mentha piperita* L., *Mentha viridis* L., *Tagetes erecta* L. y *Tagetes florida* L.) en condiciones de laboratorio mezclados con diversos emulsificantes a una concentración del 10% sobre la cochinilla silvestre. Se obtuvo una mortalidad en estadio de ninfa II del 82-99% con extractos botánicos en combinación con el emulsificante Tween 20®. En la ninfa I y adulto la mortalidad fue de sólo el 35%.

En el estudio realizado por Vázquez-García *et al.*, (2011) se evaluaron cuatro aceites esenciales de plantas aromáticas (menta, orégano, albahaca y citronella) sobre el primer estadio de la grana cochinilla. La dosis letal media (LC₅₀) del aceite esencial de menta fue de 7 200 ppm, de la albahaca 21 600 ppm, del orégano 46 000 ppm y de la citronella de 59 400 ppm; con lo cual concluyen que el aceite esencial de menta es un buen candidato para utilizarse como agente de control para esta plaga.

Millán (2013) evaluó los extractos vegetales de albahaca, romero y ruda en concentraciones de 25 y 100% v/v (metanol/agua desionizada) bajo condiciones de invernadero sobre la grana cochinilla silvestre; teniendo como resultado una mortalidad del 97% con romero (concentración al 100%), del 94% con ruda (concentración al 25%) y del 93% con el extracto de albahaca (concentración al 100%) para ninfa II y machos a los 14 días de aplicación.

2.5 Plantas con uso potencial para el control de la grana cochinilla

2.5.1 *Ocimum basilicum* L. (Lamiaceae) Albahaca

2.5.1.1 Descripción

Es una hierba anual de tallo erecto y muy ramificado, que puede llegar a medir hasta 70 cm de altura. Sus hojas son opuestas de borde ligeramente dentado (Millán, 2008). Las flores son blancas, sésiles, labiadas y agrupadas en espigas de verticilos de seis flores cada uno (Figura 2). El fruto es semejante a una cápsula rugosa-punteada (Méndez, 2013).



Figura 2. Albahaca (*Ocimum basilicum* L.)

2.5.1.2 Principales compuestos

El clima, el suelo y la época de cosecha influyen de manera importante en la cantidad así como en la composición del aceite esencial. Los componentes más importantes son 1,8-cineol, linalol, citral, metilchavicol (estragol), eugenol y metilcinamato. Otros monoterpenos (ocimeno, geraniol, alcanfor), sesquiterpenos (bisaboleno, caryofileno) y fenilpropanoides (metil-eugenol; Méndez, 2013) también están presentes; así como, eucaliptol, cineol, borneol, geranial, safral,

limoneno, citronelal, lineol. Contiene también taninos, sales de calcio y potasio, mucílagos, derivados carbohidratados. En las hojas se encuentran cumarinas, vicenina, banzanoides y el flavonoide eridioctol (Olmedo *et al.*, 2003).

2.5.1.3 Usos

Es fuente de compuestos aromáticos y aceites esenciales con constituyentes biológicos que poseen propiedades insecticidas, nematocidas, fungistáticas y antimicrobianas que se le atribuyen al aceite esencial; dichas propiedades pueden deberse a sus componentes mayoritarios como metilchavicol, eugenol, linalol, alcanfor y metilcinamato. El linalol ha sido reconocido como un repelente efectivo contra insectos (Cardoso-Ugarte y Sosa-Morales, 2012).

El aceite esencial de albahaca posee propiedades estimulantes, antiespasmódicas, digestivas, carminativas y antitusígenas. Adicionalmente se le atribuyen propiedades antifúngicas, antibacterianas (Méndez, 2013) y como repelente de insectos (García-Gutiérrez *et al.*, 2012; Méndez, 2013; Olmedo *et al.*, 2003) insecticida y acaricida, afectando a organismos como polillas, moscas, mosquitos, pulgones, gusanos y ácaros (Millán, 2008).

Chang *et al.*, (2009; citado en Cardoso-Ugarte y Sosa-Morales, 2012) probaron la capacidad insecticida de los compuestos trans-anetol, estragol, linalol y metil eugenol así como del aceite esencial de albahaca en tres moscas tefrítidas de la fruta (*Ceratitis capitata* Wiedemann, *Bactrocera dorsalis* Hendel y *B. cucurbitae* Coquillett), resultando que casi todos los tratamientos (excepto el linalol) mostraron mortalidad en una concentración de 2.5%.

El aceite esencial de la albahaca es insecticida en concentraciones de 0.002% sobre larvas de *Culex fatigans* Wiedemann y el extracto acuoso de partes aéreas mostró actividad antimicrobiana y se ha comprobado que es activo frente a hongos de hospederos vegetales como *Trichoconiella padwickii* Karnataka (Olmedo *et al.*, 2003).

El extracto de albahaca (*Ocimum basilicum* L.), aplicado contra la larva de primer estadio de *Tribolium castaneum* Herbst que ataca los cultivos de arroz, tuvo actividad insecticida (Clemente *et al.*, 2003; citado en Vázquez-Luna *et al.*, 2007).

Pascual-Villalobos *et al.*, (2004) probaron los aceites esenciales de albahaca (*Ocimum basilicum* L.), alcarabea (*Carum carvi* L.) y coriandro (*Coriandrum sativum* L.) contra las plagas del arroz: capuchino (*Sitophilus oryzae* L.), carcoma achatada de los granos (*Rhyzopertha dominica* Fabricius) y (*Cryptolestes pusillus* Schonherr), encontrando que la albahaca produce hasta 96.7% de mortalidad por contacto sobre *S. oryzae* L.

Escobar *et al.*, (2013) evaluaron la actividad acaricida del aceite esencial de albahaca (*Ocimum basilicum* L.), cilantro (*Coriandrum sativum* L.) y tomillo (*Thymus vulgaris* L.) contra el ácaro *Tetranychus urticae* Koch. Encontrando que el aceite esencial de albahaca produjo al 1.60% de concentración, una mortalidad del 94% y 100% entre ninfas y adultos a las 24 y 48 horas de tratamiento.

Silva *et al.*, (2003) evaluaron el efecto de los polvos vegetales obtenidos a partir de varias especies contra el gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais* Motschulsky, obteniéndose con el polvo vegetal de albahaca *Ocimum basilicum* L. 97,5 % de reducción de emergencia de la adultos.

Además es considerada estimulante tónico, febrífugo, expectorante, diurético, laxante, vermífugo, analgésico, anti diarreico, antiemético, ayuda en el parto, calmante de las picaduras de los insectos, también se le atribuyen propiedades afrodisiacas (Méndez, 2013) y antisépticas (Cardoso-Ugarte y Sosa-Morales, 2012).

2.5.2 *Ruta graveolens* L. (Rutaceae) Ruda

2.5.2.1 Descripción

Es un arbusto perenne que mide de 60 cm hasta un metro de altura, de base leñosa y ramas blandas, de color verde blanquecino. Las hojas son alternas, de color verde azulado, están provistas de glandulas que despiden un olor fuerte característico de la especie. Las flores son de 8-10 mm de diámetro dispuestas en cimas terminales. La corola tiene de cuatro o cinco pétalos amarillos (Neveda, 2010; Torres, 2002). El fruto es una cápsula redondeada que contiene numerosas semillas de color negro con forma arriñonada (Neveda, 2010; Tayupanta, 2012; Figura 3).



Figura 3. Ruda (*Ruta graveolens* L.)

2.5.2.2 Principales compuestos

Contiene en las hojas, tallo y raíz: alcaloides, flavonoides, taninos, triterpenos y aceites esenciales (rico en metilnonilcetona; Tayupanta, 2012), además de rutina, queratina, azúcares, materias resinosas, peptídicas, principios amargos, gomas, taninos, alcaloides y cumarinas (González *et al.*, 2003). También están presentes fumarocumarinas (psoraleno y la xantotoxina), alcaloides como la arborinina, graveolinina, quinolona y la acridona (Tayupanta, 2012). Los alcaloides como la dictaminina y la metoxidictaminina presentes en sus tejidos poseen propiedades antibacterianas (Orlita y Sidwa-Gorycka, 2008).

2.5.2.3 Usos

Cárdenas *et al.*, (2010) evaluaron la toxicidad del extracto acuoso de la ruda (*Ruta graveolens* L.) sobre larvas del cuarto instar de *Culex quinquefasciatus* Say y *Anopheles albimanus* Wiedemann, encontrando que a la concentración 300 mg/L el porcentaje de mortalidad de las larvas fue del 98 % para *A. albimanus* Wiedemann y en *C. quinquefasciatus* Say entre el 86-95 %. Concluyendo que el extracto acuoso de *R. graveolens* L. podría ser una alternativa promisorio para su control.

Linares y Pérez (2007) probaron el extracto acuoso de la ruda contra larvas de primer y cuarto estadio del mosquito transmisor del dengue *Aedes aegypti* L. en concentraciones 1:10, 1:100 y 1:1000; obteniéndose mayor efectividad sobre el primer estadio la concentración de 1:10.

Los extractos etanólicos de tallo y raíz de ruda, han mostrado actividad inhibitoria en cultivos bacterianos de *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*, mientras que los extractos etanólicos de hojas, tallos y raíces fueron tóxicas para peces (González *et al.*, 2003).

La ruda contiene diversos metabolitos secundarios incluyendo fumarocumarinas, alcaloides como la quinolona y la acridona y flavonoides. Además, los alcaloides como la dictaminina y la metoxidictaminina poseen propiedades antibacterianas (García *et al.*, 2010).

Entre los usos terapéuticos populares se utiliza para el dolor de vientre, como antihelmíntico, para el aire (carminativo), contra la tos, dolor de estómago, estimula el flujo sanguíneo hacia los órganos digestivos y tejido muscular liso en general, también es utilizada en el tratamiento de desórdenes del sistema nervioso autónomo (González *et al.*, 2003). En México se utiliza como: antidiarreico, antiespasmódico, antiepiléptico, antiparásito, antitusígeno, diurético, oxitócico, analgésico y antibacteriano. Tiene propiedades insecticidas ya que se ha utilizado para el control de piojos, pulgones y mosca negra; así como de sustancias que le confieren actividad bactericida (Millán, 2008).

2.5.3 *Thymus vulgaris* L. (Lamiaceae) Tomillo

2.5.3.1 Descripción

Es una planta sub-arbustiva polimorfa, con numerosas ramas compactas (Estrada, 2010) llegando a medir hasta 50 cm de altura (Millán, 2008), presenta hojas opuestas, lanceoladas, con los bordes enrollados y densamente pilosas. Las flores del tomillo son diminutas, agrupadas en racimos terminales muy densos de color rosado o blanquecino, el cáliz es de color rojizo-vinoso. Toda la planta desprende un fuerte aroma, pues esta provista de glándulas (Estrada, 2010; Figura 4).



Figura 4. Tomillo (*Thymus vulgaris* L.)

2.5.3.2 Principales compuestos

El aceite esencial presenta timol, p-cimeno, alcanfor, carvacrol, linalol, 1,8-cineol, γ -terpineno, borneol, acetato de bornilo, acetato de linalino, geraniol, α y β -pineno, limoneno; además posee diferentes flavonoides heterósidos del luteol y apigenol y en menor cantidad flavonas metoxilidas (cosmosiína, timonina, isotiminina, timusina, naringenina). Alonso (2004) reporta la presencia de flavanonas, flavonoles y heterósidos de luteolina; así como taninos, serpilina, saponinas ácidas y neutras, ácido labiático, oleanólico y ursólico, ácidos fenilcarboxílicos (clorogénico y cafeico), ácido rosmarínico, ácido litospermico y resinas.

2.5.3.3 Usos

El aceite esencial de tomillo *Thymus vulgaris* L., presenta como componente mayoritario el timol el cual ha sido reconocido por su actividad antibacteriana, antifúngica insecticida y repelente de insectos, afectando principalmente a la mariposa de la col (Alzate *et al.*, 2008; Millán, 2008).

Alzate *et al.*, (2008) evaluaron la actividad antifúngica de los aceites esenciales provenientes de las especies *Thymus vulgaris* L. y *Cymbopogon citratus* Stapf. contra *Colletotrichum acutatum* Simmonds que produce la antracnosis del tomate de árbol. El aceite esencial de tomillo ocasionó una inhibición total del crecimiento micelial *in vitro* durante las primeras 72 horas de evaluación a una concentración de 100 mg/L.

Ramírez *et al.*, (2010) evaluaron el efecto de los aceites esenciales de albahaca (*Ocimum basilicum* L.), mejorana (*Origanum majorana* L.), menta (*Mentha piperita* L.), orégano (*Origanum vulgare* L.), pachulí (*Pogostemon cablin* Benth.), romero (*Rosmarinus officinalis* L.), salvia (*Salvia officinalis* L.) y tomillo (*Thymus vulgaris* L.) sobre los huevos, larvas y adultos de la polilla guatemalteca de la papa (*Tecia solanivora* Povolny); encontrando que los aceites de *P. cablin* Benth y *T. vulgaris* L. a una concentración del 0,25% produjeron una reducción significativa en la viabilidad de los huevos.

El tomillo está clasificado como planta medicinal expectorante y antiespasmódica de las vías respiratorias y ejerce un efecto relajante del músculo liso bronquial que justifica su uso como antitusivo. Está comprobado que sus componentes fenólicos, timol y carvacrol, tienen actividad bacteriana frente a bacterias gram positivas y gram negativas, adicionalmente tiene acción antifúngica (*Candida albicans*) y antivírica (Estrada, 2010).

2.5.4 *Mentha* sp. (Lamiaceae) Menta

2.5.4.1 Descripción

Existen en el mundo más de 600 variedades de mentas, que poseen aromas y sabores diversos entre sí, pero todas tienen principios activos similares que les otorgan propiedades en común (Millán, 2008) . Son plantas herbáceas perennes, erguidas y de tallos cuadrangulares de una altura de 60 cm, hojas opuestas pecioladas. Tiene largas inflorescencias cuyas flores son pequeñas, el cáliz es de color púrpura y la corola de color violeta o blanquecina (Jiménez-Alonso *et al.*, 2012; Figura 5).



Figura 5. Menta (*Mentha* sp.)

2.5.4.2 Principales compuestos

Los monoterpenos como el limoneno, mentona, mentol, mentofurano, pulegona y mentil-acetato son los constituyentes mayoritarios del aceite esencial, su biosíntesis se localiza específicamente en las hojas (Turner *et al.*, 2000). Además se han reportado el cineol, eucaliptol, eugenol, exo-2-hidroxicineol, p-menth-1-enol, piperidina 1, 2, 6-trimetil, 2,5-ciclohexadieno-1 (Juárez, 2010).

2.5.4.3 Usos

Clemente *et al.*, (2003; citado en Vázquez-Luna *et al.*, 2007) probaron extractos de las plantas aromáticas *Ocimum basilicum* L. (albahaca), *Mentha rotundifolia* L. (menta), *Origanum vulgare* L. (orégano), *Rosmarinus officinalis* L. (romero) y *Thymus vulgaris* L. (tomillo) contra la larva de *Tribolium castaneum* Herbst que ataca los cultivos de arroz. Observaron que sólo la menta y la albahaca tuvieron actividad insecticida sobre larvas del primer estadio.

Tiene propiedades repelentes contra insectos, actuando en el control de hormigas, polillas, gorgojos, pulgones, moscas de fruta, mariposas de la col y garrapatas presentes en animales domésticos, pues el extracto alcohólico controla hormigas, larvas del repollo y moscas de la fruta (Millán, 2008).

Se consideran plantas medicinales, atribuyéndoseles propiedades antiespasmódicas y antisépticas. La población la emplea como estimulante, carminativa y para los mareos y vómitos (Vizoso *et al.*, 1997).

3. Justificación

El incremento poblacional y por ende la demanda creciente de productos alimenticios que satisfagan las necesidades de estos, ha propiciado el uso de tecnologías y/o técnicas que atentan sobre los ecosistemas como lo es el uso desmedido de plaguicidas de amplio espectro cada vez más tóxicos y cuyos efectos no sólo generan cultivos libres de plagas.

La preocupación de las consecuencias de estos fenómenos ha llevado a un interés creciente por utilizar productos naturales para controlar organismos que perjudican la producción agrícola. Así pues, la utilización de extractos vegetales puede convertirse en una fuente alternativa ante la problemática que representa adquirir productos químicos de elevados costos además de que no causan efectos negativos al ambiente, en comparación con los que se presentan por la utilización de agroquímicos, por lo que se requieren estudios que sustenten estas suposiciones.

Adicionalmente, el sector primario en México está dominado por pequeños productores que poseen cultivos de poca extensión, resultando poco rentable adquirir costosos agroquímicos ecocidas; por lo que se hace necesaria una estrategia que logre resolver estas dos temáticas: reducción del daño ambiental y gastos innecesarios a los productores, lo cual podría lograrse con la utilización de compuestos naturales obtenidos de manera sencilla a partir de plantas aromáticas, cuya eficacia debe ser comprobada pues actualmente la literatura que respalda la actividad insecticida de plantas como la albahaca, menta, ruda y el tomillo es muy escasa y poco uniforme; esto permitirá a su vez tener un mejor conocimiento sobre la utilización de dichos productos minimizando así los daños causados por plagas como la grana cochinilla, enfatizando que se deberían utilizar sobre estados de desarrollo avanzados del insecto lo que facilitaría su identificación por parte de los pequeños productores, principalmente.

4.Objetivo general

Evaluar el efecto de los extractos vegetales de albahaca, menta, tomillo y ruda como posibles agentes de control mediante su aplicación sobre poblaciones de grana cochinilla silvestre.

4.1 Objetivos particulares

Evaluar la mortalidad de la grana cochinilla con el uso de extractos vegetales de albahaca, menta, tomillo y ruda.

Evaluar la mortalidad de la grana cochinilla con el uso de extractos vegetales de albahaca, menta, tomillo y ruda con la adición de un emulsificante biodegradable.

5. Metodología

Las plantas de albahaca, menta, tomillo y ruda se obtuvieron a través de la compra en mercados locales, todas se encontraban en estado maduro. Los ejemplares se dejaron secar a temperatura ambiente durante 72 h. Una vez secas, se separaron las hojas del tallo, las hojas se maceraron en un mortero de porcelana; los tallos únicamente se trocearon para facilitar su manipulación durante la elaboración de los extractos vegetales (Figura 6).



Figura 6. Molienda de material vegetal.

5.1 Determinación de efectos alelopáticos

Se realizaron pruebas de alelopatía con semillas de lechuga y rábano, que son las especies que generalmente se utilizan para este tipo de pruebas (Macías *et al.*, 1999; Macías *et al.*, 2000; Trujillo, 2008 y Varnero *et al.*, 2006; citados en Trujillo, 2008 y Arminante *et al.*, 2006; citado en González, 2011), con la finalidad de determinar la especie y el órgano que mayor efecto alelopático tuvieran para ser probados en el control de la grana cochinilla.

Los extractos se prepararon al 10%, se pesaron 10 g del material vegetal seco anteriormente obtenido de cada estructura (hoja y tallo) que fueron adicionados a 100 mL de agua destilada previamente calentada a una temperatura

de $45 \pm 2^\circ\text{C}$. Se dejó reposar durante 30 minutos para después ser filtrada (Figura 7). Estas preparaciones fueron conservadas en refrigeración hasta el momento de su aplicación.

Se colocaron 10 semillas de lechuga y 10 de rábano en cajas Petri usando como sustrato papel filtro con tres repeticiones por cada tratamiento (tallo y hoja); a las cajas que contenían semillas de rábano, se les adicionó inicialmente 2 mL de cada extracto y en los días siguientes 1 mL; a las semillas de lechuga 1 mL y en los días posteriores 0.5 mL, debido al tamaño de las mismas; ambos tratamientos se regaron por siete días manteniéndolas en estufa a temperatura de $29 \pm 1^\circ\text{C}$. El testigo se hidrató únicamente con agua destilada. Se determinó el porcentaje de germinación para cada tratamiento.



Figura 7. Preparación de los extractos, filtración.

5.2 Obtención y propagación de la grana cochinilla

Se utilizaron pencas de nopal (*O. ficus-indica* var. Atlixco) totalmente desarrolladas y sanas, con dimensiones alrededor de 30 x 15 cm procedentes de una nopalera cultivada del municipio de El Arenal, dichas pencas fueron trasladadas al invernadero del Centro de Investigaciones Biológicas, UAEH en donde se procedió a la inoculación manual con hembras adultas (para acelerar el

proceso de infestación). Inicialmente se colocaron 5 individuos de grana cochinilla silvestre (*Dactylopius* sp.) procedentes de la misma nopalera de donde se obtuvieron las pencas.

Las pencas se colocaron sobre estructuras de madera, en posición horizontal y se mantuvieron así por un periodo de 15 días para lograr la fijación del insecto; posterior a esto, se perforaron en la base y se colgaron por medio de un alambre hasta la madurez de los individuos (Figura 8); ya que Campos y Llanderal (2003), recomiendan como método de propagación de la grana el sistema de penca colgante invertida, pues así no se presenta crecimiento de brotes que pudieran ocasionar un deterioro anticipado de la penca de nopal infestada.



Figura 8. Propagación de la grana cochinilla, en condición de invernadero.

5.3 Aplicación de extractos sobre la grana cochinilla

Los extractos a utilizar sobre la grana cochinilla se prepararon al 15% (la concentración se incrementó del 10 al 15% debido a ensayos previos sobre el efecto de mortalidad de la grana cochinilla); se pesaron 15 g del polvo vegetal de la hoja de cada planta a evaluar, adicionadas a 100 mL de agua previamente calentada a una temperatura de $45 \pm 2^{\circ}\text{C}$. Se dejó reposar durante 30 minutos para después ser colada. Estas preparaciones fueron conservadas en refrigeración hasta el momento de su aplicación a una temperatura de 4°C . Sólo se utilizó la “hoja” debido a que esta presentó mayor efecto alelopático sobre las semillas de lechuga y rábano, previamente determinado.

Los cladodios elegidos aleatoriamente fueron colocados en jaulas de madera forradas con tela, donde cada jaula representó un tratamiento con tres repeticiones (tres pencas; Figura 9).



Figura 9. Tratamientos-pencas colocadas en jaulas de madera.

Los dos tratamientos a evaluar fueron aplicados al azar, consistiendo en: 1) el extracto más un emulsificante (detergente biodegradable Roma a una concentración del 6% respecto al extracto; Ex + D); utilizando como testigo detergente disuelto en agua. 2) aplicación del extracto, llevando un testigo a base

de agua únicamente (Ex). En ambos casos se realizaron tres aplicaciones, una cada 72 horas por medio de un atomizador procurando mojar en su totalidad ambas caras de la penca (Figura 10).



Figura 10. Aplicación de los tratamientos sobre las pencas infestadas con grana cochinilla.

Siete días después de la última aplicación se realizó el conteo final de las hembras; se colectaron en promedio 150 individuos adultos por tratamiento considerándose el 100%, estos se caracterizan por tener el cuerpo convexo y de mayor tamaño en comparación con las ninfas y por estar totalmente cubierto de una capa cerosa filamentososa. Los individuos se observaron en un microscopio estereoscópico (Leica zoom 2000); se consideraron como individuos muertos a todos aquellos ejemplares que presentaron reducción de turgencia del cuerpo y/o cambio de coloración.

5.4 Análisis estadístico

Los datos obtenidos de la mortalidad de la grana cochinilla se analizaron mediante una comparación pareada para muestras independientes de Wilcoxon, mediante el paquete estadístico Statistica v. 10 (StatSoft, 1984-2011).

6.Resultados y discusión

6.1 Efectos alelopáticos sobre semillas de lechuga y rábano

En el caso de las semillas de lechuga, el efecto alelopático fue muy alto, se obtuvo una inhibición del 100% en la germinación tanto en los extractos de hoja como de tallo en las diferentes plantas evaluadas (ruda, tomillo, menta y albahaca) (Figura 11).

En el caso de las semillas de rábano el efecto alelopático de los extractos de hoja y tallo fue diferente; los extractos de hoja de menta y albahaca fueron los que generaron una menor tasa de germinación (6.66 y 0% respectivamente); por otro lado, de los extractos de tallo, los de menta y albahaca también generaron los porcentajes de germinación más bajos (respectivamente 3.33 y 20%). De manera general, los extractos obtenidos de las hojas de las plantas evaluadas, tuvieron mejores porcentajes de inhibición de germinación que los provenientes de los tallos (Figura 11).

Numerosos autores concuerdan que el empleo de las semillas de lechuga *Lactuca sativa* L. son las apropiadas para ser usadas en bioensayos de este tipo debido a su elevada sensibilidad a sustancias fitotóxicas (Macías *et al.*, 1999; Macías *et al.*, 2000; Trujillo, 2008 y Varnero *et al.*, 2006; citados en Trujillo, 2008 y Arminante *et al.*, 2006; citado en González, 2011), lo cual coincide con los resultados obtenidos en el presente estudio.

Los resultados muestran que los extractos obtenidos de la hoja de albahaca, menta, ruda y tomillo presentan mayor efecto sobre la inhibición de la germinación en las semillas utilizadas; por lo que la albahaca y la menta son las que pueden ser buenas candidatas para el control de la grana cochinilla.

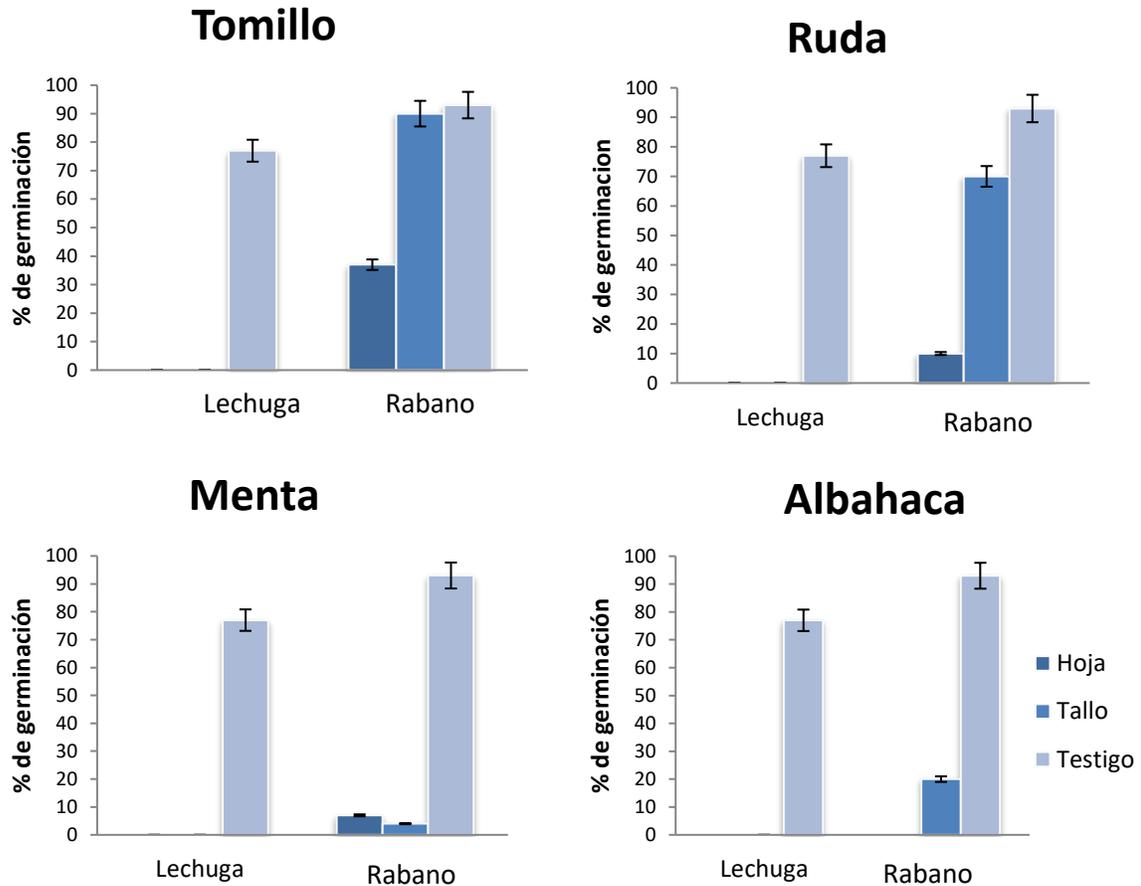


Figura 11. Porcentaje de germinación en semillas de lechuga y rábano sometidas a extractos de hoja y tallo de tomillo, ruda, menta y albahaca.

6.2 Efecto de los extractos sobre la grana cochinilla

Los extractos generados de la hoja de cada una de las plantas evaluadas en ambas variantes: extracto vegetal + detergente (Ex + D) y extracto vegetal sólo (Ex) generaron resultados diferentes en cuanto al efecto de mortalidad.

El análisis estadístico muestra diferencias significativas ($P < 0.05$) entre el tratamiento de Ex + D y Ex. La mayor mortalidad se presentó en la combinación del extracto con el detergente (Figura 12).

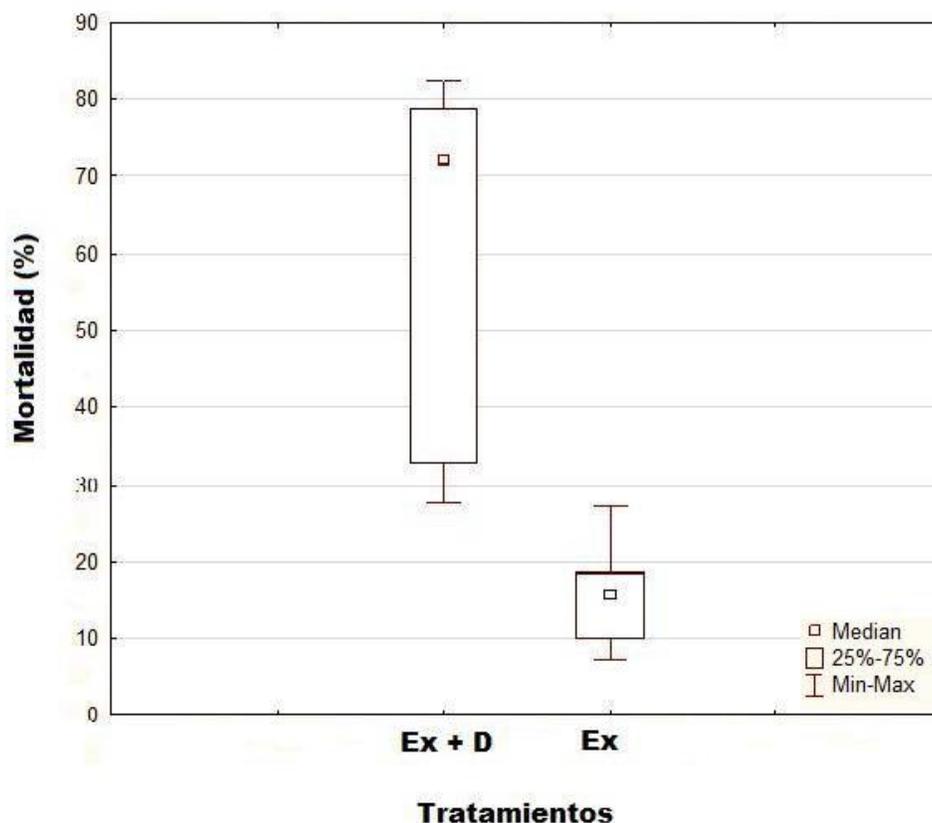


Figura 12. Mortalidad de grana cochinilla silvestre con dos tratamientos. Estadísticamente existen diferencias entre los tratamientos Ex + D y Ex.

El tratamiento hojas de menta + D, es el que presentó el mayor efecto con un 82.39% de mortalidad seguido del extracto de hojas de ruda con un 78.72%, y los extractos de albahaca y tomillo presentaron el porcentaje más bajo. El tratamiento testigo (detergente + agua) presentó una mortalidad del 72.34% (Figura 13). Los síntomas observados con estos tratamientos (Ex + D) fueron una deshidratación en mayor o menor grado del cuerpo del insecto, lo cual se traduce en la muerte de éste; detectándose desde un cambio en la coloración característica del mismo pasando de un rojo brillante a un rojo oscuro/negro, incluso hasta la sola presencia de la cubierta cerosa y la cutícula del insecto (Figuras 14-18).

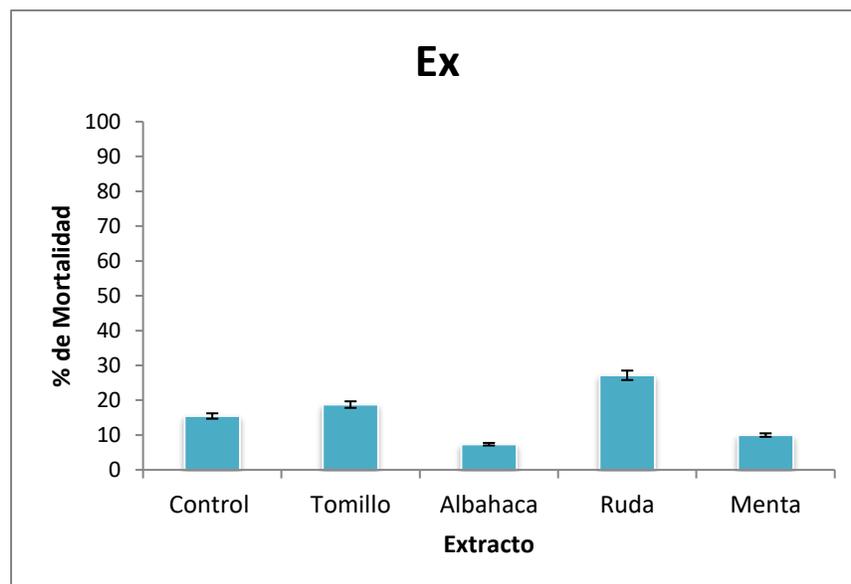
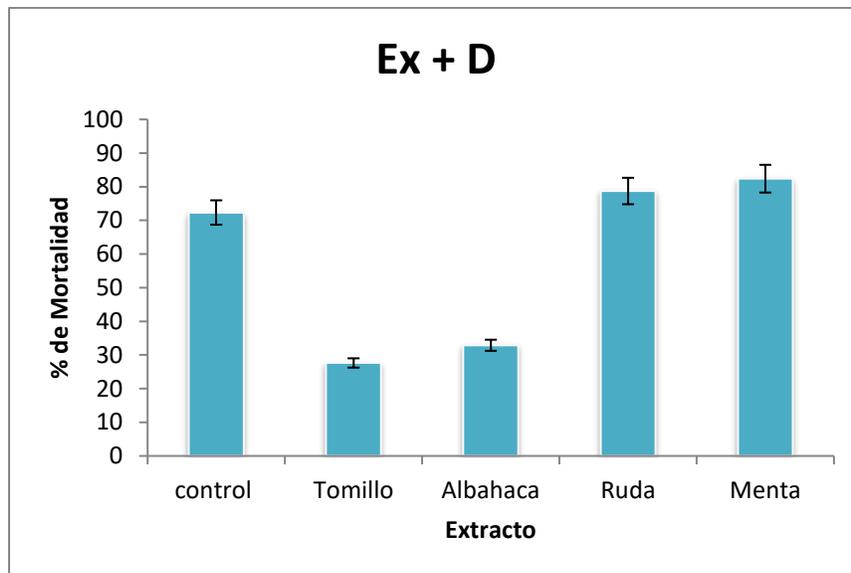


Figura 13. Porcentaje de mortalidad para cada uno de los extractos aplicados de los tratamientos “extracto + detergente” (Ex + D) y “extracto” (Ex); indicando las barras de error porcentuales con un valor del 5%.

Los extractos de ruda y menta evaluados más la aplicación de detergente generan más del 70% de mortalidad y los de tomillo y albahaca menos del 40%. Y al aplicar únicamente el extracto se obtuvo una mortalidad de menos del 30%.

En el tratamiento en el que sólo se aplicó el extracto, con la ruda se logró el 27.16% de mortalidad, seguido del tomillo con el 18.75%. La menta sólo generó el 10% de mortalidad en los insectos observados y la albahaca el 7.38%. El tratamiento testigo (agua) propició la muerte del 15.47% de los individuos revisados. En estos tratamientos, que sólo incluyen el extracto, se observó una deshidratación del cuerpo del insecto con lo que se deduce la muerte del mismo, se detectó además un cambio en la coloración típica, pasando de un rojo brillante a un rojo oscuro.

Sin embargo, a diferencia del primer tratamiento, no se detectó como evidencia la cutícula del insecto y su respectiva cubierta cerosa; aunque se observó su continua producción en los individuos que sobrevivieron aún después de las diferentes aplicaciones realizadas (Figuras 14-18).

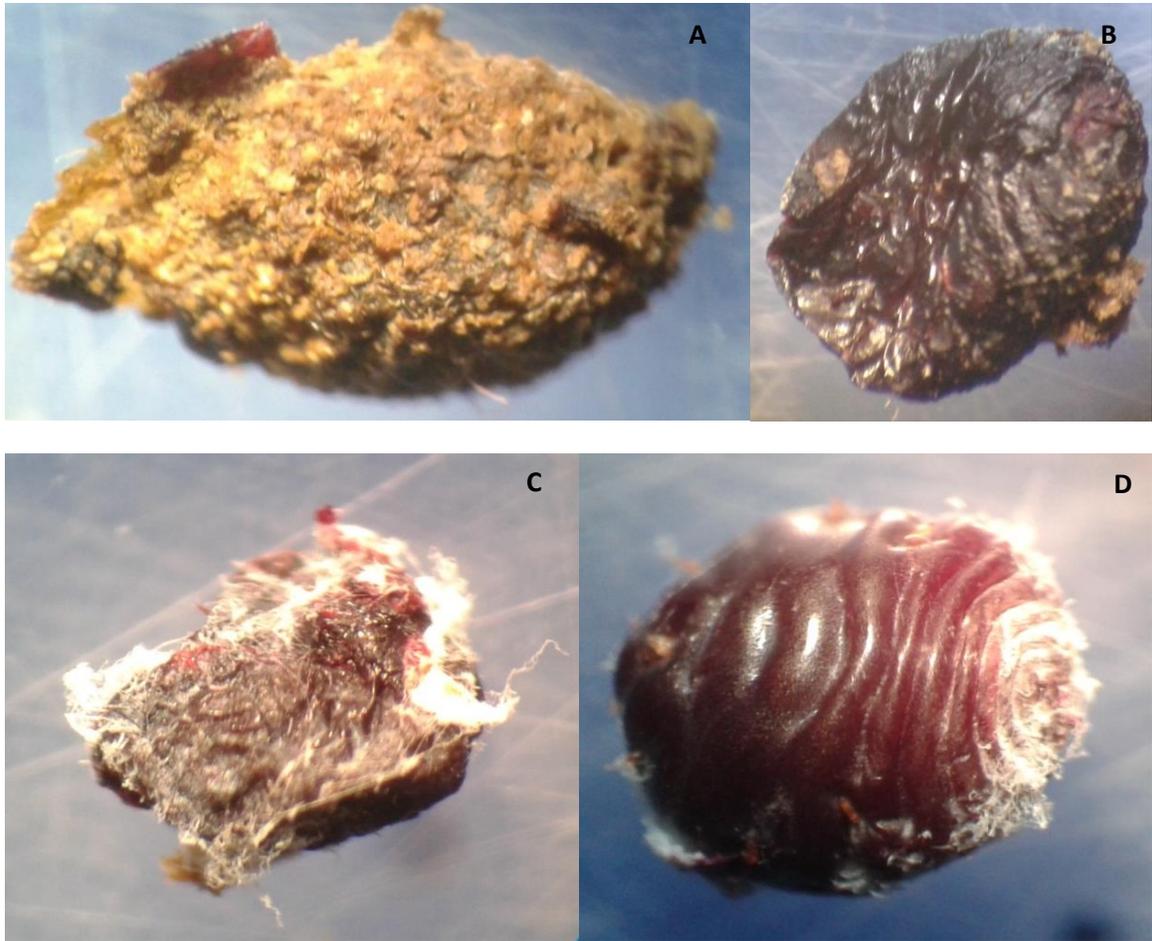


Figura 14. Efecto provocado del extracto de menta sobre la grana cochinilla con diferentes tratamientos: Ex + D (A y B); Ex (C y D). A) Deseccación total de la cubierta cerosa que protege al insecto; B) deshidratación parcial y cambio de coloración del insecto observada una vez retirada la capa cerosa que la cubría; C) individuo carente de turgencia, el colorante restante en su organismo se observa rojo oscuro; D) individuo sin daño por la aplicación del tratamiento, se observa totalmente turgente así como con la coloración típica.

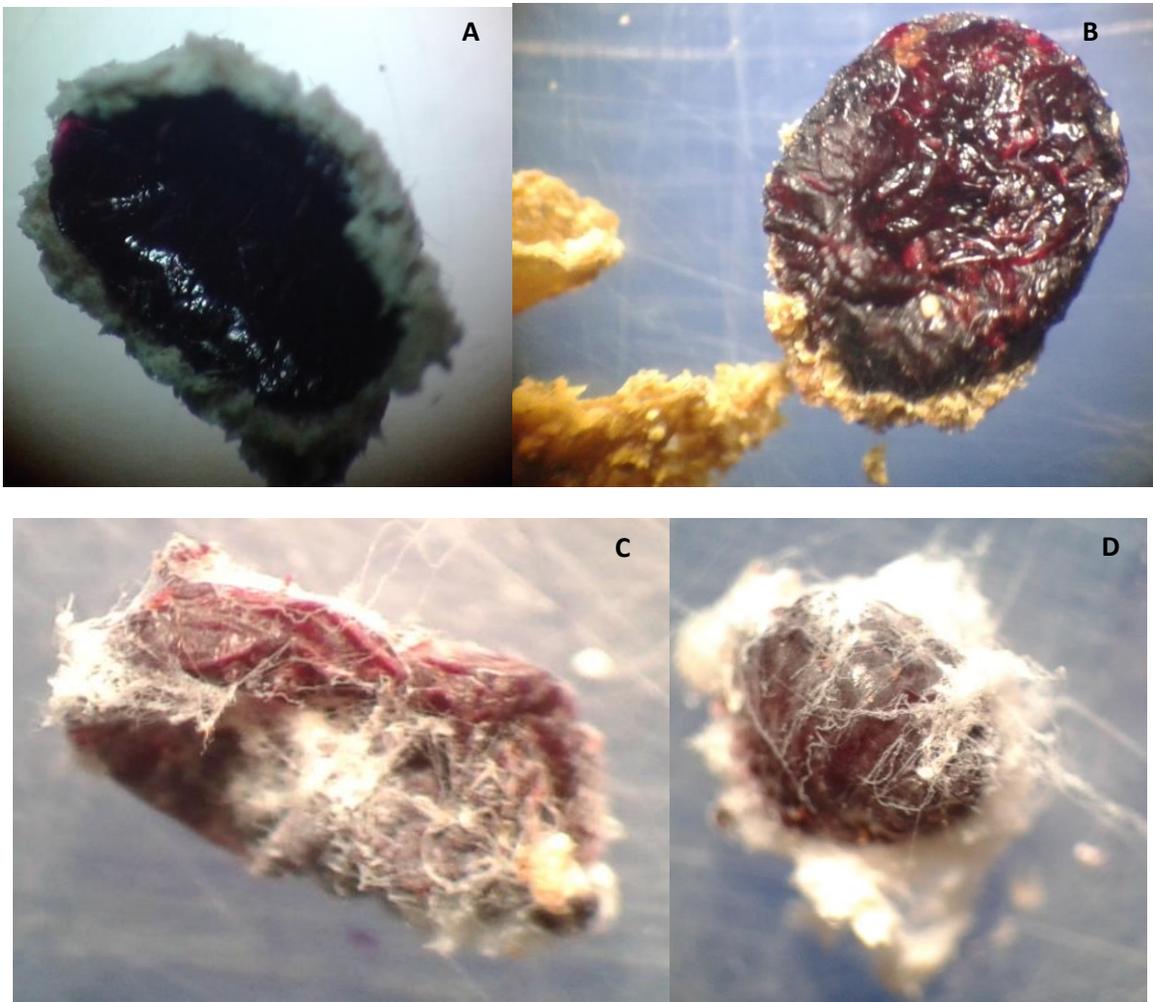


Figura 15. Efecto provocado del extracto de ruda sobre la grana cochinilla con diferentes tratamientos: Ex + D (A y B); Ex (C y D). A) Desecación total del cuerpo del insecto, donde sólo se conserva la cutícula, además de la cubierta cerosa; B) menor grado de desecación del cuerpo del insecto, coloración más oscura que la característica; C) Organismo carente de turgencia en el cuerpo tras la remoción manual de la capa cerosa que lo cubría; D) individuo totalmente turgente con su respectiva capa cerosa intacta posterior a la aplicación del extracto.

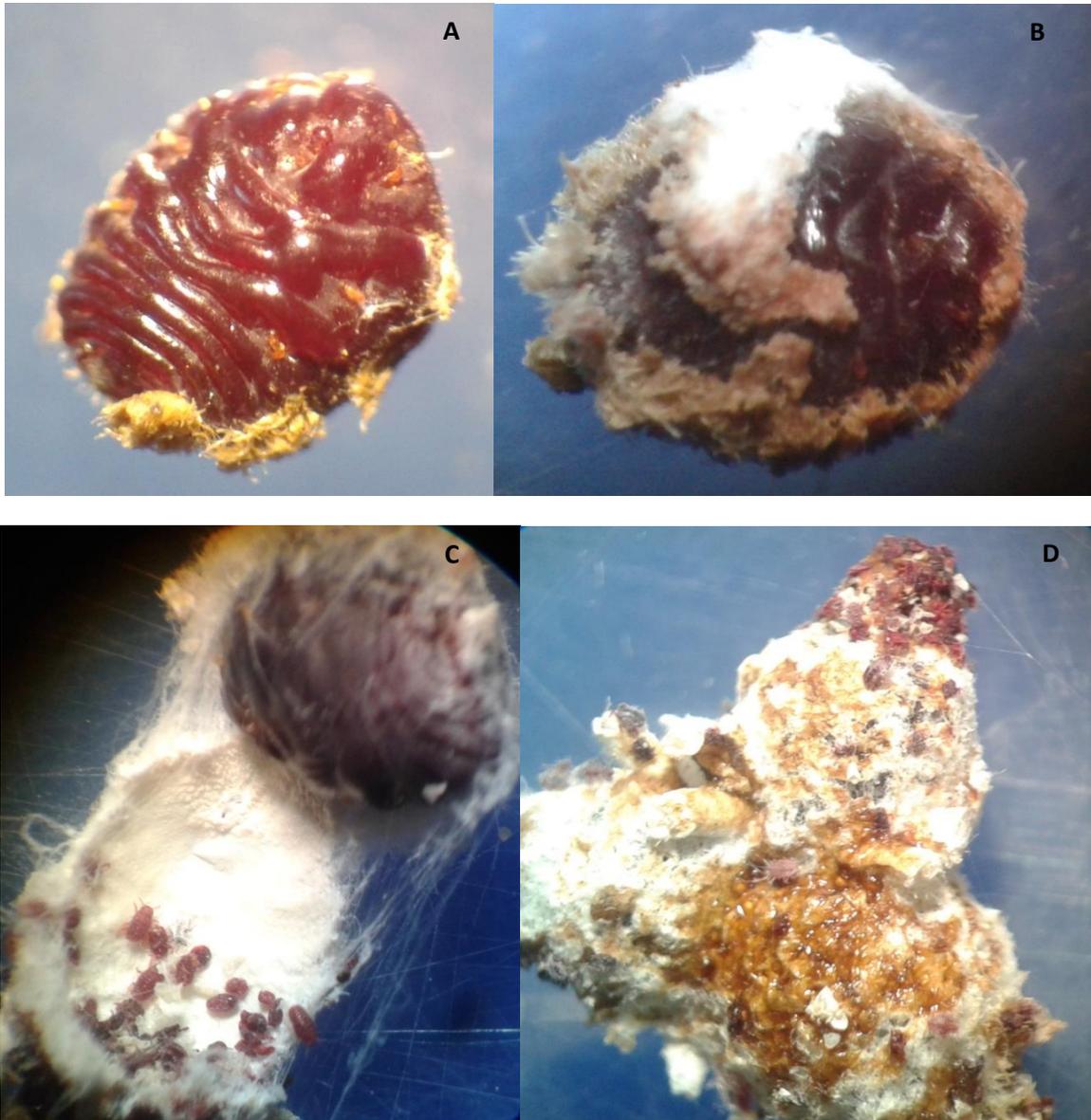


Figura 16. Efecto provocado del extracto de albahaca a la grana cochinilla con diferentes tratamientos: Ex + D (A y B); Ex (C y D). A) Cuerpo completamente turgente tras la aplicación del extracto, el color rojo brillante es típico; B) se exhibe producción nueva de capa cerosa que cubre y protege el cuerpo del insecto; C) al retirar la cubierta cerosa se observan numerosos juveniles vivos así como la hembra adulta sin daño evidente por el extracto; D) efecto sobre la capa cerosa que cubre el cuerpo del insecto, se observa constante producción de la misma sin daño al individuo.

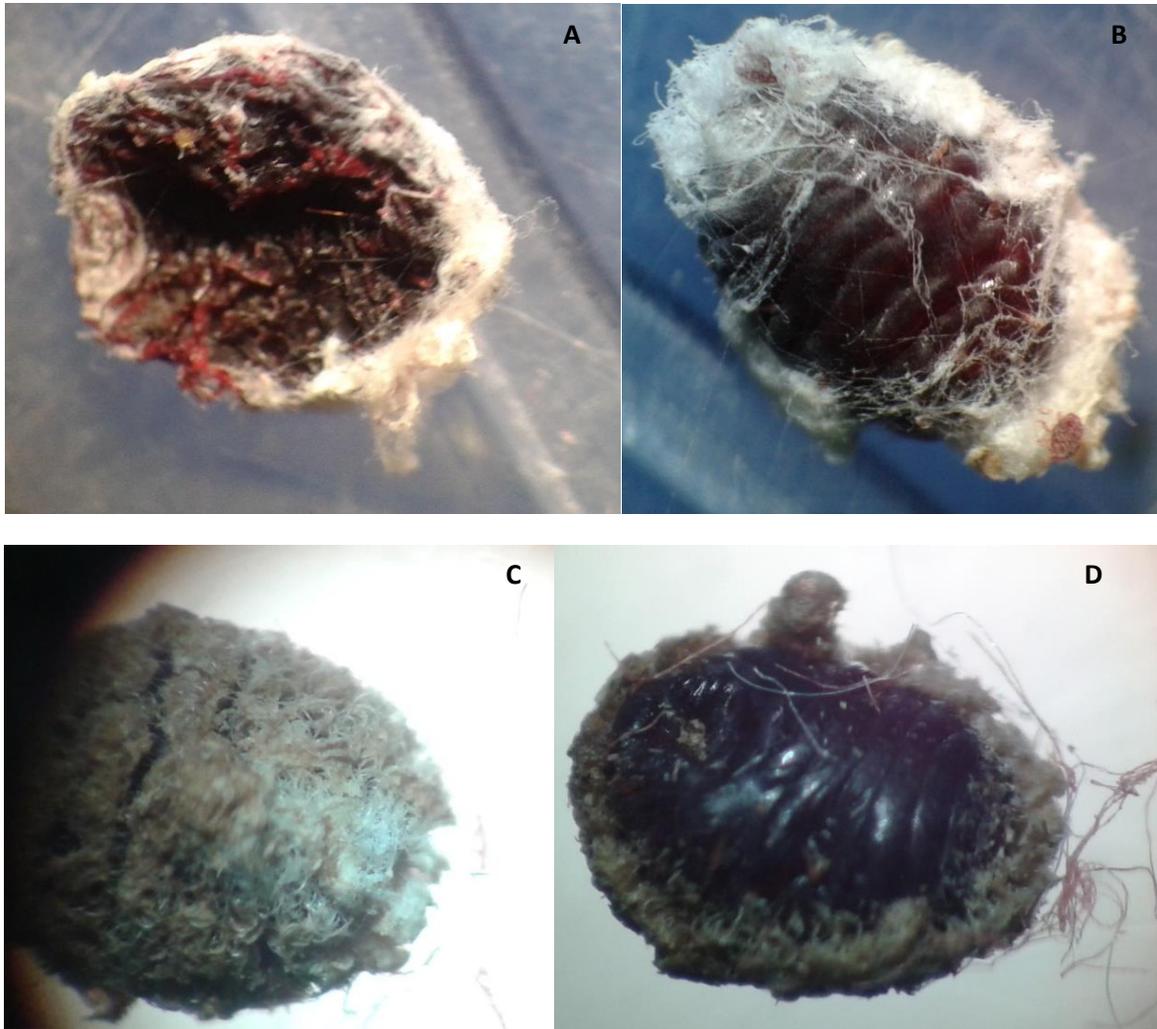


Figura 17. Efecto del extracto de tomillo sobre la grana cochinilla grana cochinilla con diferentes tratamientos: Ex + D (C y D); Ex (A y B). A) Cuerpo deshidratado en su totalidad de un individuo de grana cochinilla; B) individuo intacto (se observa totalmente turgente) así como la capa cerosa que lo cubre no ha sido removida ni afectada; C) desecación parcial de la cubierta cerosa que sirve de protección al insecto; D) no se observa deshidratación en el cuerpo del insecto, se conserva la turgencia así como el color rojo brillante característico de este insecto.

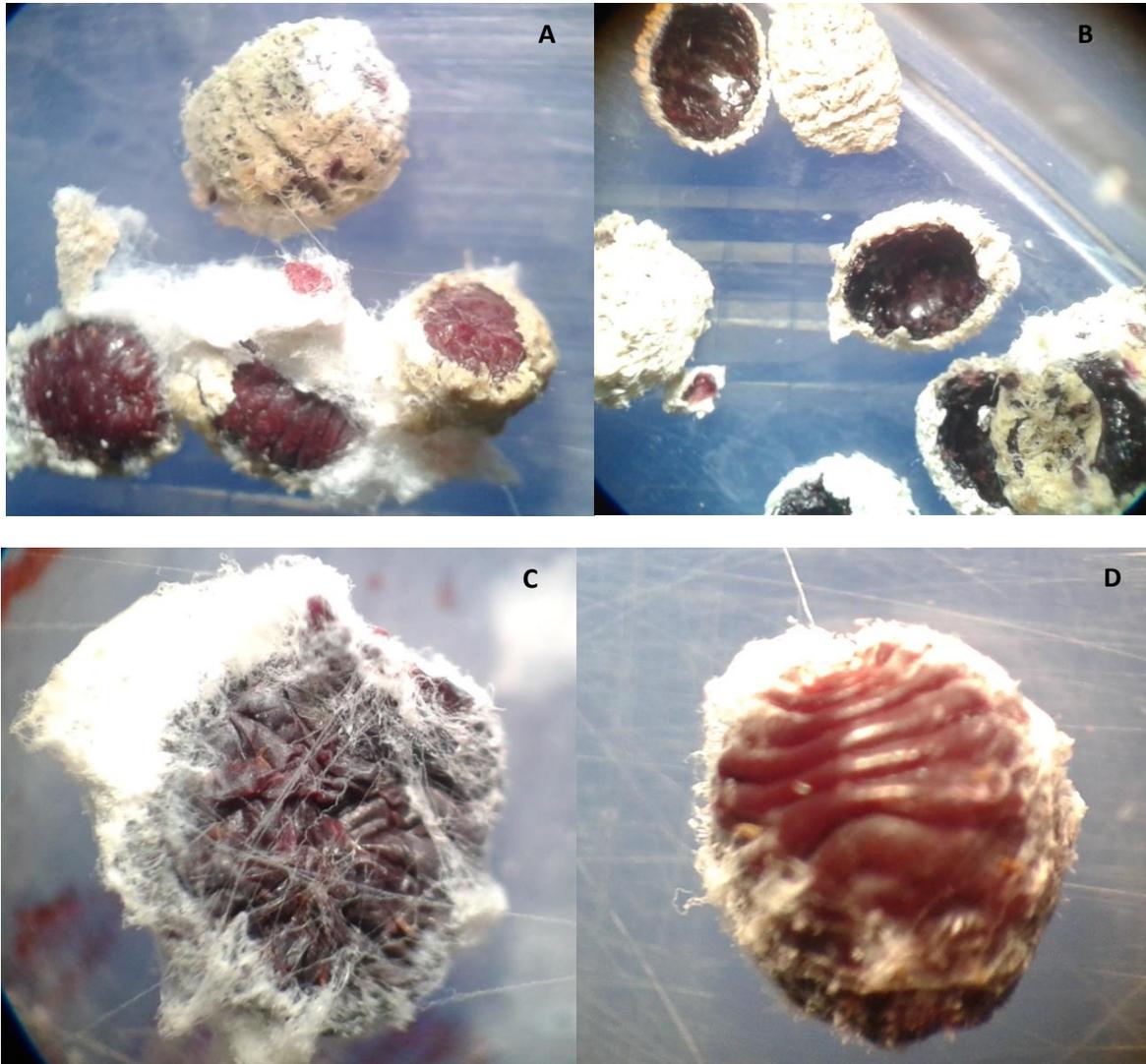


Figura 18. Observación de individuos del tratamiento testigo. A) Numerosos individuos completamente turgentes con la coloración característica, así como con abundante producción de nueva capa cerosa (aplicación de detergente); B) individuos contabilizados como muertos debido a la ausencia de turgencia, se ve únicamente la cutícula sin colorante alguno (aplicación de detergente); C) pérdida de turgencia corporal y cambio de coloración del individuo, sin efecto sobre su capa cerosa (aplicación de agua). D) individuo vivo, no se detecta cambio en la turgencia de su cuerpo ni cambio de coloración (aplicación de agua).

Aunque Vázquez-García *et al.*, (2011), trabajaron con juveniles de primer estadio, también encontraron que la menta obtuvo la mayor mortalidad a una menor concentración evaluada en comparación con los demás tratamientos, utilizando una LC₅₀ de 7.200 ppm del aceite esencial de menta, concluyendo que este puede ser un prospecto para ser utilizado como un agente de control; dichos resultados son congruentes con los que se obtuvieron en este estudio, pues tras la aplicación del extracto de menta se obtuvo una mortalidad del 82.3% (del tratamiento Ex + D), siendo el extracto con el mayor porcentaje de mortalidad.

En los diferentes individuos revisados se observó una desecación del cuerpo, en mayor o menor grado, y aunque no hay remoción de la cubierta cerosa que los protege, esta si sufre un cambio en la consistencia pasando de ser una fibra suave a tener una textura endurecida, lo cual puede ser atribuida a la adición del detergente (Figura 14).

Sin embargo, ambos resultados son diferentes a lo encontrado con el tratamiento Ex del presente estudio, ya que con el mismo extracto se logró sólo la mortalidad del 10% de los individuos observados. A diferencia del tratamiento Ex + D, en este caso no se observó efecto sobre la cubierta cerosa que protege al insecto, ya que aún después de las aplicaciones realizadas estos la seguían produciendo (Figura 14).

Así mismo, con el extracto de ruda (Ex + D; Figura 15) se generó la muerte del 78.72% de los insectos observados, resultados similares a los de Millán (2013), quien registra una mortalidad del 95% para ninfa II, las cuales presentaron un desarrollo considerable de secreción cerosa, esta secreción juega un papel muy importante en la defensa del insecto contra enemigos naturales y factores climáticos adversos (Gallegos y Méndez, 2000). En este, se utiliza una concentración superior (25% del extracto vegetal), lo cual explicaría el mayor porcentaje de mortalidad obtenido en comparación con el presente estudio en el que a una concentración del 15% se obtiene una mortalidad de hembras adultas del 78.82%. Incluso considerando que en el primer caso sólo se realizaron dos

aplicaciones con un intervalo de siete días, y aunque las etapas de desarrollo en que se llevó a cabo el experimento también difieren, la comparación es válida.

En el tratamiento Ex, aunque se logró sólo el 27.16% de mortalidad de todos los individuos observados, este extracto es el que presentó el mayor porcentaje de mortalidad en comparación con los demás (Figura 15). Este resultado puede deberse, en comparación a lo encontrado por Millán (2013) a la utilización de una menor concentración.

Tras la aplicación del extracto de albahaca (Figura 16), los individuos exhibieron una mortalidad del 32.89% con el tratamiento Ex + D, detectándose que los individuos continuaban produciendo la capa cerosa que los protege, dicha observación concuerda con la realizada también por Millán (2013) pues determinó que al aplicar el extracto de albahaca a una concentración del 100%, las ninfas II produjeron abundante cera, además de obtener la menor mortalidad en comparación con los otros tratamientos logrando el 93%, el cual aún es mayor a lo obtenido en este experimento.

Para el caso del tratamiento “extracto vegetal”, al generar sólo el 7.38% de mortalidad se considera como el extracto con el menor efecto en comparación con los demás (Figura 16). Lo cual es atribuible como en los casos anteriores, a la utilización de una concentración menor en comparación con el estudio llevado a cabo por Millán (2013).

Aunque el tomillo no se ha probado para el control de la grana cochinilla, la presencia de saponinas ácidas y neutras supondría un efecto sobre la remoción de la secreción cerosa que cubre al insecto haciéndolo más vulnerable a condiciones ambientales provocando su muerte, lo cual pudo ser la causa del 18.75% de mortalidad de los insectos evaluados en el tratamiento Ex (Figura 17), siendo el segundo extracto con el mayor porcentaje de mortalidad en comparación con los demás. Sin embargo, dicho valor se considera contradictorio con respecto al tratamiento Ex + D” (Figura 17) que presenta el menor porcentaje de mortalidad (27.63%) en comparación con los demás extractos del mismo tratamiento.

La utilización de detergente resultó en la mortalidad del 72.34% de los individuos observados, caso comparable a los resultados obtenidos por Palacios-Mendoza *et al.*, (2004), en el que la mortalidad de las hembras a una concentración del 5% con sólo dos aplicaciones fue casi del 50%. Esto evidencia que al aumentar la concentración empleada, también se aumenta el efecto sobre la mortalidad del insecto (Figura 18).

Sin embargo, en ambos casos es contradictorio a lo encontrado por Cuevas-Salgado *et al.*, (2015) pues al utilizar detergente Roma logra una densidad poblacional relativa (contabilizando el número de insectos vivos de cada cladodio) en hembras adultas del 14.1%, siendo el tratamiento que presenta menor efectividad en comparación con los demás tratamientos. Haciendo mención que la poca efectividad del detergente puede deberse al efecto de las condiciones de un ambiente controlado, ya que su comportamiento puede ser totalmente diferente al mostrado en condiciones de campo.

El porcentaje de mortalidad encontrado con sólo la adición de agua como testigo del tratamiento Ex (15.47%; Figura 18), difiere de lo encontrado por Palacios-Mendoza *et al.*, (2004), pues tras la aplicación de agua corriente, todos los individuos observados sobrevivieron considerando como criterio de mortalidad la deshidratación del insecto y/o la no emanación de hemolinfa al perforarlo con una aguja de disección o un alfiler, mismos utilizados en este experimento. Sin embargo, Cuevas-Salgado *et al.*, (2015), encontraron un mayor efecto con la aplicación de agua que con la del detergente Roma, pues en el primer caso obtuvieron una densidad poblacional relativa de hembras adultas del 10.2% y con el detergente un 14.1%, obteniendo mejores resultados incluso que con la aplicación del detergente. Con lo que es evidente que las diferentes condiciones presentes en ambientes controlados, semi controlados y no controlados repercuten en el efecto de los tratamientos.

De acuerdo a los datos obtenidos con las pruebas preliminares de alelopatía, se esperaba que los tratamientos con menta y albahaca fueran los que

obtuvieran los mejores resultados en cuanto al efecto de mortalidad de la grana cochinilla, lo cual sólo fue significativo con la adición del detergente como emulsificante, pues para el caso de la menta se obtuvo un 82.39% de mortalidad y con la aplicación sólo del extracto también para la menta se generó un 10%; infiriéndose una potencialización de los compuestos presentes en el extracto con la adición del detergente. Así mismo, con el tratamiento del extracto de tomillo + detergente se obtiene un 27.6% de mortalidad (considerado el tratamiento con el menor efecto) y con sólo el extracto se obtiene un 18.75 % (el segundo con el mayor efecto), por lo que se puede observar un incremento, en todos los casos evaluados, del efecto sobre la mortalidad de la grana cochinilla de las diferentes plantas evaluadas con la adición del detergente.

Y aunque se incrementó la concentración (de 10% a 15%), la albahaca no tuvo el efecto esperado, en ninguno de los dos tratamientos evaluados (respecto a las pruebas preliminares) teniendo en ambos casos, bajos porcentajes de mortalidad.

Por lo que de los extractos evaluados, sólo dos son los que tienen potencial para ser usados en el control de la grana cochinilla, el extracto de menta y el de ruda, adicionados con el detergente como emulsificante para potencializar el efecto sobre la mortalidad de la grana cochinilla.

7. Conclusiones

- De los extractos vegetales a los que se les adicionó el detergente, el de menta fue con el que se obtuvo el mayor porcentaje de mortalidad de la grana cochinilla, pues la adición del detergente como emulsificante potencializa la acción de los extractos evaluados.
- De los extractos vegetales a los que no se les adiciono detergente, el que tuvo el mayor porcentaje de mortalidad fue el de ruda.
- La combinación detergente más el extracto potencializa el efecto en la mortalidad de *Dactylopius* sp.

8. Literatura citada

- Alonso J. 2004. Tratado de fitofármacos y nutracéuticos. 10 ed. Editorial Corpus. Argentina. 1037 p.
- Alzate D., G. Mier, L. Afanador, D. Durango y C. García. 2008. Evaluación de la fitotoxicidad y la actividad antifúngica contra *Colletotrichum acutatum* de los aceites esenciales de tomillo (*Thymus vulgaris*), limoncillo (*Cymbopogon citratus*) y sus componentes mayoritarios. Revista de la Facultad de Química Farmacéutica 16:116-125.
- Badii M.H. y A.E. Flores. 2001. Prickly pear cacti pests and their control in México. Florida Entomologist 84:503-505.
- Berenbaum M. 1989. North American ethnobotanicals as sources of novel plant-based insecticides. In: Arnason J.T., B.J.R Philogéne and P. Morand (Eds.). Insecticides of plant origin. American Chemical Society. Washington. 11-24 p.
- Brogdon G.W. y J.C. McAllister. 1998. Insecticide resistance and vector control. Emerging. Infectious. Diseases. 4:605-613.
- Callejas-Juárez N., J. Matus-Gardea, J. García-Salazar, M. Martínez-Damián y J. Salas-González. 2009. Situación actual y perspectivas de mercado para la tuna, el nopalito y derivados en el estado de México, 2006. Agrociencia 43:73-82.
- Campos M. y C. Llanderal. 2003. Producción de grana cochinilla *Dactylopius coccus* (Homoptera:Dactylopiidae) en invernadero. Agrociencia 37:149-155.
- Carballo M. y F. Guharay. 2004. Control biológico de plagas agrícolas. Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza (CATIE). Nicaragua. 217 p.
- Cárdenas E., L. Lugo y A. Rozo. 2010. Efecto tóxico del extracto acuoso de *Ruta graveolens* L. (Rutaceae) sobre larvas de *Anopheles albimanus* Wiedemann, 1820 y *Culex quinquefasciatus* Say, 1823 (Diptera: Culicidae), en condiciones experimentales. Entomotropica 25:11-18.
- Cardoso-Ugarte G. y M. Sosa-Morales. 2012. Propiedades del aceite esencial de albahaca (*Ocimum basilicum*) y sus aplicaciones en alimentos. Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos 6:54-65.
- Cervantes M. 2005. Plantas de importancia económica en zonas áridas y semiáridas de México. Universidad de Sao Paulo. Anais do X Encontro de Geógrafos da América Latina. 3388-3407 p.

- Chávez-Moreno C., A. Tecante, A. Casas y L. Claps. 2011. Distribution and habitat in Mexico of *Dactylopius* Costa (Hemiptera: Dactylopiidae) and their cacti hosts (Cactaceae: Opuntioideae). *Neotropical Entomology* 140:62-71.
- Cortez-Rocha M., F. Wong, J. Borboa, O. Hoyos y M. González. 1990. Utilización de plantas silvestres del estado de Sonora como alternativa para control del insecto *Rhizopertha dominica* f. en Trigo. pp 20-32. In: Memorias del XXV Congreso Nacional de Entomología. Oaxaca. México.
- Cruz-Reyes L. y J.M. Pickering-López. 2006. Chagas disease in Mexico: an analysis of geographical distribution during the past 76 years. A Review *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz*, 101:345-354.
- Cuéllar M. y F. Morales. 2006. La mosca blanca *Bemisia tabaci* (Gennadius) como plaga y vectora de virus en frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Colombiana de Entomología* 32:1-9.
- Cuevas-Salgado M., F. Castañeda-Templos y C. Romero-Nápoles. 2015. Aceites vegetales comestibles como alternativa de control para cochinilla silvestre del nopal *Dactylopius opuntiae* Cockerell (Hemiptera: Dactylopiidae), bajo condiciones de campo. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Entomología* 1:64-74.
- Escobar A., C. Molina y G. Zapata. 2013. Comparación de la actividad acaricida entre *Ocimum basilicum*, *Coriandrum sativum* y *Thymus vulgaris* contra el acaro *Tetranychus urticae*. Tesis de licenciatura. Universidad Politécnica Salesiana. Ecuador. 128p.
- Estrada S. 2010. Determinación de la actividad antibacteriana *in vitro* de los extractos de romero (*Rosmarinus officinalis*) y tomillo (*Thymus vulgaris*). Tesis de licenciatura. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador. 87p.
- Fauci S.A. 1998. New and reemerging diseases: The importance of biomedical research. *Emerging Infectious Diseases* 4:374-378.
- Gallegos C. y S. Méndez. 2000. La tuna: criterios y técnicas para su control comercial. Universidad Autónoma Chapingo. México. 163p.
- Gallegos V.C., R.D. Valdez-Cepeda, M. Barron, A.F. Barrientos, J.A. Agustín y R. Nieto. 2006. Caracterización morfológica de 40 cultivares de nopal de uso como hortaliza del banco de germoplasma del CRUCEN UACH. *Revista Chapingo* 12:41-49.

- García C., A. Martínez, J. Ortega y F. Castro. 2010. Componentes químicos y su relación con las actividades biológicas de algunos extractos vegetales. *Revista Química Viva* 2:86-96.
- García-Gutiérrez C., R. Gómez-Peraza, C. López y A. León-Váldez. 2012. Insecticidas biorracionales para el control de mosquitos y moscas negras en Sinaloa. *Ra Ximhai* 8:47-55.
- García-Gutiérrez C. y M. González-Maldonado. 2013. Síntesis sobre el uso de bioinsecticidas y otros agentes de control biológico de plagas en México. *Vedalia* 14:35-42.
- González L. 2011. Efectos del aceite esencial y extractos acuosos de *Eucalyptus gomphocephala* sobre la germinación y el crecimiento de arvenses. Tesis de Maestría. Universidad Politécnica de Valencia, España. 42p.
- González M., L. Romero y J. Seeligman. 2003. Evaluación de cuatro extractos botánicos (ruda *Ruta graveolens*, ajo *Allium sativum*, achiote *Bixa Orellana*, y tomatillo *Lycopersicum esculentum* Miller Var.), como una fuente alternativa para el control de las bacterias más frecuentes en los procesos de mastitis en el ganado bovino en el departamento de San Vicente. Tesis de Licenciatura. Universidad de El Salvador, El Salvador. 81p.
- Hernández A. 2013. Trips *Neohydatothrips opuntiae* (Hood) que daña al nopal tuna en la región del Valle de Teotihuacán, estado de México. Tesis de doctorado. Colegio de Postgraduados, México. 101p.
- Jiménez-Alonso A., M. Rodríguez-Mendiola, P. López de Alba, L. López, F. Gutiérrez-Miceli y C. Arias-Castro. 2012. Efecto de macronutrientes en la acumulación de (-) mentol en el aceite esencial de menta (*Mentha piperita* L.) cultivado *in vitro* e invernadero. *Gayana Botánica* 69:101-108.
- Juárez C. 2010. Fertilización orgánica e inorgánica en la producción y calidad de aceites esenciales en manzanilla, menta y tomillo. Tesis de doctorado. Colegio de Postgraduados, México. 107p.
- Lagunés A. 1984. Empleo de sustancias vegetales contra plagas del maíz como una alternativa al uso de insecticidas en áreas de temporal. Informe del Proyecto Cooperativo PROAF-CONACyT-PCAFBNA-001299 CONACyT-CP-UACH-INIA-DGSV. Chapingo, México. 162 p.
- Linares M. y Pérez J. 2007. Elaboración artesanal de extractos acuosos a base de ruda para el control de larvas del *Aedes aegypti*. *Revista Científica Juvenil* 6:119-130.

- Márquez-Berber S., C. Torcuato-Calderón, G. Almaguer-Vargas, M. Colinas-León y A. Gardezi. 2012. El sistema productivo del nopal tunero (*Opuntia albicarpa* y *O. megacantha*) en Axapusco, estado de México. Problemática y alternativas. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 18:81-93.
- Mena-Covarrubias J. 2004. Manejo integrado de plagas del nopal: Una propuesta para tomar mejores decisiones de control. *El Nopal. Tópicos de Actualidad.* Universidad Autónoma Chapingo/ Colegio de Postgraduados. 125-140 p.
- Mena-Covarrubias J. 2010. Alternativas de control biológico de plagas del nopal. *Revista Salud Pública y Nutrición (RESPYN)* 5:93-108
- Méndez C. 2013. Producción de albahaca, *Ocimum basilicum* L. en ambiente protegido con diferentes marcos de plantación. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur, México. 47 p.
- Mendoza G. 2013. Tratamiento nomenclatural del cultivares de *Opuntia* Mill. (Cactaceae) de la región de Las Pirámides, Estado de México, México. Tesis de maestría. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México. 166 p.
- Millán C. 2008. Las plantas: una opción saludable para el control de plagas. *Red de Acción en Plaguicidas y sus Alternativas para América Latina.* Uruguay. 101 p.
- Millán M. 2013. Efecto de tres plantas con propiedades insecticidas para el control de cochinilla silvestre (*Dactylopius opuntiae*) plaga del nopal (*Opuntia* spp.). Tesis de licenciatura. Universidad de Guadalajara, México. 50p.
- Neveda G. 2010. Establecimiento de un proceso de obtención de extracto de ruda (*Ruta graveolens*), con alto contenido de polifenoles. Tesis de licenciatura. Escuela Politécnica Nacional. Ecuador. 118p.
- Olmedo R., G. Orellana y A. Tenas. 2003. Elaboración de una loción repelente a partir de los extractos y aceites esenciales de *Ocimum micranthum* (albahaca) y *Cymbopogon nardus* (citronella). Tesis de licenciatura. Universidad de El Salvador, El Salvador. 124p.
- Orlita, A. y M. Sidwa-Gorycka. 2008. Effective biotic elicitation of *Ruta graveolens* L. shoot cultures by lysates from *Pectobacterium atrosepticum* and *Bacillus* sp. *Biotechnology Letters* 30:541-5.
- Palacios-Mendoza C., R. Nieto, Hernández, C. Llanderal-Cazares y H. González - Hernández. 2004. Efectividad biológica de productos biodegradables para el control de la cochinilla silvestre *Dactylopius opuntiae* (cockerell) (Homoptera: Dactylopiidae). *Acta Zoológica Mexicana* 20:99-106.

- Pascual-Villalobos G., M.C. Ballesta-Acosta y A. Soler. 2004. Toxicidad y repelencia de aceites esenciales en plagas de almacén del arroz. *Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas* 30:279-286.
- Pérez A. 2011. Estímulos físicos y químicos que intervienen en la fijación de las ninfas de *Dactylopius opuntiae*. Tesis de maestría. Instituto Politécnico Nacional, México. 77p.
- Pérez F., J. Martínez y A. Aragón. Sin año de publicación. Manejo agroecológico del cultivo de nopal tuna con extractos vegetales en San Sebastián Villanueva, Puebla. 6p.
- Pérez S., M. Cuen y R. Becerra. 2001. Nocheztli: el insecto rojo carmín. *CONABIO. Biodiversitas* 36:1-8.
- Pimienta-Barrios E. 1992. El nopal (*Opuntia* spp.): una alternativa ecológica productiva para las zonas áridas y semiáridas. En: agricultura sostenible. Un enfoque ecológico, socioeconómico y de desarrollo tecnológico. Instituto interamericano de cooperación para la agricultura (IICA). México. 91-99 p.
- Pimienta E. 1997. El nopal en México y el mundo. *Cactáceas*. CONABIO, SEMARNAT, UNAM, México. 143 pp.
- Pino C., G. Silva, R. Hepp y F. Venegas. 2007. Eficacia de Peak Plus en el control de *Caliroa cerasi* (Hymenoptera: Tenthredinidae). *Ciencia e Investigación Agraria* 34:23-29.
- Ramírez J., M. Gómez, J. Cotes y C. Ñústez. 2010. Efecto insecticida de los aceites esenciales de algunas lamiáceas sobre *Tecia solanivora* Povolny en condiciones de laboratorio. *Agronomía Colombiana* 28:255-263.
- Reyes-Agüero J.A., J.R. Aguirre-Rivera y F. Carlin. 2004. Análisis preliminar de las variedades morfológicas de 38 variantes mexicanas de *Opuntia ficus indica* (L.) Miller. En: Esperanza G., R Valdez y J. Méndez (Eds.). *El Nopal. Tópicos de actualidad*. Universidad Autónoma de Chapingo y Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. pp. 21-47.
- Ringuelet J., M. Urrutia, R. Yordaz y C. Henning. 2012. Actividad insecticida y repelente de aceites esenciales de laurel y lemongrass sobre *Bremisia tabaci*. *Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas* 38:353-360.
- Ripa R. y F. Rodríguez. 1998. Manejo integrado de plagas en cítricos y uva de mesa. *Revista Chile Agrícola* 23:214-219.
- Rodríguez-Leyva E., J.R. Lomeli-Flores y J. Romero-Napoles. 2008. *Bothrideres cactophagi* Schwartz (Coleoptera: Bothrideridae) parasitoide del picudo del

nopal en Milpa Alta. D.F. XXXI Congreso Nacional de Control Biológico SMCB A.C. 19-21 de noviembre, Zacatecas, ZAC. 316-319.

- Romero B., A. Flores, E. Santamaria, J. Salazar, M. Ramírez y A. Pedroza. 2006. Identificación, biología y adaptación de la cochinilla silvestre *Dactylopius opuntiae* (Homóptera:Dactylopiidae) a las condiciones ambientales de Bermejillo, Durango. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas* 5:41-48.
- Ruiz-Machuca M., S. Ramírez Alarcón, M. Palomares-Pérez, E. Rodríguez-Leyva y H. Brailobsky. 2009. Nuevos registros de *Hesperolabops nigriceps* Reuter (Hemiptera: Miridae) en el oriente del Estado de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 4:627-630.
- Sáenz C. y H. Berger. 2006. Utilización agroindustrial del nopal. *Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO (Food & Agriculture Organization)*. Italia. 186 p.
- SIAP, SAGARPA. 2014. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). México. Página en red: <http://www.siap.sagarpa.gob.mx>; (consultado: 15 enero 2016).
- Silva G., A. Lagunes y J. Rodríguez. 2003. Control de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) con polvos vegetales solos y en mezcla con carbonato de calcio en maíz almacenado. *Ciencia e Investigación Agraria* 30:153-160.
- Tayupanta V. 2012. Control *in vitro* de botrytis (*Botrytis cinérea*), mildiu (*Bremia lactucae*) y esclerotinia (*Sclerotinia sclerotiorum*) en lechuga (*Lactuca sativa*), usando extractos de cola de caballo (*Equisetum arvense*), ortiga (*Urtica dioica*), ruda (*Ruta graveolens*) y tomillo (*Thymus vulgaris*). Tesis de Licenciatura. Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito, Ecuador. 141p.
- Torres A. 2002. Cultivo *in vitro* de ruda (*Ruta graveolens*), toronjil (*Melissa officinalis*) y cedrón (*Aloysia tryphilla*). Tesis de Licenciatura. Universidad Austral de Chile. 118p.
- Torres-Castillo J., E. Sánchez-González, R. Torres-Acosta, A. Blanco-Labra y C. Mondragón-Jacobo. 2012. Aspectos fisiológicos de algunas plagas de *Opuntia* con perspectivas hacia su control. *RESPYN* 4:101-108.
- Turner G., J. Gershenzon y R.B. Croteau. 2000. Distribution of peltate glandular trichomes on developing leaves of peppermint. *Plant Physiology* 124:655-663.

- Trujillo A. 2008. Determinación de la actividad alelopática de extractos vegetales sobre *Lactuca sativa*. Universidad Tecnológica de Pereira. 87 p.
- Vanegas J. 2009. Dinámica poblacional de *Dactylopius opuntiae* y sus enemigos naturales en Tlalnepantla, Morelos. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados, México. 110p.
- Vázquez-García M., S. Garabito-Espinoza, J. Tabares-Vega y G. Castillo-Herrera. 2011. Essential oils from aromatic plant species and insecticidal effects on *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) (Homoptera: Dactylopiidae) in mobile juveniles. *Acta Horticulturae* (International Society for Horticultural Science) 894:215-223.
- Vázquez-Luna A., L. Pérez-Flores y R. Díaz-Sobac. 2007. Biomoléculas con actividad insecticida: una alternativa para mejorar la seguridad alimentaria. *Sociedad Mexicana de Nutrición y Tecnología de los Alimentos (SOMENTA)* 5:306-313.
- Vigueras A. 2006. Avances en el control de cochinilla silvestre (*Dactylopius* spp.) con insecticidas vegetales bajo condiciones semi-controladas. *Boletín Nakari*, 17:92–93.
- Vigueras A., J. Cibrían-Tovar y C. Pelayo-Ortiz. 2009. Use of botanicals extracts to control wild cochineal (*Dactylopius opuntiae* Cockerell) on cactus pear. *Acta Horticulturae* (International Society for Horticultural Science) 811:229-234.
- Villavicencio M. y B. Pérez-Escandón. 2010. Plantas tradicionalmente usadas como plaguicidas en el estado de Hidalgo, México. *Polibotanica* 30:193-238.
- Vizoso A., A. Ramos, A. Villaescusa, M. Decalo y J. Betancourt. 1997. Estudio genotóxico *in vitro* e *in vivo* en tinturas de *Melissa officinalis* (toronjil) y *Mentha piperita* (toronjil de menta). *Revista Cubana de Plantas medicinales* 2:6-11.
- Wesseling C., A. Aragón, L. Castillo, M. Corriols, F. Chaverri, E. De la Cruz, M. Keifer, P. Monge, T. Partanen, C. Ruepert y B. Van Wendel de Joode. 2003. Consideraciones sobre plaguicidas peligrosos en América Central. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología* 68:7-18.
- Zavaleta-Mejía E. 1999. Alternativas de manejo de las enfermedades de las plantas. *Tierra* 17:1-7.

GLOSARIO

Alelopatía: cualquier proceso que involucre metabolitos secundarios producidos por las plantas, microorganismos, virus y hongos que influyen en el crecimiento y desarrollo de sistemas agrícolas y biológicos.

Biodegradable: materia susceptible de sufrir descomposición por la actividad de las bacterias, de hongos y protozoarios.

Detergente: producto limpiador que contiene mezclas de surfactantes desarrollados a partir de productos petroquímicos y oleoquímicos (a partir de distintos aceites y grasas).

Emulsificante: es una sustancia que ayuda en la mezcla de dos sustancias que normalmente son poco miscibles o difíciles de mezclar.

Extracto vegetal: es un preparado que permite extraer de las plantas determinadas sustancias útiles, las cuales pueden tener diferentes efectos (fortificantes, control de enfermedades o plagas).

Infestar: invadir un lugar con alguna cosa perjudicial, especialmente animales o plantas.

Inocular: introducir por medios artificiales alguna sustancia en un organismo.

Plaguicida: o pesticida son todos aquellos productos químicos, naturales o sintéticos, que se emplean para controlar la vida de animales y plantas; son todas las sustancias que se utilizan para controlar las plagas en general.

Plaguicida organosintético: su estructura química contiene carbono pero mediante un procedimiento industrial se le integran elementos del petróleo.

Surfactante: Compuesto químico capaz de reducir la tensión superficial del líquido en el que se disuelva. Normalmente los surfactantes son agentes orgánicos anfifílicos.

Turgencia: presión ejercida por los fluidos y por el contenido celular sobre las paredes de la célula.