

Cuernavaca, Morelos a 17 de febrero de 2021

**DRA. DULCE MARÍA ARIAS ATAIDE**  
**DIRECTORA GENERAL DE SERVICIOS ESCOLARES**  
**P R E S E N T E.**

Por este conducto, los catedráticos suscritos comunicamos a Usted, que hemos revisado el documento que presenta el Pasante de Biólogo: **José Carlos Cobix Herrera**, con el título del trabajo: **EVALUACIÓN DE ACEITES VEGETALES NATURALES PARA EL CONTROL POBLACIONAL DE COCHINILLA SILVESTRE DEL NOPAL *Dactylopius opuntiae* EN LABORATORIO.**

En calidad de miembros de la comisión revisora, consideramos que el trabajo reúne los requisitos para optar por la Modalidad de Titulación de **Trabajo de Desarrollo Profesional por Etapas**, como lo marca el artículo 33° del Reglamento de Titulación Profesional vigente de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

**A T E N T A M E N T E**  
***Por una humanidad culta***

**JURADO REVISOR**

**FIRMA**

PRESIDENTE: DR. ROGELIO OLIVER GUADARRAMA

\_\_\_\_\_

SECRETARIO: DR. ISAAC TELLO SALGADO

\_\_\_\_\_

VOCAL: M. EN C. MARIA IDALIA CUEVAS SALGADO

\_\_\_\_\_

SUPLENTE: M. EN C. MARIA EUGENIA BAHENA GALINDO

\_\_\_\_\_

SUPLENTE: DR. FRANCISCO JAVIER SOTELO RIVERA

\_\_\_\_\_



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

### Sello electrónico

**ROGELIO OLIVER GUADARRAMA | Fecha:2021-02-17 23:51:50 | Firmante**

ONKez8DE8k8Mzil9WVYPZ+ByhVOpzsXMi7Yj5yvHzEnma3PxLgu8ldumF+OCOLB0TG3bQDEByITswoyvvWzgdRfKJumfCADUjIAKe/JKix06t5K7Eu84xfO9phERBgp9uJx5dNtcmrrs0oCeTMZkN49uQAHN62/Jq4x2rBJ7I62QwQTdf5Fug4NAZfISbMplmd0AWMX6D4zTOSghLRI7tnsiaTm1gwe7la5f5Ou6EoeZDnsxSyWaotz1yZQYfJzyFLa6u6S64nSHjRYx9LaHapyAlbv8PsQkVxYFeCt2TJ4Dmzx0OdBFpg0yq2cUHJagEFTmARolXhnuV8PFMGmJkuw==

**MARIA IDALIA CUEVAS SALGADO | Fecha:2021-02-18 20:28:57 | Firmante**

YGLCXG8LNwVhuxyrlX51r6ffPnkJp5P1a7ao6tmHqkyptGlcxCU2JPrU3P4+A3y/WVYYBjs9s3/AKzBmCpvs12LSq792wRivzI6tkFQXySq0qrvN/hWovhijBCr87isOedU0n1eU/nlmeG/MCv5nLPBu9VvtaSYHGII3qA8tdHIUdS54Tvu0xBPk9RZ/Yuxmxbbrm8mWzKSG3JSPJtjKkLY9HG1J8sX7S+yywReRkL5SpwdkH44rHqze/rxEL/as6ABQNLX67O86PnGEXy7QHuybvsnuxWChmUvzgy4n+50GBZV8TVmqfqiPKiBy3WHme/LxVfEPcZc/ac7/w==

**MARIA EUGENIA BAHENA GALINDO | Fecha:2021-02-18 22:56:24 | Firmante**

QmU2zW2FNfTefush0ebWD1tohg4BIKZROikSmB65ZWLv1Xe9PhWU0+iv5RZbe0T5BEOpV4epyYeWQIFmnlDRUVi7VEP9yKUVo17WJNOZDIRsk6iHtJyjDQvdlZu8fVl6ePvXCule1AQgrdvUK/eOUers9SWnhd66jLdPp9zDNM4QoxrXiDc39zKcc1yTylLiWPlbYlihwIRx0N7YoPax+cP2lj9+zIRh97/fbaCUV++ZM16q1cdLa7bEGhn+1oZZUmy9+BOUWk0PTsFo2vp8JF3TxEe/IMkiGzbFYkoV0wN9JrUdSX/uUOe+1jZ8Sr1VHIRJe6Csq6xy9KWCmQ==

**FRANCISCO JAVIER SOTELO RIVERA | Fecha:2021-02-20 00:59:06 | Firmante**

ac4Ah6RmtLBbyoPF9m9kqH7Tb7IlcjSTunLcYIOzMjtSWJbOOKEjDToGwndOLKffSLwToloJ9sRZ2a+3mxFv90uKbdA2Zl6X8/w6/uHISsZTd553YE6vlfB4ThP4D50r3EHyrHi/+wWyzcUPbuLulYATjyt50cQq28jgcmBBcDLJWH5DAJTcauRQHx061zNxWrbADDKU33htgZLMzupAScAdmSdEL/TH8Pqy3NvNbrQoQIMMD2B1NhSW/NUwdyocGq17MiHAMwB/w3UK7tSZllr3T93cjFdbKHToF0yJYkdwySL9wZ37Vnk6EUHzXHKqmd57TJ/v8cA+wnHjKhg==

**ISAAC TELLO SALGADO | Fecha:2021-02-21 21:49:37 | Firmante**

ag5CYVVfzP8mHONeRhhgRX2gNY9kQrKiCbJPFn0w8noXgjlQhGQEuDQ7Vw/cPZGyf4w22QgRmLG2T6+OzfGvBuXIM1BxmfYHzaHAU181LoyuDPKjgd3vERvRZ5I/Prc5n9rK/8a9zZGaplJtXrT/Hg6ljqp9kAehx2VntMlxwdWI7Sjr+0yuEfrFm6o9NbmYndoZHJpPclMDgaiijMF0XTnwcSG/gwnw9nrHcb/c6O1+jKIC8Lb6UdYgS6j5SKM48q1kvrDSAHNkvMQaGK9DUXE+NEfBkMdVr5ViB0Y/6oYrnVxw7tD5U7IEsQhz/6Kf/R3mQH5SyqmcX9gUxllMg==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



yhkUjA

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/7Sj2KcARBdAJBVCJT3dt5jGFzzq6tF1>





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

**EVALUACIÓN DE ACEITES VEGETALES NATURALES PARA  
EL CONTROL POBLACIONAL DE COCHINILLA SILVESTRE  
DEL NOPAL *Dactylopius opuntiae* EN LABORATORIO**

**TESIS PROFESIONAL POR ETAPAS**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**B I Ó L O G O**

**P R E S E N T A:**

**JOSÉ CARLOS COBIX HERRERA**

**DIRECTORA: M. en C. MARÍA IDALIA CUEVAS SALGADO.**

**CUERNAVACA, MORELOS**

**ENERO, 2021**

# CONTENIDO

<b>ÍNDICE DE CUADROS</b>	ii
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	ii
<b>RESUMEN</b>	iii
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	1
1.1 Hipótesis	3
1.2 Objetivo general	3
1.3 Objetivos particulares	3
<b>II. ANTECEDENTES</b>	4
2.1 El género <i>Opuntia</i>	4
2.2 Clasificación y descripción botánica	5
2.3 Producción en México	7
2.4 Plagas y enfermedades	8
2.5 Distribución del género <i>Dactylopius</i>	9
2.6 <i>Dactylopius opuntiae</i>	9
2.6.1 Biología	10
2.6.2 Características morfológicas	12
2.7 Métodos de control	15
2.7.1 Control químico	15
2.7.2 Control cultural y mecánico	16
2.7.3 Control genético	17
2.7.4 Control biológico	17
2.7.5 Alternativas de control para <i>D. opuntiae</i>	17
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	20
3.1 Obtención de cladodios	20
3.2 Determinación y dosificación de tratamientos	20
3.3 Desarrollo experimental	21
3.4 Análisis estadístico	22
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	22
4.1 Ninfas	22
4.2 Análisis estadístico para ninfas	23
4.3 Hembras	29
4.4 Análisis estadístico para hembras	29
4.5 Conclusiones	34
4.6 Perspectivas	35
<b>V LITERATURA CITADA</b>	36

## ÍNDICE DE CUADROS

1. Valores de mortalidad obtenidos en ninfas	23
2. Ordenación y agrupamientos de Duncan para dosis de 1 ml	24
3. Ordenación y agrupamientos de Duncan en dosis de 2 ml	24
4. Ordenación y agrupamientos de Duncan con dosis de 4 ml	26
5. Ordenación y agrupamientos de Duncan para dosis de 6 ml	26
6. Valores de mortalidad obtenidos por los tratamientos	29
7. Ordenación y agrupamientos de Duncan a dosis de 1 ml	30
8. Ordenación y agrupamientos de Duncan para dosis de 2 ml	30
9. Ordenación y agrupamientos de Duncan con dosis de 4 ml	31
10. Ordenación y agrupamientos de Duncan para dosis de 6 ml	31

## ÍNDICE DE FIGURAS

1. Nopal verdura <i>Opuntia ficus-indica</i>	6
2. Principales países productores de nopal verdura	7
3. Ciclo biológico de <i>Dactylopius opuntiae</i>	11
4. Huevecillos de <i>D. opuntiae</i>	12
5. Ninfa I en su fase móvil y fija	13
6. Ninfa II	14
7. Colonias maduras de <i>D. opuntiae</i>	14
8. Morfología de <i>D. opuntiae</i> hembra	15
9. Macho de <i>D. opuntiae</i>	15
10. Comportamiento de mortalidad en ninfas	26
11. Comportamiento de mortalidad en hembras	32
12. Comparativo de mortalidad entre ninfas y hembras adultas	33

## RESUMEN

En México se cultivan alrededor de 12,500 ha de nopal verdura, siendo los estados con mayor superficie el Distrito Federal, Morelos, Estado de México, Baja California y Tamaulipas, entre otros. En Morelos, Tlalnepantla es el municipio más importante con una superficie cultivada de 2,382 ha y producción anual de 235,800 toneladas. Una de las limitantes en su producción es el ataque por plagas, destacando por los daños que causa la cochinilla silvestre del nopal *Dactylopius opuntiae*, que ocasiona clorosis en cladodios y frutos con su consecuente caída, pudiendo llegar a matar a la planta y favorecer la infección por patógenos. Ante la problemática, los agricultores fumigan con plaguicidas no autorizados para nopal a fin de controlar la plaga, generando aumento en los costos de producción y contaminación. En este contexto, la investigación aborda la utilización de aceites vegetales comestibles como alternativa de control para cochinilla silvestre del nopal. La investigación se llevó en condiciones controladas ( $26 \pm 2^\circ\text{C}$  y  $\text{HR } 50 \pm 5\%$ .) evaluando los aceites nuevos de maíz, soya y oliva. Se utilizaron en suspensión a dosis de 1, 2, 4 y 6 ml, en una formulación que incluyó 0.4 g de detergente en polvo en 125 ml de agua corriente. Para descartar su influencia en el experimento, se incluyó como un tratamiento más conteniendo únicamente 0.4 g de detergente en 125 ml de agua. Con respecto al testigo absoluto, únicamente se utilizó agua corriente. Se manejó un diseño estadístico completamente al azar con tres repeticiones. Para obtener las unidades experimentales se cortaron los cladodios en secciones, procurando que cada una contuviera 10 colonias de cochinilla silvestre. Las aplicaciones se llevaron a cabo con atomizadores manuales, con total de dos aplicaciones de cada tratamiento, al inicio del experimento y 48 horas después. El conteo de mortalidad en ninfas (I y II) y hembras adultas se realizó a las 96 horas posteriores a la última aplicación. Los resultados en ninfas fueron estadísticamente significativos para todas las dosis evaluadas, existiendo una relación directa entre dosis y mortalidad; es decir, a mayor dosis mayor mortalidad. El tratamiento más importante en ninfas fue el aceite de maíz que provocó 100% de mortalidad a dosis de 6 ml. Le siguieron el aceite de oliva y soya con la misma dosis, ambos con mortalidad de 95.5%, todos comparados con el testigo que sólo alcanzó 2.2% de mortalidad. En hembras adultas, los análisis estadísticos fueron significativos para todas las dosis. El tratamiento más destacado fue el aceite de soya con mortalidad de 93.3% a dosis de 6 ml, en tanto que con menor efectividad se presentó el detergente con 63.3%.

## I. INTRODUCCIÓN

Se considera que la distribución y domesticación del género *Opuntia* ocurrió en el centro y sur de México, representando actualmente un importante renglón en la economía nacional y mundial (Bravo, 1978; Sáenz *et al.*, 2006). Su cultivo genera empleos y divisas, además, es fuente importante de alimento (en fresco) con un amplio rango de usos. Por ejemplo, debido a sus propiedades curativas es ampliamente utilizado en la medicina tradicional; en la industria es ingrediente importante para la elaboración de jabones, champús, lociones, pigmento (hospedero de grana cochinilla), fibras dietéticas, dulces, cosméticos y bebidas como cerveza, entre otros (Flores y Ramírez, 1995; Sáenz *et al.*, 2006; Viguera, 2008; Andrade y Rivadeneira, 2010).

El cultivo de nopal (*Opuntia spp.*) se desarrolla en todas las zonas agrícolas de México, la superficie nacional registrada para éste es de 12,500 ha, siendo los estados con mayor área destinada a su cultivo el Distrito Federal, Morelos, Estado de México, Baja California, Tamaulipas, Jalisco, San Luis Potosí, Zacatecas, Michoacán y Aguascalientes (SIAP, 2012; Hernández *et al.*, 2019). En el Estado de Morelos, son cuatro los municipios que dedican más superficie a su producción: Tepoztlán, Tlalnepantla, Tlayacapan y Totolapan. De ellos, Tlalnepantla es el municipio con más participación en la producción de la verdura, con una superficie cultivada de 2,382 ha y una producción anual de 235,800 toneladas, con la participación de más de 700 productores bajo el régimen de pequeña propiedad (Financiera Rural, 2011; SAGARPA, 2012).

Una de las limitantes en la producción de nopal verdura en México es el ataque por plagas. De estas destaca por los daños que causa la cochinilla silvestre del nopal *Dactylopius opuntiae* (Cockerell, 1929) (Delgadillo *et al.*, 2008), que ocasiona clorosis en cladodios y frutos con su consecuente caída; inclusive, puede llegar a matar la planta y favorecer la infección por patógenos, todo ello generando cuantiosas pérdidas económicas (González *et al.*, 2001). Por otra parte, la cochinilla silvestre se considera competidora de la grana fina (*Dactylopius coccus* Costa, 1835) que se utiliza para obtener colorantes naturales (Pérez *et al.*, 2010). Ante la problemática, los agricultores optan por fumigar con plaguicidas no autorizados para nopal a fin de controlar la plaga,

teniendo por consecuencia el aumento en los costos de producción y contaminación ambiental, además de severas intoxicaciones por mal manejo (Palacios *et al.*, 2004; Viguera, 2008).

Ante la problemática expuesta, la presente investigación aborda la utilización de aceites vegetales comestibles como una alternativa de control para la cochinilla silvestre del nopal, logrando con ello una reducción en los costos de producción; además de favorecer la presencia de la entomofauna benéfica y minimizar el impacto contaminante del control químico en suelo y mantos freáticos.

## **1.1 Hipótesis**

El empleo de aceites vegetales comestibles, representa una alternativa de control para la cochinilla silvestre del nopal *D. opuntiae*.

## **1.2 Objetivo general**

Evaluar bajo condiciones de laboratorio, el efecto de mortalidad de diferentes aceites vegetales sobre estados inmaduros y adultos de la cochinilla silvestre del nopal.

## **1.3 Objetivos particulares**

- a). Evaluar los aceites vegetales de maíz, soya y oliva a dosis de 1, 2, 4 y 6 ml por aplicación.
- b). Evaluar la mortalidad de ninfas I y II de *D. opuntiae* por la aplicación de aceites vegetales.
- c). Determinar el efecto de los tratamientos en hembras adultas de cochinilla silvestre del nopal.

## II. ANTECEDENTES

### 2.1 El género *Opuntia*

La familia de las cactáceas incluye plantas originarias del continente americano, agrupando cerca de 125 géneros y más de 2000 especies (SAGARPA, 2008). De ellas, el género *Opuntia* es el más representativo para México con más de 200 especies, considerado como uno de los países de origen del nopal con 114 especies. Han tenido un papel importante en población mexicana desde tiempos prehispánicos, y aún en la actualidad en el ámbito económico, social, cultural y alimenticio (Bravo, 1978). Existen evidencias donde se muestra que los nopales fueron cultivados desde 500 años antes de nuestra era, por lo que México fue un importante centro de domesticación de este género (Bravo y Scheinvar, 1995).

El aprovechamiento del nopal es diverso, siendo los más extendidos el ser utilizado como alimento humano, forraje, conservación de suelos y con fines medicinales (Bravo y Scheinvar, 1995; Reynolds y Arias, 2003; Andrade y Rivadeneira, 2010). Con respecto a su utilidad medicinal, en la literatura se menciona su vigencia no solo en México y toda América, sino también en continentes lejanos como Australia y África (Domínguez, 2009; INEGI, 2013). En cuanto a su utilidad como forraje, su uso se extiende además de América al continente africano y europeo, ya que en las zonas áridas o semiáridas es la única fuente accesible de agua para el ganado durante la época de sequía (López *et al.*, 2003). El nopal para consumo humano está representado en la mayoría de los países por el fruto; no obstante, en México también son consumidos como verdura los cladodios jóvenes o tiernos conocidos como nopalitos (Flores y Ramírez, 1995; Bensadón *et al.*, 2010).

Existen algunos otros usos del nopal menos conocidos, tal es el caso de las semillas de tuna que quedan después de la elaboración de dulces y bebidas, las cuales se muelen y se usan como forraje para cerdos, aunque también se puede utilizar como sustituto de la semilla de calabaza para la elaboración del mole de pipián (Bravo y Scheinvar, 1995). La baba de las pencas se emplea como anticorrosivo, adherente, pegamento y para preparar paredes donde se pintan murales. Se aprovechan como cercas vivas para delimitar propiedades y los frutos de algunas especies son utilizados

para la obtención de colorantes; en tanto que los cladodios machacados y revueltos con lodo, se destinan a la fabricación de adobe. (Bravo y Scheinvar, 1995).

Actualmente en farmacología el nopal se utiliza como hipoglucemiante. Es la planta más comúnmente usada para el control de la glucosa, ya que tiene un alto contenido de fibra soluble y pectinas, que pueden afectar favorablemente la absorción de glucosa a nivel intestinal, por lo que se considera un hipoglucemiante. En estudios realizados en animales, reportan que decrece la glucosa postprandial en efecto sinérgico con la insulina (Torres *et al.*, 2015). Además de lo anterior, es importante mencionar su utilidad como planta de ornato, cuya imagen se ha plasmado en instrumentos musicales, códices, ropa, joyería, muebles, cerámica, altares y otros artículos, incluso en la bandera mexicana como símbolo distintivo (Valle, 1997; González *et al.*, 2001).

## 2.2 Clasificación y descripción botánica

La clasificación taxonómica de las *Opuntia* es complicada, debido a que la mayoría de los sistemas de clasificación contienen errores en conceptos de género y especie generando mucha sinonimia. Por otra parte, su origen reciente las hace estar en una fase activa de evolución y por tanto de diferenciación (Reyes, 2005; Scheinvar *et al.*, 2011). Sin embargo, la clasificación del nopal verdura más común (Fig. 1), de acuerdo a la SAGARPA (2012) es la siguiente.

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Caryophyllales

Familia: Cactaceae

Subfamilia: Opuntioideae

Tribu: Opuntiae

Género: *Opuntia*

Especie: *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill., 1768.



Figura 1. Nopal verdura *Opuntia ficus-indica* (Paredes, 2014).

El nopal verdura presenta numerosos tallos modificados denominados cladodios (conocidos como “paletas” o “pencas”). Tienen forma ovoide, elíptica u oblonga; alcanzan una longitud de 33-60 cm y 18-25 cm de ancho; son aplanados, con un grosor de 1.8 a 2.3 cm; color verde pálido a oscuro, con o sin espinas dependiendo de la variedad. Los cladodios están unidos unos a otros formando numerosas ramificaciones que pueden llegar a alcanzar una altura de 3 a 5 m. Además, se posicionan de tal forma para aprovechar al máximo la luminosidad, por lo que los cladodios que crecen en invierno tienen una orientación diferente de los que crecen durante el verano (Sudzuki *et al.*, 1993; Granados y Castañeda, 1996; Reyes *et al.*, 2005).

Sobre ambas caras del cladodio hay yemas (areolas), que tienen la capacidad de desarrollar nuevos cladodios, flores y raíces dependiendo de las condiciones ambientales. Las areolas presentan en su cavidad espinas de dos tipos: unas pequeñas agrupadas en gran número (conocidas como gloquidios), y otras grandes que son hojas modificadas. Los cladodios desarrollados tienen de 52 a 69 areolas por cara. La epidermis de la tuna está cubierta de una gruesa cutícula que la protege de una amplia gama de insectos, patógenos y evita la deshidratación provocada por altas

temperaturas. Además, es de color blanquecina, lo que permite reflejar gran parte de la radiación evitando el calentamiento excesivo del vegetal, el cual tolerar temperaturas de hasta 60°C (Sudzuki *et al.*, 1993; Granados y Castañeda, 1996; Reyes *et al.*, 2005).

La cutícula está interrumpida por la presencia de estomas que permanecen cerrados durante el día para evitar la deshidratación. Los tallos se lignifican con el tiempo y pueden llegar a transformarse en verdaderos tallos leñosos, agrietados y de color ocre blancuzco a grisáceo (Granados y Castañeda, 1996; Reyes *et al.*, 2005; Sáenz *et al.*, 2006; Álvarez, 2007).

### 2.3 Producción en México

México es el principal país con mayor diversidad y producción de nopal en el mundo. Como cultivo se distribuye en todos los estados de la República Mexicana. La superficie nacional registrada es de 12,500 ha, siendo las ubicaciones con mayor área destinada al mismo el Distrito Federal (4,331 ha); los estados de Morelos (367,826 ha), México (869.50 ha), Jalisco (736.50 ha), Tamaulipas (642.48 ha), Baja California Norte (613.75 ha), San Luis Potosí (432 ha) y Zacatecas (347.50 ha) (Financiera Rural, 2011; SIAP, 2012, 2013; Hernández *et al.*, 2019). Se tiene una producción nacional anual de nopales de 810,939 toneladas, con valor de producción de 569 millones (SIAP, 2013; Hernández *et al.*, 2019). En el entorno mundial, México es considerado como el principal productor de nopal verdura, seguido de China y Estados Unidos (Fig. 2) (SAGARPA, 2013).

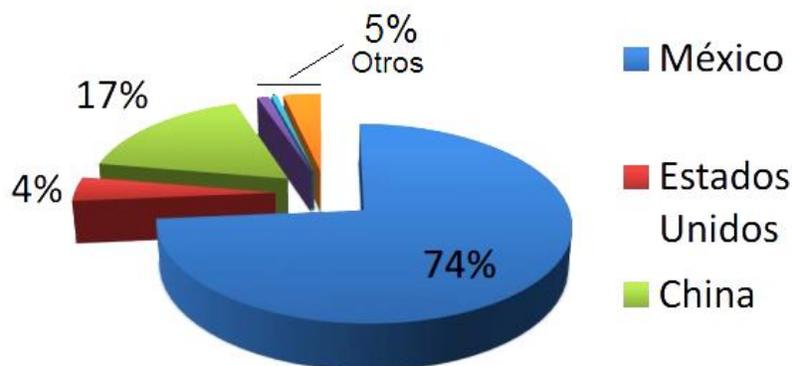


Figura 2. Principales países productores de nopal verdura (SAGARPA, 2013).

De las especies cultivadas más utilizadas se encuentran las siguientes. Para producción de nopal verdura se tiene a *Opuntia robusta*, *O. leucotricha* y *O. ficus indica*; para obtención de tuna se utiliza *O. ficus indica*, *O. amyclaea*, *O. joconostle*, *O. megacantha* y *O. streptacantha*. Algunas de las empleadas para producción de forraje son *O. robusta* y *O. leucotricha*, en tanto que para la producción de grana cochinilla *O. ficus indica* y *O. cochenillifera* (Financiera Rural, 2011).

## 2.4 Plagas y enfermedades

El nopal es afectado por insectos fitófagos que generan pérdidas al productor. Se reconocen alrededor de 15 plagas de importancia económica (Vigueras, 2008), de ellas destaca el picudo barrenador *Cactophagus sphinnolae* (Coleoptera: Curculionidae). Los adultos de esta plaga aparecen en mayo, son de color negro con dos manchas rojas en la parte anterior del protórax, dos bandas de color naranja en los élitros y llegan a medir entre 2.3 y 2.6 mm de longitud (Vargas *et al.*, 2008). Picudo de las espinas *Cylindrocopturus biradiatus* (Coleoptera: Curculionidae), cuyos adultos son de color obscuro con una mancha dorsal en forma de cruz con longitud es de 4 a 4.5 mm y cochinilla silvestre del nopal *Dactylopius opuntiae* (Hemiptera: Dactylopiidae), considerada como una de las plagas más importantes en zonas productoras de nopal (Vargas *et al.*, 2008; Venegas *et al.*, 2010; Mena, 2011).

Adicionalmente se menciona a la chinche gris *Chelenidia tabulata* (Hemiptera: Coreidae), chinche roja *Hesperolabops nigriceps* (Hemiptera: Miridae), (gusano cebra *Olycella nephelepasa* (Lepidoptera: Pyralidae), gusano blanco *Lanifera cyclades* (Lepidoptera: Pyralidae), gallinaciega *Phyllophaga* spp. (Coleoptera: Scarabaeidae), trips *Sericotrips opuntiae* (Thysanoptera: thripidae), araña roja *Tetranychus urticae* (Arachnida: Prostigmata: Tetranychidae), gusano de alambre *Diabrotica* spp. (Coleoptera: Chrysomelidae) y caracol *Helix aspersa* (Gastropoda: Pulmonata: Helicidae), entre otras (Vargas *et al.*, 2008; INEGI, 2013).

Con respecto a enfermedades, el género *Opuntia* es afectado por hongos como la mancha negra (*Pseudocercospora opuntiae*), que forma manchas que atraviesan la penca y posteriormente la parte afectada se hunde ocasionando pérdidas de hasta un

100% y el mal del oro (*Alternaria* y *Hanstordia*), así como por la bacteria que provoca la pudrición suave (*Erwinia carotovora carotovora*) (Méndez *et al.*, 2008; INEGI, 2013). Dentro del grupo de hongos que afectan al cultivo de la tuna se pueden mencionar a *Phytophthora* sp., *Armillaria* sp. y *Alternaria* sp. La primera causa una enfermedad conocida como “pudrición húmeda”. Ataca a la tuna cuando existen heridas, aunque los daños no son mayores (Méndez *et al.*, 2008).

## **2.5 Distribución del género *Dactylopius***

Los insectos del género *Dactylopius* y sus anfitriones de cactus *Opuntia nopalea*, *Cylindropuntia* y *Grusonia*, son endémicas del continente americano (Chávez *et al.*, 2011). Las interacciones entre estos insectos y los cactus fueron conocidas y utilizadas durante siglos por los habitantes mesoamericanos precolombinos, de los cuales los cactus eran alimento y las cochinillas una fuente de colorante (Chávez *et al.*, 2011).

El rango de distribución de *Dactylopius opuntiae* es muy amplio, estando presente en los 5 continentes infestando a más de 36 especies de opuntia (Portillo, 2008). En México, la cochinilla silvestre se encuentra distribuida prácticamente en todo el país, sus principales hospederos son los nopales, teniendo como favoritos al complejo *Opuntia ficus-indica*, pero también se hospeda en otras especies de opuntia, lo que indica que posee una alta capacidad de adaptación (Portillo, 2008).

La especie ha sido introducida erróneamente a varios países ampliando su rango de distribución, debido al interés por obtener ácido carmínico, pigmento de amplio uso en la industria, por lo que ha sido llevada por error a diversas regiones del mundo en lugar de la grana fina (*Dactylopius coccus* Costa), insecto típico productor de este pigmento (Portillo, 2008).

## **2.6 *Dactylopius opuntiae***

De acuerdo con Venegas (2009) y Myers *et al.* (2014) la familia Dactylopiidae posee un solo género, que cuenta con 10 especies dentro de las que se encuentra la cochinilla silvestre de la grana, cuya taxonomía actual es la siguiente.

Reino: Animal

Phylum: Arthropoda

Subphylum: Atelocerata

Clase: Insecta

Orden: Hemiptera

Suborden: Stenorrhyncha

Superfamilia: Coccoidea

Familia: Dactylopiidae

Género: *Dactylopius*

Especie: *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) 1929; De Lotto, 1974

### 2.6.1 Biología

*D. opuntiae* presentan un tipo de metamorfosis inmediata; es decir, entre la considerada simple o hemimetábola y la llamada metamorfosis completa u holometábola (Venegas, 2008). Los machos adultos exhiben un marcado dimorfismo sexual y difieren de las hembras además en su ciclo de vida (Gullan y Kosztarab, 1997). Mientras que las hembra presenta tres estadios: huevo, ninfa (I y II) y adulto, los machos pasan por cinco que son: huevo, ninfa (I y II), prepupa, pupa y adulto (Gullan y Kosztarab, 1997; Flores *et al.*, 2006).

El desarrollo de los individuos de ambos sexos inicia con la emergencia de las larvas caminadoras, que se dispersan en la superficie del nopal hasta que se fijan por su estilete, el cual atraviesa la cutícula del cladodio hasta alcanzar un vaso floemático (ninfa I móvil). Una vez fija, la ninfa secreta ceda en forma de filamento (ninfa I fija), siendo a partir de este momento en donde el desarrollo es diferente en ambos sexos (Gullan y Kosztarab, 1997; Romero *et al.*, 2006).

Los machos realizan una muda para generar una ninfa II y posteriormente forman capullos donde se realiza la metamorfosis, de la cual resultan machos alados y sexualmente maduros, los que días después copulan y mueren. En contraste, las hembras sufren dos mudas más: en la primera se generan las ninfas II y en la segunda las hembras adultas, sin pasar por etapa de pupa. Éstas copulan y forman huevecillos

que se desarrollan en su interior. Al término de su ciclo, las hembras dan a luz a las ninfas caminadoras (Fig. 3) (Gullan y Kosztarab, 1997; Romero *et al.*, 2006).

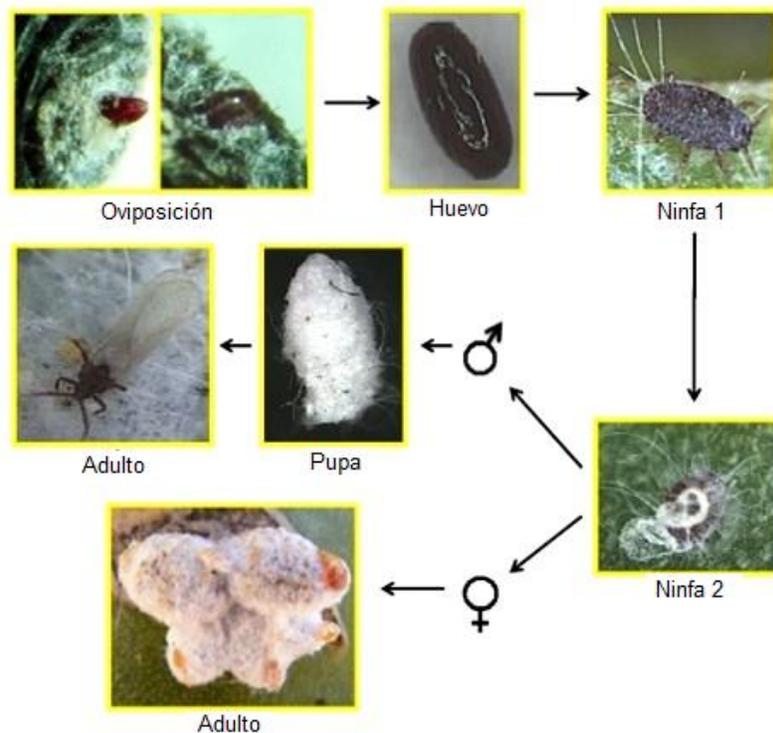


Figura 3. Ciclo biológico de *Dactylopius opuntiae* (Pérez, 2011).

El viento es su principal forma de dispersión, pero está restringida al estadio de ninfa móvil (Moran *et al.*, 1982; Foxcroft y Hoffmann, 2000). Las adaptaciones en esta etapa morfológica favorecen la dispersión de ninfas hembra, las que esperan las corrientes de viento para ser transportadas. Para éste propósito poseen sedas dorsales más largas que los machos, permitiéndoles planear y permanecer más tiempo en el aire, incrementando de esta manera la probabilidad de encontrar un nuevo hospedero (Moran *et al.*, 1982).

Las ninfas que darán origen a machos no requieren el viento, pues poseen un fototropismo negativo y suelen completar su desarrollo sobre de las hembras adultas, aprovechando la protección de la cera (Moran *et al.*, 1982; Portillo, 1992). Su pequeño tamaño facilita que varios machos pupen encima de una sola hembra; no obstante, al emerger solo poseen un par de alas con poca venación que pueden utilizar para desplazarse y buscar nuevas hembras (Portillo, 1992). Proporcionalmente nacen menos

machos que hembras, se dirigen solo a ellas para copular de 2 a 3 días y después mueren, ya que por tener el aparato bucal atrofiado no pueden alimentarse. Una vez fecundada la hembra, retiene los huevos hasta que eclosionan las ninfas, las cuales son tan pequeñas que es difícil observarlas a simple vista. Estas abandonan el cuerpo de su madre para buscar la parte más succulenta y tierna del nopal, donde clavan su estilete y quedan fijas para el resto de su vida (Portillo, 1992).

### 2.6.2 Características morfológicas

Una característica de *Dactylopius* es la producción de una sustancia del grupo de las antraquinonas conocida como ácido carmínico, que está presente en la hemolinfa y músculos del insecto en todas sus etapas de su desarrollo (Eisner *et al.*, 1980; Rodrigo *et al.*, 2010). Los huevecillos son ovoides de color rojo brillante y se encuentran dispersos entre la masa algodonosa de cera de la hembra, con dimensiones de  $0.3 \pm 0.01$  mm de largo por  $0.5 \pm 0.01$  mm de ancho (Fig. 4) (Eisner *et al.*, 1980; Rodrigo *et al.*, 2010).



Figura 4. Huevecillos de *D. opuntiae* (Rodrigo *et al.*, 2010).

El primer estadio ninfal o ninfa I presenta una longitud de 0.7 mm, consta de dos fases: móvil y fija. En la etapa móvil es de color rojo oscuro con patas y antenas más claras y ojos negros. Después de la eclosión comienzan a producir cera quedando el insecto cubierto por polvo y filamentos céreos blancos, estos últimos dispersos en su parte dorsal que progresivamente van creciendo en longitud (Fig. 5) (Rodrigo *et al.*, 2010).



Figura 5. Ninfa I en su fase móvil (A) y fija (B) (Rodrigo *et al.*, 2010).

En la segunda etapa ninfal los organismos han duplicado su tamaño y son de color rojo oscuro brillante. Las exuvias son blancas y triangulares que quedan adheridas inicialmente al cuerpo (Fig. 6). En este estado también se producen filamentos céreos pero más cortos y finos, en machos suele ser menos abundantes que en hembras. Al final del estadio los machos comienzan a producir abundantes filamentos alrededor de su cuerpo formando un capullo. Las hembras empiezan a producir filamentos de cera rizados y se agrupan formando grupos de cera, es decir, masas algodonosas debajo de las cuales se encuentran varias hembras juntas (Fig. 7) (Rodrigo *et al.*, 2010).



Figura 6. Ninfa II (Rodrigo *et al.*, 2010).



Figura 7. Colonias maduras de *D. opuntiae* (Castañeda, 2016).

Las hembras adultas poseen un cuerpo oval con antenas cortas de 7 segmentos, patas cortas y carecen de alas. Tienen una longitud promedio de 6.24 mm y en su cuerpo se observan los segmentos abdominales fuertemente marcados, formando pliegues que se extenderán según la hembra vaya creciendo. Colonizan los cladodios y se fijan con su aparato chupador, pasan toda su vida en el mismo lugar succionando la savia (Fig. 8). El macho presenta dos pares de alas; cabeza, tórax y abdomen bien diferenciados y visibles (lo que no se aprecia en hembras). Miden alrededor de 2 mm de longitud, son de color rojo con alas blanca y muestran dos filamentos en la punta del abdomen (Fig. 9) (Portillo y Venegas, 2002; Rodrigo *et al.*, 2010; Hernández, 2014).

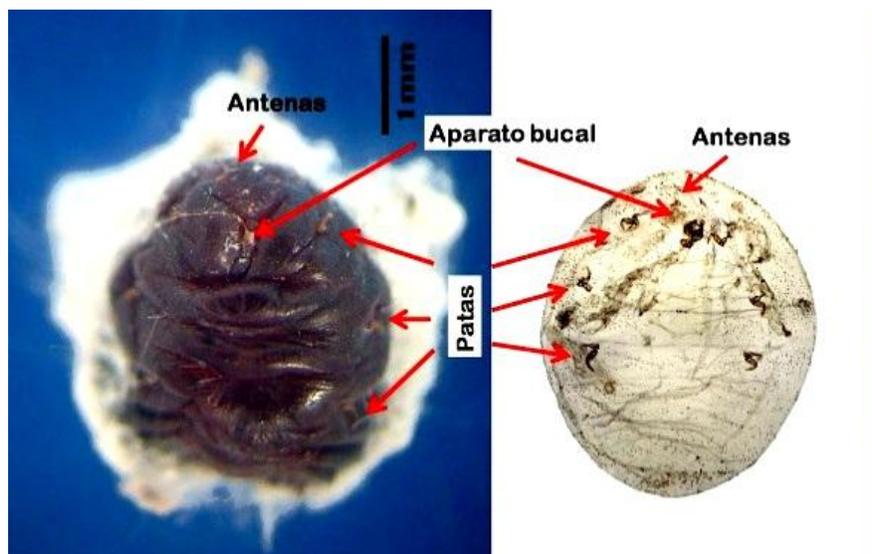


Figura 8. Morfología de *D. opuntiae* hembra (Venegas, 2012).



Figura 9. Macho de *D. opuntiae* (Rodrigo *et al.*, 2010).

## 2.7 Métodos de control

### 2.7.1 Control químico

Oficialmente no existen para México productos químicos autorizados para plagas de nopal (Cofepris, 2013). No obstante, en la práctica son diversos los insecticidas utilizados, por ejemplo para el caso particular de la grana cochinilla se recomiendan productos de amplio espectro como malatión, paratión metílico clorpirifos, triclorfón, carbaril y cipremetina, entre muchos otros (Badii y Flores, 2001; Monroy, 2010). También se recomiendan bioinsecticidas para otro tipo de plagas como en gallina ciega (*Pyilophaga* spp.) y gusano blanco *Laniifera cyclades*, donde se sugiere el empleo de hongos entomopatógenos como *Beauveria bassiana* o *Metarhizium anisopliae*, solo por mencionar algunos (Monroy, 2010).

Como resultado de las aplicaciones sin control, se tiene por ejemplo el caso reciente de alerta emitida por el departamento de Salud Pública del Estado de California en los Estados Unidos, el cual publicó en su sitio web una nota advirtiendo sobre el consumo de nopal proveniente de México, particularmente de los estados de Morelos y Baja California. En ésta, el Departamento de Regulación de plaguicidas de California señalaba la presencia de pesticidas, específicamente del monocrotofos en los nopales importados del cual detectaron 5.8 ppm, plaguicida prohibido en este país desde 1989 (SENASICA, 2014).

### **2.7.2 Control cultural y mecánico**

Como control cultural se recomienda seleccionar las pencas para evitar sembrar plantas con infestación de insectos (Delgadillo *et al.*, 2008). Es importante eliminar las malas hierbas que compiten con el cultivo por el espacio, agua, luz y nutrientes. Se deben realizar podas sanitarias con el objetivo de eliminar las pencas dañadas por plagas y enfermedades. Eliminar pencas entrecruzadas que sirvan de refugio a las mismas, así como retirar las pencas podadas de la huerta, picarlas y/o sepultarlas para evitar que sean reservorios de plagas y enfermedades (SAGARPA, 2006).

Con respecto al control mecánico, se debe realizar cuando comienza el ataque de la plaga; por ejemplo, se sugiere quitar las hembras o colonias algodonosas mediante un barrido con una escoba o cepillo de cerdas firmes. De igual manera pueden removerse con un cepillo de cerdas suaves, un paño húmedo o una mota de algodón empapada en alcohol o aceite vegetal, aunque también se puede utilizar agua a presión para retirar las colonias de la cochinilla (Sanidad Vegetal, 2004a; INEGI, 2013).

### **2.7.3 Control genético**

Solo existe la evidencia de diferencias nutrimentales entre especies y variedades de nopal. Basado en esto, en Brasil se plantea la búsqueda de variedades resistentes a la infestación de cochinilla de nopal, en donde hasta el momento solo dos variedades presentan cierta resistencia a la infestación por *Dactylopius opuntia* (Venegas, 2009).

### **2.7.4 Control biológico**

Venegas en el 2008, señala que los depredador más abundantes en cultivo de nopal en el estado de Tlaxcala son *Leucopis bellula* (Diptera: Chamaemyiidae) y *Sympherobius barberi* (Neuroptera: Hemerobiidea). Más recientemente, Venegas *et al.* en 2010 reporta las siguientes especies: *Leucopis bellula* (Chamaemyiidae), *Hyperaspis trifurcata* y *Chilocorus cacti* (Coccinellidae), *Sympherobius barberi* y *S. angustus* (Hemerobiidae), *Laetilia coccidivora* (Pyralidae) y *Salpingogaster cochenillivorus* (Syrphidae). Por otra parte y también considerado como control biológico, se ha probado con éxito el hongo *Bauveria bassiana* (Sanidad Vegetal, 2004b).

### 2.7.5 Alternativas de control para *D. opuntiae*

Ante la problemática expuesta en torno al control de cochinilla silvestre, se han desarrollado varias investigaciones que intentan ofertar otras opciones de control, tales como el uso de diversos productos que pretenden coadyuvar a la solución del problema, algunos de los cuales se reseñan a continuación.

Palacios *et al.* (2004) reportan la evaluación de dos productos biodegradables, un detergente de uso doméstico (Roma) y otro clasificado como producto misceláneo Peak Plus contra ninfas de estadio I, II y hembras adultas de la cochinilla silvestre *D. opuntiae* en condiciones de laboratorio. Para su aplicación utilizaron la aspersión dirigida a cladodios, en tanto que las concentraciones probadas para ambos productos fueron 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0 y 6.0%; además se evaluó el efecto de una aplicación repetida de las concentraciones comprendidas de 0.5 a 3.0% sobre las mismas etapas de desarrollo. Observaron una mayor susceptibilidad de ninfas I, teniendo una mortalidad cercana al 50% con 5% del detergente Roma, mientras que las ninfas II y hembras adultas fueron más susceptibles al Peak Plus, lográndose un control cercano al 50% con las concentraciones de 1.5 y 3.0%, respectivamente. En la aplicación repetida, el efecto mayor se observó en hembras adultas para ambos productos.

Suassuna *et al.* (2008) evaluaron algunos extractos botánicos para el posible control de la cochinilla silvestre (*D. opuntiae*) plaga del nopal *Opuntia ficus indica*, bajo condiciones ambientales en el nordeste de Brasil. Ensayaron cinco tratamientos: Cempasúchil + Tween 20, Santa María + SLS, Santa María + Tween 20, mezcla de Cempasúchil + Tween 20 y Santa María + SLS, y por último Santa María + Tween 20. Realizaron tres aplicaciones con intervalos semanales, obteniendo como resultado la muerte de los insectos en todos los tratamientos, mismos que presentaron una textura pastosa y poco fluida, aunque la infestación volvió a aparecer ya que los extractos vegetales no presentan acumulación residual.

Viguera (2008) evaluó bajo condiciones de campo, la efectividad de algunos productos comerciales y extractos vegetales para el control de la cochinilla de la grana. Las formulaciones comerciales fueron Azatin, Truplex y Align, Tween 20, SLS y

PANODAN, y los extractos vegetales de Santa María, Cempasúchil, Menta, Epazote, Hierbabuena, Albahaca, Agrobion y un testigo con agua desionizada y cuadyuvante BIONEX. La mortalidad registrada en la población de cochinilla fue altamente significativa con mortalidad mayor al 90% para los tratamientos de Cempasuchil, SLS, Twee 20, Santa María mezclados con Twee 20 y Epazote con emulsificante PANODAN.

Vigueras y colaboradores (2009) evaluaron bajo condiciones de laboratorio los extractos vegetales de *Chenopodium ambrosioides* L., *Mentha piperita* L., *Mentha viridis* L., *Tagetes erecta* L. y *Tagetes florida* en combinación con emulsificantes (Teew 20, SLS, CITRIM, PANODAN) y un insecticida de uso comercial (Agrobion 4000), las dosis para la aplicación fueron 3% y 10% de extractos botánicos y del insecticida respectivamente. Se evaluó la mortalidad en estadio I, II y adultos. Los resultados demostraron que los extractos vegetales en combinación con Teew 20 fueron más efectivos en ninfas del estadio II con 82 a 90% de mortalidad, el efecto fue deshidratación y obstrucción de los espiráculos que les causo asfixia, en ninfas de estadio I y adultos la mortalidad fue de 30%.

Pérez *et al.* (2010) en la localidad de san Sebastián Villanueva, Puebla, realizaron la aplicación de un extracto vegetal en un sembradío de nopal tunero contra de *D. opuntiae*. La planta seleccionada para las aplicaciones fue el chicalote (*Argemone mexicano*). Realizaron seis aplicaciones, tres de extracto vegetal y tres de jabón, tomando como parámetros la presencia y ausencia de cochinilla, demostrando que los tratamientos con chicalote presentaban menor infestación en comparación del tratamiento con jabón y testigo.

Ramírez *et al.* (2011) evaluaron seis productos (BIODI®e, Progranic® Nimicide 80®, Progranic® Cinnacar® y Ultralux® S) a base de extractos vegetales a tres dosis (1, 2 y 3 litros por hectárea), un producto comercial designado por la SAGARPA contra *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) en el cultivo de nopal (Impide®) y un testigo absoluto. El trabajo se realizó en el municipio de Tlalnepantla, Morelos. Las dosis se evaluaron en tres fechas: 4, 11 y 18 de mayo del 2011. En sus resultados señalan que en la primera evaluación no se observaron diferencias significativas entre tratamientos, pero en la

segunda y tercera si hubo diferencias significativas. El mejor tratamiento fue BIODI®e a dosis de 3 litros por hectárea con una eficacia de 50% en la tercera evaluación.

En otra investigación desarrollada por Camacho (2015) específicamente con aceites vegetales sobre poblaciones de *D. opuntiae*, refiere que los aceites comestibles reciclados (quemados) pueden representar un instrumento de control para ninfas I, II y hembras adultas en cultivo de nopal. El ensayo lo realizó en condiciones controladas utilizando un diseño estadístico completamente al azar con tres repeticiones, evaluando seis tratamientos incluyendo el testigo (solo agua). Los aceites evaluados fueron de soya, olivo, canola, maíz y cártamo.

Los resultados de su investigación indicaron que en ninfa I los tratamientos estadísticamente más destacados fueron el aceite de maíz con mortalidad de 25.61% (1223 ninfas muertas) y aceite de oliva con 21.84% (1043), en comparación al testigo que registró 1.27% (61 individuos). Para ninfas II también el aceite de maíz fue el tratamiento más destacado con mortalidad de 24.03% (324 individuos), siguiéndole en importancia el aceite de soya con 22.4% (302 individuos), ambos comparados con el testigo que obtuvo únicamente 4.97% (67 individuos). En hembras adultas, los tratamientos estadísticamente más sobresalientes correspondieron al aceite de soya y canola, con mortalidad de 21.31% equivalente a 217 individuos, porcentaje superior al obtenido por el testigo (6.97 % = 71 individuos muertos).

Un estudio similar al anterior pero en condiciones de campo y utilizando tanto aceites vegetales nuevos y reciclados, Castañeda (2016) evaluó contra la misma plaga e instares los aceites quemados de canola, oliva, soya, cártamo y maíz, y aceites nuevos de oliva y canola. La formulación de sus tratamientos (suspensión) incluyó 4 ml de aceite y 0.4 g de detergente en polvo en 125 ml de agua. Utilizó un diseño estadístico de bloques completamente al azar con cuatro repeticiones. Cada bloque quedó representado por una planta de nopal y la repetición de cada tratamiento estuvo conformada por un cladodio o unidad experimental.

En sus resultados concluye que en ninfas los tratamientos estadísticamente más destacados fueron el aceite de oliva nuevo con densidad poblacional de 2.6% (51

individuos) y el de oliva quemado con 4.5% (88 individuos), esto en comparación al testigo que registró 26.6% (494 individuos). Desde el punto de vista de la reducción poblacional, reporta que los tratamientos prometedores fueron el aceite de oliva nuevo que redujo la población de ninfas en 89.6% y el de oliva quemado en 82.1%. A estos le siguieron en importancia el aceite de canola nuevo con 78.5%, maíz quemado 77.3%, canola quemado 72.8% y cártamo quemado 72.4%.

En hembras adultas con base en las pruebas estadísticas, determinó como tratamiento más destacado al aceite de oliva nuevo con densidad poblacional de 3.7% (74 individuos). Con menor efectividad le siguió el aceite de oliva quemado 6.6% (132 individuos), canola quemado 8.2% (165) y soya quemado 8.4% (169 individuos), tratamientos superiores al testigo que presentó 10.2% (204 individuos). Considerando que el único tratamiento prometedor fue el aceite de oliva nuevo, que redujo la población de hembras adultas en 63.8%, ello estimando la población del testigo como 100%.

### **III MATERIALES Y MÉTODOS**

La investigación se llevó a cabo bajo condiciones controladas ( $26 \pm 2^{\circ}\text{C}$  y humedad relativa de  $50 \pm 5\%$ ), en el insectario del Laboratorio de Entomología del Centro de Investigaciones Biológicas de la UAEM.

#### **3.1 Obtención de cladodios**

Los individuos de *D. opuntiae* utilizados en el experimento se colectaron en cactáceas del Género *Opuntiae* sembrados en el campo experimental de la UAEM. Para ello se seleccionaron 10 cladodios que mostraran una alta incidencia de la plaga, mismos que fueron transportados al laboratorio de entomología del CIB.

#### **3.2 Determinación y dosificación de tratamientos**

Tomando como base las investigaciones desarrolladas por Camacho (2015) y Castañeda (2016), quienes evaluaron aceites vegetales comestibles contra *D. opuntiae*, en la presente investigación se emplearon los aceites nuevos de maíz, soya y oliva. Los tratamientos se utilizaron en suspensión con diferentes cantidades de aceite. Las dosis

que se evaluaron fueron de 1, 2, 4 y 6 ml, cada una de ellas en una formulación que incluyó 0.4 g de detergente en polvo en 125 ml de agua corriente. El detergente adicionado a la fórmula tuvo por función disminuir la tensión superficial del preparado, permitiendo una mejor suspensión del aceite. Por tanto, para descartar su influencia en el experimento, se incluyó como un tratamiento más conteniendo únicamente 0.4 g de detergente en 125 ml de agua. Con respecto al testigo absoluto, únicamente se utilizó agua corriente.

### **3.3 Desarrollo experimental**

Se manejó un diseño estadístico completamente al azar con tres repeticiones, evaluando 14 tratamientos incluyendo el testigo (Reyes, 1985; Díaz, 2009). Para obtener las unidades experimentales se cortaron los cladodios en secciones, procurando que cada una de estas contuviera 10 colonias de cochinilla silvestre. Posteriormente se etiquetaron con el nombre del tratamiento y número de repetición, colocándose sobre bolsas de polietileno para realizar las aplicaciones de los tratamientos, las cuales se llevaron a cabo con atomizadores manuales (uno para cada tratamiento).

Es importante destacar que se revisaron 10 colonias al azar (diferentes a las utilizadas en experimento), para tener un estimado del número de ninfas y hembras adultas por colonia. Se determinó que en cada colonia (por su reducido tamaño) se encontraban de 29 a 32 ninfas y de 28 a 31 hembras. Por tanto, con fines comparativos en la etapa de resultados, se consideró que una colonia representativa contenía una media de 30 ninfas y 30 hembras. Lo anterior se llevó a cabo de esta manera, debido a que era imposible revisar las colonias destinadas al experimento, ya que al intentar levantar la capa algodonosa para contabilizar organismos, era muy probable que fueran dañados en el proceso.

En general, para aplicar los productos se midieron con una pipeta 2 ml del tratamiento que correspondiera (2 ml de agua para el caso del testigo), vaciándose en el atomizador y aplicando inmediatamente sobre la superficie del cladodio, tratando de impregnar perfectamente las colonias de cochinilla. En total se llevaron a cabo dos

aplicaciones de cada tratamiento, una al inicio del experimento y la otra 48 horas después.

Para determinar la efectividad, se efectuó el conteo de mortalidad en ninfas (I y II) y hembras adultas de cada unidad experimental a las 96 horas posteriores a la última aplicación. Los parámetros utilizados para establecer la mortalidad de individuos fueron: detectar desecación o deformación en los organismos, cambio de coloración y la no emanación de hemolinfa al tocar con un alfiler la cutícula del insecto. Todas las observaciones se llevaron a cabo con la ayuda de un microscopio estereoscópico, aplicando los mismos parámetros de determinación para el testigo.

### **3.4 Análisis estadístico**

En el análisis estadístico de resultados se utilizó al Paquete Estadístico XLSTAT Versión 7.5.2. para EXCEL desarrollado por Addinsoft (1995–2004). Las pruebas utilizadas comprendieron: análisis de varianza y comparación múltiple de medias de Duncan, todas con intervalo de confianza del 95%. Los análisis se desarrollaron individualmente para cada etapa de desarrollo y dosis.

## **IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1 Ninfas**

En este apartado se presenta el Cuadro 1, que detalla la mortalidad obtenida por cada tratamiento en sus diferentes repeticiones, así como en las diversas dosis evaluadas durante la investigación. Tomando como base esta información, se desarrollaron los análisis estadísticos descritos a continuación.

Cuadro 1. Valores de mortalidad obtenidos en ninfas.

ETAPA DE DESARROLLO	TRATAMIENTO	MORTALIDAD			TOTAL
		REPETICIÓN			
		1	2	3	
Ninfas	Maíz 1 ml	16	17	15	48
	Maíz 2 ml	16	18	17	51
	Maíz 4 ml	26	30	30	86
	Maíz 6 ml	30	30	30	90
	Oliva 1 ml	13	8	20	41
	Oliva 2 ml	15	22	25	62
	Oliva 4 ml	22	26	25	73
	Oliva 6 ml	30	29	27	86
	Soya 1 ml	11	10	13	34
	Soya 2 ml	12	13	19	44
	Soya 4 ml	25	22	27	74
	Soya 6 ml	30	27	29	86
	Detergente 1ml	3	9	6	18
	Detergente 2 ml	9	9	15	33
	Detergente 4 ml	15	15	18	48
	Detergente 6 ml	21	30	30	81
	Testigo	1	0	1	2

## 4.2 Análisis estadístico para ninfas

### Ninfas 1 ml

El análisis de varianza para esta dosis reveló diferencias significativas entre tratamientos ( $F= 11.728$ ,  $Pr>F= 0.001$ ), en tanto que la comparación múltiple de medias de Duncan señala igualdad estadística entre aceites de maíz y oliva y en menor proporción con soya, ya que éste comparte similitud con el detergente y este a su vez con el testigo (Cuadro 2). Se concluye que los mejores tratamientos para esta dosis fueron el aceite de maíz (48 ninfas muertas) y oliva (41), en comparación al testigo (2).

Cuadro 2. Ordenación y agrupamientos de Duncan para dosis de 1 ml.

Tratamientos	Media	Agrupamientos		
Maíz 1 ml	16.000	A		
Oliva 1 ml	13.667	A		
Soya 1 ml	11.333	A	B	
Detergente 1 ml	6.000		B	C
Testigo	0.667			C

### **Ninfas 2 ml**

Al igual que en el caso anterior, el análisis de varianza indicó diferencias significativas entre tratamientos ( $F= 16.213$ ,  $Pr>F= 0.000$ ). Sin embargo, en contraste con el cuadro precedente, Duncan ubica al aceite de oliva en primer lugar (62 muertas), pasando a segundo término el de maíz (51) debido a que tiene más semejanza con soya y detergente, pero todos diferentes al testigo (Cuadro 3).

Cuadro 3. Ordenación y agrupamientos de Duncan en dosis de 2 ml.

Tratamientos	Media	Agrupamientos		
Oliva 2 ml	20.667	A		
Maíz 2 ml	17.000	A	B	
Soya 2 ml	14.667	A	B	
Detergente 2 ml	11.000		B	
Testigo	0.667			C

### **Ninfas 4 ml**

A dosis de 4 ml el análisis de varianza detectó diferencias significativas ( $F= 96.793$ ,  $Pr>F= 0.0001$ ), y la comparación de medias de Duncan solo juzga al aceite de maíz como único tratamiento diferente por tener la media más alta (Cuadro 4), que se traduce en una mortalidad de 86 ninfas. Asimismo, da igualdad estadística a los aceites de soya y oliva (74 y 73 respectivamente), considerando a estos tres diferentes al detergente y testigo.

Cuadro 4. Ordenación y agrupamientos de Duncan con dosis de 4 ml.

Tratamientos	Media	Agrupamientos
Maíz 4 ml	28.667	A
Soya 4 ml	24.667	B
Oliva 4 ml	24.333	B
Detergente 4 ml	16.000	C
Testigo	0.667	D

**Ninfas 6 ml**

Finalmente se llega a la última dosis evaluada en ninfas que corresponde a 6 ml. En ella los estadísticos apuntan a diferencias significativas entre tratamientos ( $F= 73.594$ ,  $Pr>F= 0.0001$ ). No obstante, a diferencia de los casos anteriores, Duncan agrupa a todos con igualdad estadística por contar con medias muy cercanas y extremadamente alejadas del tratamiento control; es decir, todos los tratamientos fueron diferentes al testigo (Cuadro 5).

Cuadro 5. Ordenación y agrupamientos de Duncan para dosis de 6 ml.

Tratamientos	Media	Agrupamientos
Maíz 6 ml	30.000	A
Soya 6 ml	28.667	A
Oliva 6 ml	28.667	A
Detergente 6 ml	27.000	A
Testigo	0.667	B

Para complementar la información estadística, a continuación se presenta una gráfica que detalla y contrasta el comportamiento de los tratamientos y sus respectivas dosis (Figura 10), evidenciando de igual manera la efectividad de las mismas.

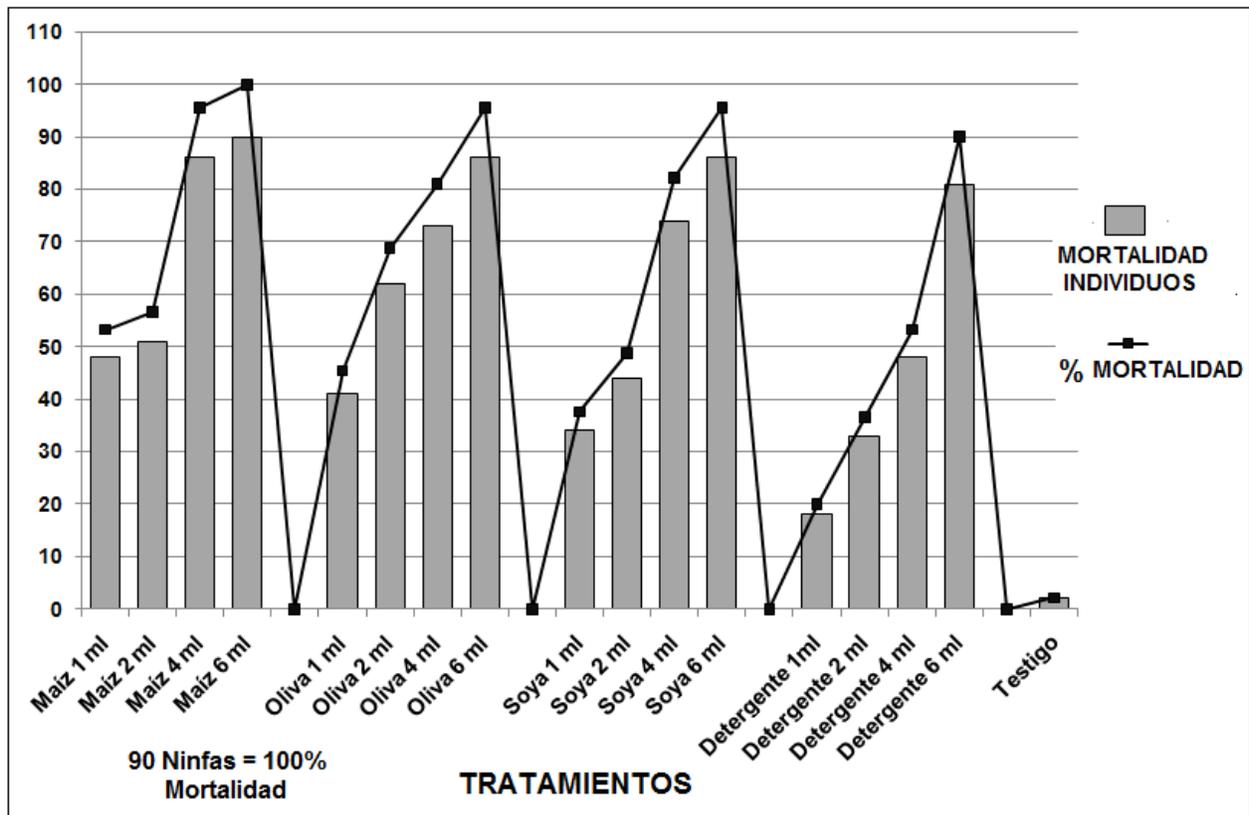


Figura 10. Comportamiento de mortalidad en ninfas.

Lo primero que destaca en la gráfica, es que en todos los tratamientos existió una relación directa entre dosis y mortalidad. Esto se refiere a que la mortalidad fue relativamente baja cuanto menor era la dosis; por el contrario, conforme la dosis aumentaba la mortalidad se iba incrementando progresivamente. Esta diferencia en cuanto a efectividad de dosis, se considera es debida a que menor cantidad de aceite en la suspensión, reduce la posibilidad de que éste impregne a los individuos, ya que la mayor parte del preparado es agua, producto al que *D. opuntiae* es repelente dada su característica cerosa.

Lo anterior explicaría en parte el incremento casi exponencial de mortalidad de acuerdo a la dosis. No obstante, si éste fuera el único factor entonces todos los tratamientos deberían presentar una mortalidad similar dependiendo de la dosificación. Al respecto, se presume que otra causa adicional podría estar vinculada con la toxicidad de los aceites, lo que esclarecería que unos tratamientos presentaran mayor mortalidad que otros, inclusive a nivel de dosis.

Para sustentar esta posibilidad se remite a lo señalado por Stoller (2009), quien menciona en primer lugar que los aceites vegetales forman una cubierta lipídica sobre el insecto, impidiendo el intercambio gaseoso al obstruir los espiráculos, esto es, provocan la muerte por asfixia. Por otra parte, agrega que destruyen la membrana plasmática de las células, provocando la destrucción de los tejidos. Apoyando esta información, Salas y Hernández (1985) señalan que la mortalidad de insectos causada por aceites tanto vegetales como minerales no está claramente establecida, ya que si bien en los minerales se reconoce su acción asfixiante, en los de origen vegetal además de la asfixia parecieran existir acciones más complejas, esto lo justifica al mencionar que se ha comprobado que insectos desprovistos de oxígeno permanecen vivos durante más tiempo que aquellos tratados con algunos aceites vegetales.

Retomando la gráfica anterior, se observa sin lugar a duda que el tratamiento más importante fue el aceite de maíz que provocó 100% de mortalidad a dosis de 6 ml, equivalente a 90 ninfas producto de la sumatoria de las tres repeticiones (30 por repetición). A éste le seguirían el aceite de oliva y soya con la misma dosis, ambos con mortalidad de 95.5% (86 ninfas), todos comparados con el testigo que únicamente alcanzó 2.2% de mortalidad (2 individuos).

En cuanto al detergente, ocupó el último lugar en relevancia; sin embargo, no fue menos importante, ya que por sí sólo logró una mortalidad de 90% (81 ninfas). Esto implicaría que su inclusión en las suspensiones probablemente ayudó a potencializar el efecto de los aceites, a pesar de formar parte mínima del preparado, ya que como se indicó en la metodología solamente se utilizaron 0.4 g en 125 ml de agua. Es decir, los 1, 2, 4 y 6 ml fue un incremento en volumen, pero los gramos de detergente siempre fueron constantes.

Desafortunadamente, investigaciones que aborden el control de *D. opuntiae* con aceites vegetales son escasas, siendo por tanto difícil la contrastación de resultados, sobre todo por la metodología utilizada para la determinación de mortalidad. No obstante el inconveniente, se puede trazar alguna comparación con el estudio desarrollado por Castañeda (2016), quien evaluó en ninfas I y II los aceites quemados de canola, oliva, soya, cártamo y maíz, y aceites nuevos de oliva y canola. Las

suspensiones que utilizó incluyeron 4 ml de aceite y 0.4 g de detergente en polvo en 125 ml de agua, efectuando tres aplicaciones con intervalo de 24 horas. La evaluación de resultados la determinó mediante la densidad poblacional y no a través de mortalidad como en la actual investigación. Salvando la diferencia es posible delinear algún paralelismo.

Por ejemplo, a la misma dosis de 4 ml el aceite de oliva ocasionó una reducción poblacional de 89.6% y el de maíz 77.3%; en el ensayo actual el aceite de oliva presentó mortalidad de 81.1% y 95.5% para maíz. Aunque no son iguales, si se pudiera considerara equivalente la reducción poblacional con mortalidad, se caería a la cuenta que ambos aceites, en uno y otro caso, ejercen una acción importante y limitante para el desarrollo de *D. opuntiae*.

Como último punto, quedaría la incertidumbre de cómo se comportarían los aceites si fueran aplicados solos, sin detergente ni agua. Para dar respuesta a la interrogante, Camacho (2015) evaluó los mismos aceites a razón de dos aplicaciones de 2 ml cada una sobre ninfas de *D. opuntiae*. El problema para contrastar esta investigación, reside en que no contó con una población promedio de referencia sobre la cual comparar el porcentaje de mortalidad.

La razón para omitirla, radica en la alta población encontrada en una sola colonia (más de 500 ninfas), lo que dificultaba su conteo. Por esta razón sumó el número de muertas de todos los tratamientos y repeticiones, considerando el total como 100% de mortalidad y contra éste comparar cada tratamiento de manera individual. En conclusión, obtuvo que el aceite de maíz provocó 25.6% de mortalidad (1223 ninfas muertas) y oliva 21.84% (1043), en comparación al testigo que registró 1.27% (61 individuos). Esto implica que los aceites, aún sin detergente, tienen la capacidad de controlar de manera importante la plaga.

### 4.3 Hembras

Siguiendo la mecánica utilizada en ninfas, en el Cuadro 6 se presentan los valores de mortalidad obtenidos en hembras adultas.

Cuadro 6. Valores de mortalidad obtenidos por los tratamientos.

ETAPA DE DESARROLLO	TRATAMIENTO	MORTALIDAD			TOTAL
		REPETICIÓN 1	2	3	
Hembras	Maíz 1 ml	9	12	9	30
	Maíz 2 ml	12	15	12	39
	Maíz 4 ml	15	18	15	48
	Maíz 6 ml	24	18	18	60
	Oliva 1 ml	3	6	6	15
	Oliva 2 ml	6	3	9	18
	Oliva 4 ml	12	15	18	45
	Oliva 6 ml	30	21	27	78
	Soya 1 ml	9	9	6	24
	Soya 2 ml	12	12	9	33
	Soya 4 ml	18	24	18	60
	Soya 6 ml	27	27	30	84
	Detergente 1ml	3	6	6	15
	Detergente 2 ml	9	9	9	27
	Detergente 4 ml	12	12	15	39
	Detergente 6 ml	21	18	18	57
	Testigo	3	0	3	6

### 4.4 Análisis estadístico para hembras

#### Hembras 1 ml

Para el análisis estadístico de hembras se siguió el mismo procedimiento que en ninfas. A dosis de 1 ml el análisis de varianza apuntó diferencias significativas entre tratamientos ( $F= 6.219$ ,  $Pr>F= 0.011$ ), en tanto que la comparación múltiple de medias de Duncan indicó que el aceite de maíz y soya tuvieron igualdad estadística, siendo a

su vez diferentes al testigo. En tanto que el aceite de oliva y detergente fueron iguales al testigo (Cuadro 7). Del análisis se desprende que el mejor tratamiento fue el aceite de maíz con 30 hembras muertas seguido de soya con 24, ambos comparados con el testigo (6 muertas).

Cuadro 7. Ordenación y agrupamientos de Duncan a dosis de 1 ml.

Tratamientos	Media	Agrupamientos		
Maíz 1 ml	13.333	A		
Soya 1 ml	8.000	A	B	
Oliva 1 ml	5.000		B	C
Detergente 1 ml	5.000		B	C
Testigo	1.500			C

### **Hembras 2 ml**

Dada la diferencia estadística entre tratamientos ( $F= 15.583$ ,  $Pr>F= 0.000$ ), el análisis de Duncan establece en primer lugar que todos los tratamientos fueron similares entre sí y diferentes al testigo (Cuadro 8). Dentro de esta semejanza, los tratamientos con mayor afinidad por tener las medias más altas fueron el aceite de maíz con 39 individuos muertos y soya con 33.

Cuadro 8. Ordenación y agrupamientos de Duncan para dosis de 2 ml.

Tratamientos	Media	Agrupamientos		
Maíz 2 ml	13.000	A		
Soya 2 ml	11.000	A	B	
Detergente 2 ml	9.000		B	C
Oliva 2 ml	6.000			C
Testigo	2.000			D

### **Hembras 4 ml**

Para esta dosis, al igual que en los casos anteriores existió diferencia significativa ( $F= 22.850$ ,  $Pr>F= 0.0001$ ), siendo de acuerdo con el análisis de Duncan el aceite de soya y maíz los más destacados (Cuadro 9), el primero con 60 hembras muertas y el

segundo con 48 (testigo 6). Adicionalmente, registra mayor igualdad entre aceite de oliva y detergente que con maíz y soya.

Cuadro 9. Ordenación y agrupamientos de Duncan con dosis de 4 ml.

Tratamientos	Media	Agrupamientos	
Soya 4 ml	20.000	A	
Maíz 4 ml	16.000	A	B
Oliva 4 ml	15.000		B
Detergente 4 ml	13.000		B
Testigo	2.000		C

### **Hembras 6 ml**

Finalmente la última dosis evaluada para hembras fue la de 6 ml, en la que de acuerdo con el análisis de varianza existió diferencia significativa entre tratamientos ( $F= 37.500$ ,  $Pr>F= 0.0001$ ). Acorde con ello, la comparación de medias de Duncan apunta a la igualdad estadística entre aceite de soya y oliva, así como diferencia con maíz y detergente, siendo estos últimos iguales entre sí y todos diferentes al testigo (Cuadro 10). Con base en el resultado, se afirma como mejores tratamientos por lograr la mayor mortalidad al aceite de soya y oliva, con 84 y 78 individuos muertos respectivamente.

Cuadro 10. Ordenación y agrupamientos de Duncan para dosis de 6 ml.

Tratamientos	Media	Agrupamientos	
Soya 6 ml	28.000	A	
Oliva 6 ml	26.000	A	
Maíz 6 ml	20.000		B
Detergente 6 ml	19.000		B
Testigo	2.000		C

De los análisis estadísticos presentados se extrae la siguiente información. En primer término como lo expone la siguiente gráfica (Figura 11), todos los tratamientos en mayor o menor medida ocasionaron un importante porcentaje de mortalidad en hembras de *D. opuntiae*, sobre todo a partir de la segunda dosis evaluada (2 ml). De

igual manera, se establece que la dosis mayor (6 ml) fue la que registró en todos los casos la más alta mortalidad, siendo evidente que en ésta hubo diferencias en cuanto a efectividad tomando como parámetro de comparación al testigo (6.6%). El que ocasionó menor mortalidad fue el detergente con 63.3% y la más alta la provocó el aceite de soya con 93.3%, que incluso a dosis de 4 ml fue superior al resto de tratamientos (66.6%). Los resultados indican que la efectividad fue 6.7% menor que lo conseguido con ninfas, debido probablemente a la estructura cuticular más delicada y susceptible a la desecación por efecto del detergente (Palacios *et al.*, 2004).

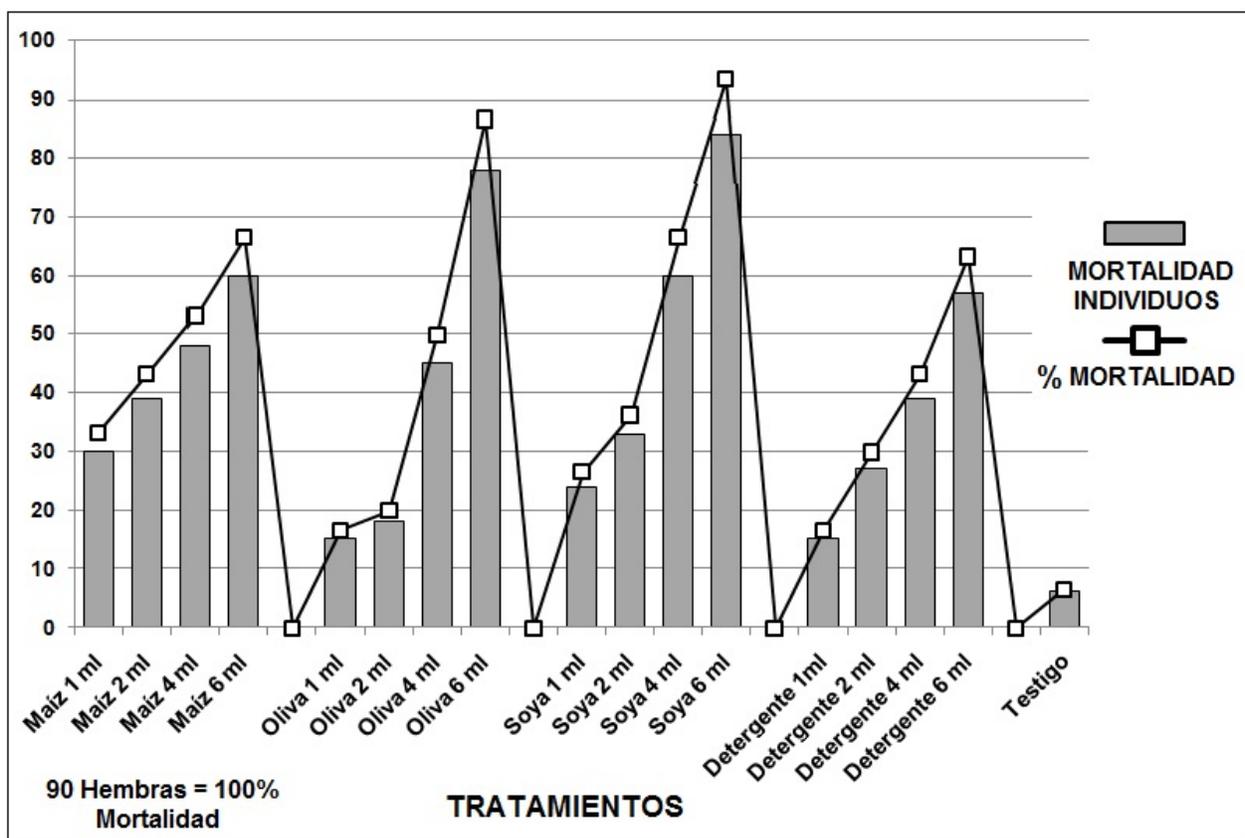


Figura 11. Comportamiento de mortalidad en hembras.

La diferencia indiscutible en eficiencia se puede notar más claramente en la Figura 12, donde a partir de la dosis de 6 ml se compara la mortalidad entre ninfas y hembras. Se aprecia que la diferencia tanto en aceite de oliva como soya es relativamente baja en ambos estados de desarrollo; en oliva de 9.9% y 3.2% para soya. Sin embargo, con aceite de maíz y detergente las diferencias se hacen más notorias, en el primero fue de 33.4% y de 26.7% en detergente. A pesar de estos contrastes, queda demostrada a

nivel laboratorio la potencialidad de los aceites vegetales para el control de cochinilla silvestre del nopal.

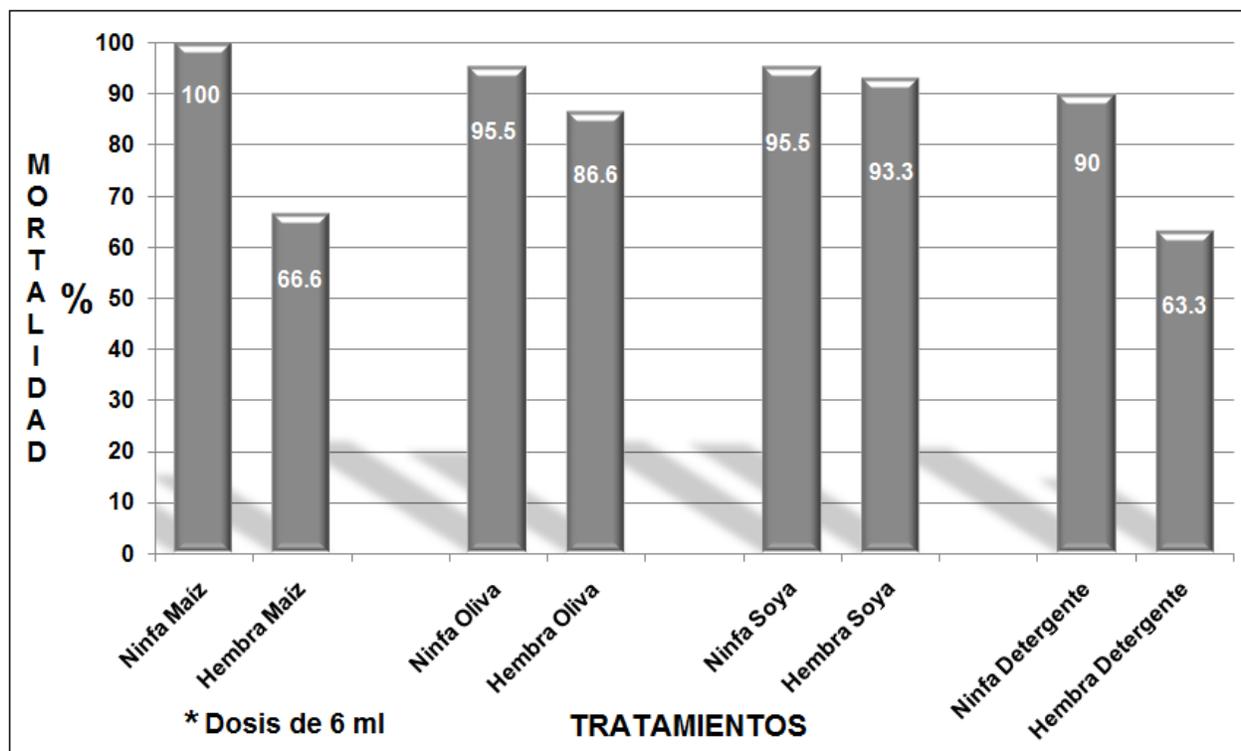


Figura 12. Comparativo de mortalidad entre ninfas y hembras adultas.

El resultado obtenido en hembras, de alguna manera coincide con la investigación de Castañeda (2016), quien consideró como tratamiento destacado a dosis de 4 ml el aceite de oliva con densidad poblacional de 3.7% (74 individuos) y con menor efectividad soya 8.4% (169 individuos), tratamientos superiores al testigo que presentó 10.2% (204 individuos). En la actual investigación el aceite de oliva ocasionó 50% de mortalidad a esta misma dosis y la soya 66.6%; esto es, se invirtió el orden de los tratamientos prometedores, No obstante, en ambas investigaciones aparecen estos dos aceites como tratamientos sobresalientes.

Caso contrario sucede con el detergente, ya que Castañeda (2016) señala que en hembras tuvo nulo efecto presentando densidad poblacional superior al testigo, 204 individuos (10.2%) y 282 (14.1%) respectivamente, tomando como parámetro de medición el total de hembras que fue de 1992 (100%). A diferencia de sus resultados, en el presente ensayo el detergente sí mostró un cierto efecto insecticida alcanzando

una mortalidad de 43,3% a dosis de 4 ml. Esta disparidad en resultado tal vez tenga su origen en la metodología desarrollada por Castañeda (2016), ya que la realizó bajo condiciones de campo sobre poblaciones muy altas de hembras, existiendo la posibilidad de que los organismos no fueran impregnados adecuadamente, o algún otro factor ambiental interviniera en su desempeño.

#### **4.5 Conclusiones**

Los resultados en ninfas fueron estadísticamente significativos para todas las dosis evaluadas, existiendo una relación directa entre dosis y mortalidad; es decir, a mayor dosis mayor mortalidad.

La diferencia en efectividad dependiendo de la dosis, se considera fue debida a que la menor cantidad de aceite en la suspensión reduce la posibilidad de que éste impregne a los individuos, ya que la mayor parte del preparado es agua.

El tratamiento más importante en ninfas fue el aceite de maíz que provocó 100% de mortalidad a dosis de 6 ml. Le siguieron el aceite de oliva y soya con la misma dosis, ambos con mortalidad de 95.5%, todos comparados con el testigo que solo alcanzó 2.2% de mortalidad.

El detergente como tratamiento, siempre ocupó el último lugar con 90% de mortalidad en ninfas. Su inclusión en las suspensiones probablemente potencializó el efecto de los aceites.

En hembras los análisis estadísticos fueron significativos para todas las dosis. Los tratamientos en mayor o menor medida ocasionaron un importante porcentaje de mortalidad en hembras de *D. opuntiae*, sobre todo a partir de la segunda dosis evaluada (2 ml).

El tratamiento más destacado en hembras fue el aceite de soya con mortalidad de 93.3% a dosis de 6 ml, con menor efectividad se presentó el detergente con 63.3%. Los resultados indican que la efectividad fue 6.7% menor que lo conseguido con ninfas.

## 4.6 Perspectivas

A pesar de obtener resultados prometedores en el control de *D. opuntiae* a través del uso de aceites vegetales, es necesario puntualizar que estos se lograron bajo condiciones de laboratorio. Por tal motivo, para generar recomendaciones es indispensable ponderar su utilidad bajo condiciones de campo, ya que al ser productos orgánicos biodegradables son susceptibles de alteración por factores físicos como temperatura, luz y humedad.

Bajo este contexto, en primer lugar se debe determinar si el tratamiento más importante en ninfas (aceite de maíz) y hembras adultas (soya) siguen manteniendo su eficacia en la misma proporción. Una vez comprobado esto, es necesario establecer el número de aplicaciones requeridas para mantener libre de plaga el cultivo, así como su persistencia entre aplicaciones. Con esta información se tendría el conocimiento necesario para formular todo un calendario de aplicaciones. Como último punto importante, sería imprescindible conocer la respuesta de la planta a la aplicación de los productos, esto implicaría la fitotoxicidad de los mismos o algún efecto adverso que demeritara la calidad del producto.

## V LITERATURA CITADA

- Andrade, Y, A. y J. V. Rivadeneira. 2010. Determinación de los parámetros óptimos en la elaboración de vino de miel de abeja, utilizando dos tipos de aglutinantes naturales, mucílago de cadillo negro (*Triumfetta lappula* L.) y mucílago de nopal (*Opuntia ficus indica*), como clarificantes. Tesis Ingeniero Industrial. Universidad Técnica del Norte. Ecuador. 154 p.
- Álvarez, B. 2007. Análisis de Factibilidad del cultivo de la tuna en la localidad de Icaño. Departamento La Paz. Dirección Provincial de Programación del Desarrollo. Ministerio de Producción y Desarrollo. Catamarca, Argentina. 1:33-49.
- Badii, M. H. y A. E. Flores. 2001. Prickly pear cacti pest and their control in Mexico. Florida Entomologist. 84:503-505.
- Bensadón, S., H. Hernandez, S. Ayerdi e I. Goñi. 2010. By products of *Opuntia ficus-indica* as a source of antioxidant dietary fiber. Plant Foods Human Nutrition. 65:210-216.
- Bravo, H. 1978. Las Cactáceas de México. Vol. 1. Segunda edición. Universidad Nacional Autónoma de México. 743 p.
- Bravo H. y L. Scheinvar. 1995. El interesante mundo de las cactáceas. Primera edición. Fondo de cultura económica. México, D.F. 240 p.
- Camacho, B. T. 2015. Aceites vegetales comestibles como alternativa de control para cochinilla silvestre del nopal *Dactylopius opuntiae* (Hemiptera, Dactylopiidae), bajo condiciones de laboratorio. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. 41 p.
- Castañeda, T. F. 2016. Evaluación de aceites vegetales comestibles como alternativa de control para cochinilla silvestre del nopal *Dactylopius opuntiae* Cockerell (Hemiptera: Dactylopiidae), en condiciones de campo. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. 45 p.
- Chávez, M., A. Tecante, A. Casas y L. E. Claps. 2011. Distribution and Habitat in Mexico of *Dactylopius Costa* (Hemiptera: Dactylopiidae) and their Cacti Hosts (Cactaceae: Opuntioideae). Neotropical Entomology. 40(1):5.
- Choque, L. J. 2012. Utilización de grasas y aceites reciclados que contienen dioxinas y policlorobifenilos en la alimentación animal y humana. Revista Agropecuaria y Forestal. 1(1):29-40.
- Cofepris. 2013. Catalogo de Plaguicidas. Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas. CICOPLAFEST. 2004. 483 p. En: <http://www.cofepris.gob.mx/AZ/Paginas/Plaguicidas%20y%20Fertilizantes/CatalogoPlaguicidas.aspx>

- Delgadillo, V. I., M. A. Gonzales y R. Rivera. 2008. Manejo fitosanitario del nopal verdura en Milpa Alta, Distrito Federal. Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Distrito Federal (CESAVEDF). 63 p.
- Díaz, C. A. 2009. Diseño estadístico de experimentos. Editorial Universidad de Antioquia. Segunda edición. Colección Ciencia y Tecnología. Colombia. pp. 46-64.
- Domínguez, L. 2009. Alternativas de exportación de nopal verdura con un valor agregado: Caso Estado de Zacatecas. Tesis de Maestría, Universidad Autónoma del Estado de Aguascalientes. 59 p.
- DROKASA. 2014. TOXI-OIL: aceite vegetal de soya. Ficha Técnica. En: [http://www.drokasa.com.pe/une\\_agro/une\\_agro\\_productos.htm](http://www.drokasa.com.pe/une_agro/une_agro_productos.htm)
- Eisner, T., M. Nowicki, M. Goets y J. Meinwald. 1980. Red cochineal dye (Carminic acid) its role in nature. *Science*. 208(4447):1039-1042.
- Financiera Rural. 2011. Monografía del Nopal y la tuna. Dirección Ejecutiva de Análisis Sectorial. 15 p. En: <http://www.financierarural.gob.mx/Comunicados%20de%20Prensa/Comunicado%20017-2011.pdf>
- Flores, C. J. y P. Ramírez. 1995. El mercado mundial de la tuna. Informe final. Programa Nopal del CIESTAAM de la Universidad Autónoma Chapingo. México. 176 p.
- Flores, H. A., B. M. Amador, E. R. Puente, J. S. Torres, J. G. Hernández y E. T. Diéguez. 2006. Reproducción de cochinilla silvestre *Dactylopius opuntiae* (Homóptera: Dactylopiidae). *Revista Mexicana de Biodiversidad* (versión On-line). Vol. 77. No. 1. En: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1870-34532006000100011&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1870-34532006000100011&script=sci_arttext)
- Foxcroft, L. C. y H. Hoffmann. 2000. Dispersal of *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) (Homoptera: Dactylopiidae), a biological control agent of *Opuntia stricta* (Haworth.) (Cactaceae) in the Kruger National Park. *Koedoe*. 43:1-5.
- Garduño S. S. 2008. Aceite para cocinar quemado: riesgos para la salud y recomendaciones para su manejo. En: [http://portal.aniname.com/imp\\_83.shtml](http://portal.aniname.com/imp_83.shtml)
- González, D. A., M. E. Riojas, H. López y A. Nava. 2001. El género *Opuntia* en Jalisco. Guía de Campo. Universidad de Guadalajara. pp. 11-18.
- Granados S. D. y A. D. Castañeda. 1996. El nopal: historia, fisiología, genética e importancia. Ed. Trillas-UACH. México, D.F. 227 p.
- Gullan, P. J. y M. Kosztarab. 1997. Adaptation in scale insects. *Annual Review of Entomology*. 42:23-50.

- Hernández, S. I. 2014. Formulación del proyecto de una empresa productora de grana cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa). Tesis de Ingeniero en Restauración Forestal. Universidad Autónoma Chapingo. 113 p.
- Hernández, P. R., G. B. Silva, J. M. Martínez, A. G. Hernández y T. J. Pedraza. 2019. Evaluación de la efectividad biológica de bioinsecticidas para el control de cochinilla silvestre (*Dactylopius opuntiae* Cockerell), en nopal (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.), en Totolapan, Morelos, México. Revista Chilena de Entomología. 45(1): 55-64.
- INEGI. 2013. Características principales del cultivo de nopal en el Distrito Federal: caso Milpa Alta. Censo Agropecuario 2007. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México. 68 p.
- Paredes, C. 2014. El nopal, un cultivo altamente rentable. En: <https://www.inforural.com.mx/el-nopal-un-cultivo-altamente-rentable/>
- Karlsson, F. M. 2005. Control de mosca blanca (*Aleurotrachelus socialis*) en yuca (*Manihot esculenta*). Minor Field Studies No. 325. Swedish University of Agricultural Sciences. 74 p.
- López, G. J., R. J. Fuentes y G. A. Rodríguez. 2003. Producción y uso de *Opuntia* como forraje en el centro-norte de México. Depósito de documentos de la FAO. pp 1-3.
- Mena, C. J. 2011. Insectos plaga del nopal: como tomar decisiones con un enfoque de manejo integrado. RESPYN. Revista Salud Pública y Nutrición. 5:65-74.
- Méndez, G. S., D. T. Magaña y E. G. Herrera. 2008. Identificación y control de las principales enfermedades del nopal. VII Simposium – Taller “Producción y aprovechamiento del Nopal en el Noroeste de México”. pp. 55-66.
- Monroy, L. M. 2010. Plagas y enfermedades del nopal (*Opuntia ficus-indica* Berg.). TecnoAgro. Revista digital. En: <http://tecnoagro.com.mx/no-52/plagas-y-enfermedades-del-nopal-opuntia-ficus-indica-berg-dp2>
- Moran, V. C., B. H. Gunn y G. H. Walter. 1982. Wind dispersal and setting of firstinstar crawlers of the cochineal insect *Dactylopius austrinus* (Homoptera: Coccoidea: Dactylopiidae). Ecological Entomology. 7:409-419.
- Myers, P., R. Espinosa, C. S. Parr, T. Jones, G. S. Hammond, y T. A. Dewey. 2014. *Dactylopius opuntiae* cochineal scale. The Animal Diversity Web (online). En: <http://animaldiversity.org>.
- Palacios, M. C., C. N. Hernández, C. Cazares y H. G. Hernández. 2004. Efectividad Biológica de productos biodegradables para el control de la cochinilla silvestre *Dactylopius opuntiae* (Crockel) (Homoptera: Dactylopiidae). Acta Zoológica Mexicana. 20(3):99-106.

- Pérez, F.J., J. Martínez y A. Aragón. 2010. Manejo agroecológico del cultivo de nopal tuna con extractos vegetales en san Sebastián Villanueva, Puebla. 6 p.
- Pérez, R. A. 2011. Estímulos físicos y químicos que intervienen en la fijación en las ninfas de *Dactylopius opuntiae*. Tesis Maestría en Ciencias. Instituto Politécnico Nacional. 63 p.
- Portillo, M. L. 1992. Infestación óptima de cladodios aislados del nopal *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. con grana cochinilla *Dactylopius coccus* Costa. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad de Guadalajara. 57 p.
- Portillo, L. y A. L. Viguera. 2002. La grana cochinilla y sus parientes silvestres en México: Un paso pendiente de estudio. pp 80-82. En: Portillo, L. y A. L. Viguera (eds). Memorias del II Congreso Internacional de grana cochinilla y colorantes naturales y II Reunión Internacional del Grupo de trabajo en Cochinilla, Cactusnet-FAO. Universidad de Guadalajara, México.
- Portillo, L. 2008. *Dactylopius opuntiae*: una especie en peligro de extinción. pp. 69-73. En: Lladeral, C., D. H. Zetina, A. L. Viguera y L. Portillo. (eds). Grana cochinilla y colorantes naturales. Colegio de Posgraduados. México.
- Ramírez. R. S., F. O. Canizalez, F. G. Pérez y J. Canul. 2011. Evaluación de la efectividad biológica de extractos vegetales sobre *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) en nopal. Memorias del XVI Simposio Nacional de Parasitología Forestal. Cuernavaca, Morelos. pp. 289.
- Reyes, C. P. 1985. Diseño de experimentos aplicados. Cuarta reimpresión. Editorial Trillas. México. 348 p.
- Reyes, A. J. 2005. Variación morfológica de *Opuntia* (Cactaceae) y su relación con la domesticación en la altiplanicie meridional de México. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. 180 p.
- Reyes A. J., J. R. Aguirre y H. M. Hernández. 2005. Notas sistemáticas y descripción detallada de *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. (Cactaceae). Agrocienza. 39:395-408.
- Reynolds G. S. y J. E. Arias. 2003. El nopal (*Opuntia* spp.) como forraje. Depósito de documentos de la FAO. pp. 1-3.
- Rodrigo, E., M. C. Oltra y M. Granero. 2010. Estudio comparativo de la morfología y biología de *Dactylopius coccus* y *D. opuntiae* (Cockerell) (Hemiptera: Dactylopiidae), dos especies presentes en la Comunidad Valenciana. Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas. 36:23-35.
- Romero, L. B., H. A. Flores, C. E. Santamaría, J. C. Salazar, D. M. Ramírez y S. A. Pedroza. 2006. Identificación, biología y adaptación de la cochinilla silvestre *Dactylopius opuntiae* (Homoptera: Dactylopiidae) a las condiciones de Bermejillo, Durango. Revista Chapingo Serie Zonas Áridas. 5:41-48.

- Sáenz, C., H. Berger, J. García, L. Galletti, V. G de Cortázar, I. Higuera, *et al.* 2006. Utilización agroindustrial de nopal. Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO N° 162. 182 p.
- SAGARPA. 2006. Manejo fitosanitario de las principales plagas del nopal. Tríptico. En: [www.cesavem.org/divulgacion/nopal/TRIPTICO.pdf](http://www.cesavem.org/divulgacion/nopal/TRIPTICO.pdf)
- SAGARPA. 2008. Ficha técnica del nopal. En: [www.senasica.gob.mx/includes/asp/download.asp?IdDocumento](http://www.senasica.gob.mx/includes/asp/download.asp?IdDocumento)
- SAGARPA. 2012. Plan rector del sistema producto nopal y tuna del Estado de Michoacán. 73 p.
- SAGARPA. 2013. Proyecto estratégico nacional nopal y tuna 2013-2019. Comité Nacional Sistema Producto Nopal y Tuna. 32 p.
- Salas, J. y G. Hernández. 1985. Protección de semillas de quinchoncho (*Cajanus cajan*) contra el ataque de *Acanthoscelides obtectus* y *Callosobruchus maculatus* a través del uso de aceites vegetales. *Agronomía Tropical*. 35(4-6):19-27.
- Sanidad Vegetal. 2004a. Campaña manejo fitosanitario del nopal: principales plagas del nopal y su control. Tríptico. 2 p. En: <http://www.cesavem.org/divulgacion/nopal/TRIPTICO.pdf>
- Sanidad Vegetal. 2004b. manejo fitosanitario del cultivo de nopal. Comité Estatal de sanidad Vegetal del Distrito federal. En: <http://api.ning.com/files/MesKdz69JWv0BN9V7R94q0faPYL-F8dzNkkUnlx38EGsdO-6rl537i5mTodZnftzUbJZ59zRsQy7wtGFX7kMKIPr16m9Md-5/folletonopal.pdf>
- SENASICA. 2014. Plan de acción preventivo nopal. Acciones para reducir los riesgos de contaminación por plaguicidas durante el proceso productivo, empaclado, transporte y distribución de nopal dentro y fuera del país. 12 p. En: [file:///C:/Users/UAEM/Downloads/PlandeAccionNopal2014%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/UAEM/Downloads/PlandeAccionNopal2014%20(1).pdf)
- Scheinvar, L., C. G. Vázquez, G. Parra, V. Cordero y C. Linaje. 2011. Estado del conocimiento de las especies del nopal (*Opuntia* spp.) productoras de xoconostles silvestres y cultivadas. Informe final. CONABIO. 34 p.
- SIAP. 2012. Agricultura. Cultivos Perennes. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. En: <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/>
- SIAP. 2013. Producción Agrícola. Cultivos Perennes. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. En: <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/>
- Stoller. 2009. NATUR´L ÓLEO: aceite vegetal insecticida-acaricida. Ficha Técnica. En: [http://www.stoller.cl/fic/NATURL\\_OLEO.pdf](http://www.stoller.cl/fic/NATURL_OLEO.pdf)

- Suassuna, P., A. Torres, A. L. Viguera y L. Portillo. 2008. Pruebas de control de *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) con extractos vegetales en el nordeste de Brasil. pp. 78-80. En: Grana cochinilla y colorantes naturales (Llenderal, C., D. H. Zetina, A. L. Viguera y L. Portillo (eds.)). Colegio de Postgraduados.
- Sudzuki, F., C. Muñoz y H. Berger. 1993. El cultivo de la tuna (Cactus pear). Ciencias Agrarias y Forestales. Departamento de Reproducción Agrícola. Universidad de Chile. 88 p.
- Torres, P. R., D. M. Corral, M. B. Casarrubias y G. N. Moorillón. 2015. El nopal: planta del semidesierto con aplicaciones en farmacia, alimentos y nutrición animal. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 6(5): 1129-1142.
- Valle, S. C. 1997. Suculentas mexicanas, Cactáceas. CVS Publicaciones S.A. de C.V. México. 143 p.
- Vargas, A., A. Flores y J. F. Basaldua. 2008. Dinámica poblacional de las principales plagas del nopal *Opuntia* spp. en la zona semiárida de Querétaro. Revista Chapingo Serie Zonas Áridas. 7:21-27.
- Venegas, R. J., J. R. Lomelí, E. L. Rodríguez, G. M. Aguilera y J. Carrasco. 2008. Enemigos naturales de *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) en Tlalnepantla, Morelos. pp. 309-312. En: Lozano G., J. España, E. González y J. E. Ibarra (eds.). Memorias del XXXI Congreso Nacional de Control Biológico. Zacatecas. México.
- Venegas, R. J. 2009. Dinámica poblacional de *Dactylopius opuntiae* (Cokerell) y sus enemigos naturales en Tlalnepantla, Morelos. Tesis de Maestría. Colegio de posgraduados. 95 p.
- Venegas, R. J., R. L. Flores, E. R. Leyva, G. M. Aguilera y J. M. Valdez. 2010. Enemigos naturales de *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) en *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller en el centro de México. Acta Zoológica Mexicana (en línea). No. 2. En: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0065-17372010000200007](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0065-17372010000200007)
- Venegas, R. J. 2012. *Dactylopius opuntiae*. En: <http://arthropoda-mexicana.blogspot.mx/2012/02/dactylopius-opuntiae-cockerell.html>
- Viguera, A. L. 2008. Bioinsecticidas para el control de cochinilla silvestre (*Dactylupios opuntiae* Cockerell). (Hemiptera: Dactilopidae). En: Grana cochinilla y colorantes naturales. Colegio de Posgraduados. México. pp. 74-77.
- Viguera, A. L., J. Tovar y C. Ortiz. 2009. Use of botanical extracts to control wild cochineal (*Dactylopius opuntiae* Cockerell) on Cactus Pear. Acta Horticulture. 811: 229-234.