



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA

**CONTROL ALTERNATIVO DE LA COCHINILLA
SILVESTRE (*Dactylopius* sp.) DEL NOPAL VERDURA
(*Opuntia ficus-indica*) EN LA DELEGACIÓN
MILPA ALTA DEL DISTRITO FEDERAL.**

T E S I S

**QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

MAESTRO EN CIENCIAS EN PROTECCIÓN VEGETAL



DIRECCION GENERAL ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

P R E S E N T A:

VILLAR VÁZQUEZ MANUEL ULISES

Chapingo, México, abril de 2010

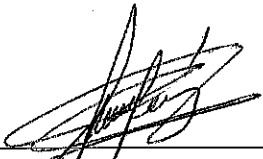


**CONTROL ALTERNATIVO DE LA COCHINILLA SILVESTRE (*Dactylopius* sp.)
DEL NOPAL VERDURA (*Opuntia ficus-indica*) EN LA DELEGACIÓN MILPA
ALTA DEL DISTRITO FEDERAL.**

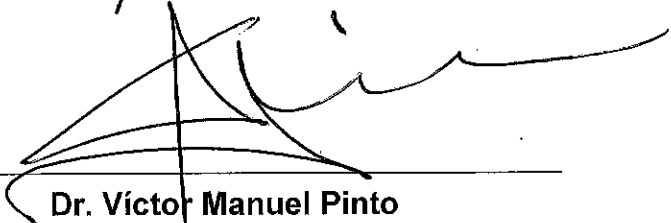
Tesis realizada por **Villar Vázquez Manuel Ulises** bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobado por el mismo y aceptado como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN PROTECCIÓN VEGETAL

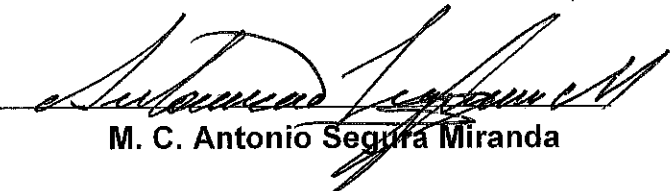
DIRECTOR:


Dr. Samuel Ramírez Alarcón

ASESOR:


Dr. Víctor Manuel Pinto

ASESOR:


M. C. Antonio Segura Miranda

Chapingo, México, abril de 2010.

AGRADECIMIENTOS

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)** por el apoyo económico otorgado para realizar mis estudios de maestría.

A la **Universidad Autónoma Chapingo** y al **Programa de Maestría en Ciencias en Protección Vegetal del Departamento de Parasitología Agrícola** por darme la oportunidad y las facilidades de mejorar mi formación profesional.

A los ingenieros **Miguel Ángel González Rodríguez, Juan Carlos González Montiel y Gustavo Adolfo Urrutia Rosales** de la **Unidad Operativa de Milpa Alta del Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Distrito Federal**, por el gran apoyo brindado para que se efectuara este experimento.

Al **Dr. Samuel Ramírez Alarcón** por su valioso apoyo en la dirección de este trabajo de investigación, por su enseñanza y confianza brindadas.

Al **Dr. Víctor Manuel Pinto** por su apoyo y disposición mostrada para la culminación de este trabajo.

Al **M.C. Antonio Segura Miranda** por sus observaciones, sugerencias y aportaciones que contribuyeron en el enriquecimiento de esta tesis.

Al **M.C. Martín Palomares Pérez** por su apoyo y los consejos brindados en mejora del proyecto.

Al **M.C. Juan Manuel Vanegas Rico** del **Instituto de Fitosanidad del Colegio de Postgraduados** por realizar el procesado de muestras y la respectiva identificación de la especie en estudio.

A mis compañeros y amigos de la maestría (Vicente, Quezada, Cindy, Lupita, Adán, Elvia, David, Ismael, El Fish) por su apoyo y amistad brindada durante mi estancia en el postgrado.

A todas las personas que de una u otra forma intervinieron en la realización de este trabajo de investigación.

Pero principalmente a **Dios** por ponerme en este planeta y darme la oportunidad de vivir y de soñar.

DEDICATORIA

A mis padres:

Ma. Soledad Vázquez Jaime por apoyarme siempre en todas mis decisiones y Manuel Villar Martínez por su incansable ejemplo de trabajo. Los quiero mucho.

A mis hermanas y sobrinos:

Mirna y Ana por tantos momentos compartidos y por darme su cariño; a Jordan, Giovanni, Jimena y Mirnita porque con sus sonrisas me dan más fuerzas para salir adelante.

A mi Lupi:

Por ser mi compañera, mi amiga, mi novia, por tu gran apoyo, por tu amor sin condiciones y por caminar y soñar junto a mí. Siempre estarás en mí.

A todas las personas que han formado parte importante en mi vida, que han contribuido en lo que ahora soy y que de alguna manera me han impulsado a que siga luchando por superarme personal y profesionalmente. Gracias.

Sinceramente: *Ulises*

BIOGRAFÍA



Manuel Ulises Villar Vázquez

Nació el 28 de febrero de 1979, en Cerritos de Aceves municipio de Abasolo, Guanajuato, cursó sus estudios de educación primaria en la ciudad de Irapuato y posteriormente realizó sus estudios de secundaria y preparatoria en la capital del mismo estado.

En el año 1998 ingresó al Instituto de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Guanajuato, donde cursó la carrera de Ingeniero Agrónomo. Realizó su estancia pre-profesional en su estado natal en el área de mercadotecnia de la empresa Syngenta Agro, donde una vez culminados sus estudios de licenciatura en el año 2003, laboró durante un año. Posteriormente viajó a los Estados Unidos, lugar en el que permaneció por año y medio aprendiendo el idioma y trabajando en diversas actividades.

En julio de 2007 ingresó a la Maestría en Ciencias en Protección Vegetal del Departamento de Parasitología Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo, después de trabajar durante un año con seis meses como técnico y productor agrícola y pecuario en un negocio familiar en su pueblo natal, finalizando dichos estudios en junio del año 2009 y presentando el trabajo de investigación "Control Alternativo de la Cochinilla Silvestre (*Dactylopius* sp.) del Nopal Verdura (*Opuntia ficus-indica*) en la Delegación Milpa Alta del Distrito Federal" para obtener el grado de Maestro en Ciencias.

ÍNDICE

ÍNDICE DE CUADROS	i
ÍNDICE DE FIGURAS	iii
RESUMEN	iv
ABSTRACT	iv
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
III. REVISIÓN DE LITERATURA	4
3.1. El nopal	4
3.1.1. Origen	4
3.1.2. Distribución	5
3.1.3. Clasificación taxonómica	5
3.1.4. Importancia	6
3.1.5. Usos	8
3.1.6. Plagas y enfermedades	10
3.1.6.1. Control de plagas del nopal	12
3.2. Cochinilla del nopal (<i>Dactylopius</i> spp.)	13
3.2.1. Origen	13
3.2.2. Distribución	13
3.2.3. Clasificación taxonómica	15
3.2.4. Descripción morfológica	15
3.2.5. Biología y hábitos	18

3.2.6. Daños	23
3.2.7. Control	24
3.2.8. Enemigos naturales bióticos	25
3.2.9. Enemigos naturales abiótico	26
3.3. Productos evaluados	27
3.3.1. Diazol 25ce	27
3.3.2. Pateador 5EC	28
3.3.3. Permetrina 500 CE	28
3.3.4. Regent 200SC	28
3.3.5. Foley 50CE	28
3.3.6. ALTERnim	29
3.3.7. BIO-SAVE	29
3.3.8. <i>Bauveria bassiana</i> (NOCON)	29
3.3.9. Weltic	30
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	31
4.1. Localización del ensayo	31
4.2. Identificación de la cochinilla	32
4.2.1. Recolección de ejemplares	32
4.2.2. Procesamiento de muestras en laboratorio	32
4.2.3. Claves de identificación	33
4.3. Diseño experimental	33
4.4. Tratamientos	34
4.5. Aplicación.....	35

4.6. Densidad poblacional	36
4.7. Variable respuesta	36
4.8. Mortalidad	36
4.9. Efectividad biológica	36
4.10. Fitotoxicidad	37
4.11. Análisis estadístico	38
4.12. Caracterización de la cochinilla silvestre del nopal en Milpa Alta, D.F.	38
4.12.1. Porcentaje de infestación de la cochinilla	38
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	40
5.1. Identificación de la cochinilla	40
5.2. Evaluación del ensayo	41
5.2.1. Densidad poblacional	41
5.2.2. Fluctuación poblacional	45
5.2.3. Mortalidad	47
5.2.4. Eficacia biológica	51
5.2.5. Fitotoxicidad	54
5.3. Caracterización de la cochinilla silvestre del nopal en Milpa Alta, D.F.	54
VI. CONCLUSIONES	62
VII. LITERATURA CITADA	63

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Producción nacional de nopal verdura por estado en el año 2008	7
Cuadro 2. Enfermedades del nopal en México	11
Cuadro 3. Plagas del nopal en México	12
Cuadro 4. Distribución de especies del género <i>Dactylopius</i> en México según MacGregor y Sampedro (1984)	14
Cuadro 5. Principales depredadores de <i>Dactylopius</i> spp.	25
Cuadro 6. Distribución de los tratamientos	33
Cuadro 7. Tratamientos	34
Cuadro 8. Escala propuesta por la EWRS para evaluar el control de maleza y fitotoxicidad al cultivo y su interpretación agronómica porcentual	37
Cuadro 9. Tabla para estimar el porcentaje de infestación de Grana cochinilla por planta	39
Cuadro 10. Comparación de medias de los valores del promedio colonias de <i>Datylopius opuntiae</i> por cladodio, entre tratamientos	41
Cuadro 11. Imágenes comparativas de los tratamientos de antes de la aplicación con la última evaluación a los 24DDA	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del ensayo de efectividad biológica	31
Figura 2. Trazado del diseño experimental y marcado de cladodios	34
Figura 3. Productos utilizados en los tratamientos	35
Figura 4. Preparándose para la aplicación	35
Figura 5. Promedios de colonias de cochinillas por cladodio de cada tratamiento	42
Figura 6. Fluctuación poblacional de <i>Dactylopius opuntiae</i> en cada tratamiento ..	46
Figura 7. Gráfica del porcentaje de mortalidad de cada tratamiento durante las evaluaciones posteriores a la aplicación	49
Figura 8. Gráfica de efectividad biológica de los tratamientos	52
Figura 9. Mapa de distribución de la cochinilla silvestre del nopal en Milpa Alta, D.F.	57
Figura 10. Porcentaje de presencia de <i>Dactylopius</i> sp. en las parcelas caracterizadas	58
Figura 11. Porcentaje de infestación de <i>Dactylopius</i> sp. en cada parcela caracterizada de la zona de Milpa Alta, D.F.	58

CONTROL ALTERNATIVO DE LA COCHINILLA SILVESTRE (*Dactylopius* sp.) DEL NOPAL VERDURA (*Opuntia ficus-indica*) EN LA DELEGACIÓN MILPA ALTA DEL DISTRITO FEDERAL.

ALTERNATIVE CONTROL OF WILD COCHINEAL (*Dactylopius* sp.) OF NOPAL (*Opuntia ficus-indica*) IN MILPA ALTA DELEGATION, DISTRITO FEDERAL.

Villar-Vázquez, M. U.¹; Ramírez-Alarcón, S.²

RESUMEN

Se evaluaron tratamientos insecticidas con productos químicos, orgánicos y un biológico, distintos a los de uso común en Milpa Alta, Distrito Federal, más un testigo regional, con el fin de establecer medidas alternas a las ya utilizadas para controlar la cochinilla silvestre del nopal; al mismo tiempo se identificó la especie de la plaga presente. Además se calculó el porcentaje de infestación de la plaga en 79 parcelas y se determinó el porcentaje de presencia de la cochinilla en la región. La especie de cochinilla silvestre encontrada corresponde a *Dactylopius opuntiae* (Cockerell). La mezcla de paratión metílico con surfactante aniónico lineal (testigo regional), fue el mejor tratamiento con un 83.79% de eficacia, seguido de diazinon + lambda cialotrina con un 71.79% y *Bauveria bassiana* con 68.10%. La cochinilla silvestre está ampliamente distribuida, se encontró en 90% de las parcelas evaluadas. El 20.25% de los predios resultaron tener más del 5 hasta el 10% de infestación, mientras que el 43.03% de las parcelas se encontraron con 5% de infestación o menos, y solo el 10.13% de los sitios, estaban libres de cochinilla silvestre.

Palabras clave: *Dactylopius opuntiae* (Cockerell), cochinilla silvestre, nopal, insecticidas.

ABSTRACT

Insecticide treatments with chemical, organic and biological products were evaluated, different from those commonly used in Milpa Alta, Distrito Federal, plus a regional control, in order to establish alternative measures to those already used to control wild cochineal cactus; simultaneously, the cochineal specie present was identified. In addition, the percentage of infestation of the pest in 79 plots was calculated and the percentage of presence of cochineal in the region was determined. The wild cochineal specie found corresponds to *Dactylopius opuntiae* (Cockerell). The mixture of methyl parathion with linear anionic surfactant (regional control) was the best treatment with 83.79% effectiveness, followed by diazinon + lambda cyalotrina with 71.79% and *Bauveria bassiana* with 68.10%. Wild cochineal is widespread; it was found in 90% of the plots assessed. 20.25% of the parcels were found to have more than 5 to 10% infestation, whereas 43.03% of the plots were infested with 5% or less, and only 10.13% of the sites were free of wild cochineal.

Key words: *Dactylopius opuntiae* (Cockerell), wild cochineal, prickly pear cactus, insecticides.

¹Alumno de la Maestría en Ciencias en Protección Vegetal.

²Profesor-Investigador del Depto. de Parasitología Agrícola. UACH.

**CONTROL ALTERNATIVO DE LA COCHINILLA SILVESTRE (*Dactylopius* sp.)
DEL NOPAL VERDURA (*Opuntia ficus-indica*) EN LA DELEGACIÓN
MILPA ALTA DEL DISTRITO FEDERAL.**

I. INTRODUCCIÓN

El nopal (*Opuntia* sp.) es una planta xerófita originaria de Norteamérica, que crece desde Canadá hasta Argentina. En México es un cultivo de gran importancia principalmente en zonas áridas y semiáridas distribuido en un gran polimorfismo existiendo especies silvestres y cultivadas (Colin, 1976).

La importancia económica y social del cultivo del nopal a nivel nacional radica sobre todo en la gran superficie ocupada por nopaleras, tanto silvestres como cultivadas, y en los tipos, números y regiones, así como en la diversidad de los productos generados por esta cactácea (INE, 1994), que se cultiva en diferentes zonas del país.

En el norte de México se destaca la importancia del nopal como forraje; en el centro del país como fruto y como verdura, debido a eso el Valle de México alcanza gran relevancia en cuanto a la producción de fruta y verdura. Por otro lado, en el sur destaca principalmente la producción de grana como tinte natural (Bautista, 1982 citado por Granados y Castañeda, 1991).

El nopal verdura forma parte de la cultura alimenticia del país, debido a su versatilidad para consumo y a su alto contenido proteico. En 1998, según la SAGAR, ocupó el doceavo lugar entre las hortalizas más importantes del México, en relación a la superficie sembrada con 10,500 hectáreas; sin embargo, el rendimiento promedio alcanzado de 54.8 tonha⁻¹ lo colocaron en primer lugar.

En México, la zona nopalera de la delegación Milpa Alta, D. F. es una de las más importantes por su extensión en el cultivo del nopal para verdura (De la Rosa y Santamaría, 1998).

La producción nacional de nopalitas o nopal verdura en el año 2009 fue de 728,940 Ton en una superficie de 12,041 ha; siendo la delegación Milpa Alta del Distrito Federal, la de mayor importancia con una superficie de 4, 337.00 ha y una producción de 322,102 Ton (SIAP, 2010).

El cultivo de nopal verdura representa una fuente sumamente importante de ingresos para las familias de Milpa Alta y parte fundamental en el sustento de la economía de la región (CESAVEDF, 2008).

El nopal es una de las mejores alternativas de reconversión productiva para amplias zonas semiáridas de México; la clave de ello está en la rusticidad de esta planta y su adaptación a ambientes extremos (escasez de agua, temperaturas bajo cero, etc.). Sin embargo, a pesar de su rusticidad, existe una serie de limitantes que reducen el potencial biológico del nopal. Los insectos plaga son uno de los principales factores bióticos que afectan a esta planta y disminuyen la cantidad y calidad de la cosecha, así como la duración de la vida productiva de la planta (Esparza *et al.*, 2004).

La producción de nopal es afectada por una gran cantidad de plagas y enfermedades que atacan en diferentes épocas del año (SARH, 1992), por lo que es indispensable el monitoreo continuo para detectar y combatir de manera oportuna los distintos organismos, para disminuir al mínimo los daños que reducen el rendimiento y la calidad del cultivo (CESAVDF, 2008).

Tal es caso de la Grana, Chauixtle o Cochinilla Silvestre del Nopal (*Dactylopius* spp.), considerada la principal plaga del nopal en la zona productora de Milpa Alta, ya que está ampliamente distribuida y en los últimos años se han presentado muchas fallas en su control, tanto con insecticidas químicos como orgánicos, al grado de suponer que exista cierta resistencia del insecto a diversas moléculas químicas; por lo que resulta sumamente necesario, según la Unidad Operativa de sanidad vegetal de la zona, realizar pruebas de efectividad biológica con productos más eficaces para el control de esta plaga (CESAVEDF, 2008).

Debido a la gran necesidad de mantener bajo un adecuado control fitosanitario a la cochinilla silvestre del nopal en Milpa Alta, D. F. se justifica el presente proyecto de investigación con los siguientes objetivos:

II. OBJETIVOS

- Determinar qué producto insecticida o mezcla de productos es más eficiente para el control de cochinilla del nopal.
- Identificar la especie del género *Dactylopius* que ataca al cultivo de nopal verdura (*Opuntia ficus-indica*) en Milpa Alta, Distrito Federal.
- Verificar la presencia y el porcentaje de infestación de la cochinilla silvestre del nopal en la zona de Milpa Alta.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. El nopal

El nopal ha desempeñado desde tiempos muy remotos un papel importante en el desarrollo de las culturas del centro y norte de México, el uso del nopal se destinó, sobre todo, para el consumo humano, en forma de fruto o verdura (Granados y Castañeda, 1991).

En la actualidad, el nopal se ha vuelto a aprovechar en forma integral como cultivo de cochinilla en Perú y España; planta tunera en Italia y el Mediterráneo, y en México se explota como forraje en la zona norte del país y en el centro como fruta y verdura principalmente (Granados y Castañeda, 1991).

La verdura de nopal (nopalitos) se obtiene a partir de los brotes tiernos de la mayoría de las especies de nopal, cultivadas o silvestres, aunque existen especies y variedades que bajo cultivo ofrecen características que las hacen más deseables, tal es el caso de *Opuntia ficus indica*. Esta especie presenta muy pocas espinas y en algunos casos hay ausencia total de ellas. En las variedades mejoradas de esta especie se ha logrado reducir la acidez, mucilago y espinas, haciéndolas más aceptables en el mercado (De la Rosa y Santamaría, 1998).

3.1.1. Origen

La familia de las cactáceas es considerada como endémica del continente americano, ya que la mayoría de las especies de nopal descritas se encuentran en éste. México es considerado como uno de los centros de origen. Los géneros *Opuntia* y *Nopalea* pertenecen a las cactáceas y son utilizados como alimento para el hombre ya sea como verdura, fruta o forraje para ganado (Granados y Castañeda, 1991).

Las especies del género *Opuntia* son originarias del sur de los Estados Unidos, México, Ecuador y Perú. Sin embargo, México es considerado como centro de origen del nopal por poseer gran diversidad de especies (De la Rosa y Santamaría, 1998).

3.1.2. Distribución

El género *Opuntia* se distribuye en todo el continente americano, desde la provincia de Alberta en Canadá, hasta la Patagonia en Argentina, pero es más frecuente en el sur de los Estados Unidos, México y América de Sur. De este género se reconocen 350 especies de las cuales 100 se encuentran en México (Bravo, 1978).

La producción del nopal para verdura, se localiza en mayor grado en el centro del país, destacando como mayores productores las localidades de Milpa Alta, Distrito Federal y San Martín de las Pirámides, Estado de México, donde esta especie posee gran importancia económica (Flores *et al.*, 1997b).

3.1.3. Clasificación taxonómica

La taxonomía más utilizada para la clasificación de las cactáceas es el Sistema de Britton y Rose, el cual clasifica a las Opuntias de la siguiente manera:

- Reino: Vegetal
- Subreino: Embryophyta
- División: Angiospermae
- Clase: Dicotiledoneae
- Subclase: Dialipetalas
- Orden: Opuntiales
- Familia: Cactaceae
- Subfamilia: Opuntioideae
- Tribu: Opuntiae
- Género: *Opuntia* y *Nopalea*

Especie: *Opuntia* spp., *Nopalea* spp.

Fuente: Bravo (1978).

3.1.4. Importancia

El cultivo del nopal ha desempeñado un papel muy importante en las culturas de México desde tiempos remotos. Algunas de ellas lo destinaron para el consumo humano como fruta o verdura (Granados y Castañeda, 1991).

En México existen alrededor de 3 millones de hectáreas de nopaleras silvestres, con suficiente densidad como para ser aprovechadas económicamente. Las plantaciones de nopal cultivado ocupan poco más de 210 mil hectáreas, de las cuales 150 mil se destinan al forraje, 50 mil para tuna, 10 mil para nopalitos o nopal verdura y 100 para producir el colorante grana a partir del insecto cochinilla (INE, 1994).

Muchas poblaciones de los diferentes estados de México, principalmente las que están ubicadas en zonas áridas dependen, en gran parte, del nopal para su subsistencia y para la conservación de su ganadería (Granados y Castañeda, 1991).

Existen muchas familias y jornaleros del país que dependen del cultivo de nopal verdura, por lo que es fuente importante de mano de obra y recursos económicos (Morales, 2005).

La especie *Opuntia ficus indica* es la más importante para el consumo en fresco, sin embargo *Opuntia robusta* es la más apropiada para el procesamiento industrial en salmuera o escabeche, así como para mermeladas (Flores *et al.*, 1997b).

El Cuadro 1 muestra la superficie sembrada y cosechada, la producción, el rendimiento y el valor de la producción, de nopal verdura de cada estado del país, en el año 2008.

Cuadro1. Producción nacional de nopal verdura por estado en el año 2008.

Ubicación	Sup. Sembrada	Sup. Cosechada	Producción	Rendimiento	Valor Producción
	(ha)	(ha)	(Ton)	(Ton/ha)	(Miles de Pesos)
Aguascalientes	198	198	8,871.00	44.8	12,419.35
Baja California	708	689	13,903.14	20.18	54,861.15
Baja California Sur	20	19.5	156	8	1,404.00
Chihuahua	12	12	300	25	2,400.00
Colima	11.5	11.5	207.5	18.04	916.41
Distrito Federal	4,337.00	4,337.00	272,822.80	62.91	808,718.38
Durango	75	75	1,805.00	24.07	5,211.75
Guanajuato	240	240	5,366.69	22.36	7,538.18
Guerrero	9	9	118.5	13.17	296.7
Hidalgo	49	46.5	3,751.50	80.68	16,644.27
Jalisco	500	497	14,514.78	29.2	65,558.89
México	734.5	734.5	52,189.45	71.05	143,631.56
Michoacán	297	281.5	7,539.78	26.78	9,488.07
Morelos	2,737.00	2,737.00	273,138.00	99.8	323,639.00
Nayarit	42	42	181.2	4.31	819.6
Oaxaca	117	109	1,254.60	11.51	4,958.89
Puebla	165.5	165.5	11,150.00	67.37	38,864.50
Querétaro	34	34	318.67	9.37	789.08
San Luis Potosí	418	416	1,267.55	3.05	610.09
Sinaloa	48	15	148.9	9.93	685.8
Sonora	99.25	97.25	758.75	7.8	2,734.62
Tamaulipas	597.48	597.48	4,654.82	7.79	9,568.52
Tlaxcala	10	10	43.5	4.35	331.5
Veracruz	67.55	67.55	487.75	7.22	2,005.49
Yucatán	5	5	147	29.4	441
Zacatecas	486.63	402.63	8,028.82	19.94	25,946.89
Total	12,018.41	11,848.91	683,125.70	57.65	1,540,483.70

Fuente: SIAP (2010).

En base al cuadro anterior, se tiene que la entidad con mayor superficie sembrada de nopal verdura a nivel nacional, es el Distrito Federal con 4,337ha, correspondientes 4,327 al territorio de Milpa Alta y solo 10ha a la delegación Tláhuac. En segundo y tercer lugar se ubican Morelos y el Estado de México, respectivamente (SIAP, 2010).

El nopal no solamente tiene importancia en los aspectos económicos sino también en la conservación del suelo, pues protege la capa fértil de éste contra la erosión debido al tipo de sistema radicular que posee; así mismo, los cladodios retienen partículas orgánicas que mueve el aire, las cuales resbalan por su superficie tersa hasta el suelo o bien se quedan en las conjunciones de las ramificaciones, en donde al agua de lluvia las arrastra para depositarlas en el pie de las plantas para formar así una capa de materia orgánica que aumenta constantemente de espesor y mejora la calidad del suelo (Granados y Castañeda, 1991).

3.1.5. Usos

Los usos actuales y potenciales del nopal son ampliamente variados, entre tantos son: verdura, fruta fresca, forraje, dulces, extracto de pectina, extracción de aceite, jugo concentrado, bebidas alcohólicas, cercos o setos vivos, formación y conservación del suelo, remedios caseros, materia prima para cosméticos y artículos de tocador, aglutinante, fijador de pintura, combustible y planta de ornato (Barros, 1998).

Desde el punto de vista industrial se tiene como antecedente la producción de grana o cochinilla en nopaleras para la obtención de colorantes. Por otra parte, la extracción de mucilagos de nopal, también se le da diversos usos como emulsificante, recubridor, lubricante, adherente, cosméticos, etc. (De la Rosa y Santamaría, 1998).

Actualmente, de acuerdo con Corrales y Flores (2003), el nopal tiene múltiples usos, entre los que se encuentran los siguientes:

Como frutal: para la producción de tuna, fruto del nopal, esta cactácea se cultiva en diversos países: México, Italia, Sudáfrica, Chile, Argentina, Colombia, Israel, Estados Unidos, entre otros.

Como hortaliza: para la producción de nopal verdura (nopalitos), con este propósito se cultiva en México y Estados Unidos.

Como planta forrajera: para la alimentación de ganados, se cultiva en Brasil, Sudáfrica, México, Marruecos, Argentina, Egipto, etc.

Como sustrato para la producción de grana cochinilla: la cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa) es un insecto que produce el carmín, un colorante rojo que ha vuelto a tomar importancia a raíz de que se prohibieron los colorantes artificiales por considerarlos cancerígenos. Se cultiva nopal para la producción de grana en Perú, Bolivia, Chile, España, Sudáfrica, Argentina y México.

Como planta medicinal: se ha probado que los nopalitos y la cáscara del xoconostle abaten los niveles de azúcar y colesterol en la sangre, por lo que el consumo en fresco, cocinado y procesado industrialmente se ha acrecentado en México.

Como materia prima en la elaboración de cosméticos: en México y otros países se fabrican cosméticos del nopal o de la tuna, como shampoos, acondicionadores, jabones, cremas, lociones, mascarillas, geles, etc.

Como materia prima para elaborar bebidas alcohólicas: en México, Estados Unidos, Italia, Perú, Chile, Dinamarca, se utiliza el nopal, y sobre todo la tuna, para fabricar vinos y licores.

Como cerco: la utilización de las variedades espinosas de nopal para formar cercos en los huertos familiares, en los predios ganaderos es común y muy antiguo en México.

Para la conservación del suelo: el nopal se utiliza en muchos países para proteger al suelo de la erosión hídrica y eólica, y evitar la desertificación en zonas áridas y semiáridas, formando “setos” en curvas de nivel, que soportan las condiciones del medio árido, que se caracterizan por presentar una precipitación pobre e irregular y alta oscilación térmica diaria y anual.

3.1.6.1. Plagas y enfermedades

Todas las plantas cultivadas enfrentan problemas de tipo fitosanitario, causados por diferentes organismos, tales como insectos, ácaros, nematodos, roedores, hongos, bacterias, virus, etc. El cultivo de nopal también es susceptible al ataque de diversos fitoparásitos (De la Rosa y Santamaría, 1998).

México, por ser el centro de origen de las variedades de nopal que se usan en el mundo para producir tuna, nopalitos y forraje, también presenta la mayor diversidad de plagas y enfermedades (Corrales y Flores, 2003).

De acuerdo con Alcorn, Gilberston y Nelson (1972) citados por Granados y Castañeda (1991), algunas de las enfermedades de los nopales las producen bacterias, hongos y virus. Dentro de las bacterias se encuentra una de las más visibles en los nopales conocida como necrosis bacteriana causada por *Erwinia canegieana*. En cuanto a hongos, sobresalen *Phyllostica concava* que causa lesiones circulares en el nopal, además de *Fusarium solani* y *Fusarium oxysporum* que pueden causar el derrumbe de la planta en pocos días.

Cuadro 2. Enfermedades del nopal en México.

Nombre común	Nombre científico
Pudrición negra	<i>Macrophomina</i> sp.
Mancha de oro	<i>Alternaria</i> sp., <i>Ascochyta</i> sp.
Lesiones (diversas)	<i>Phyllosticta concava</i>
Fusariosis	<i>Fusarium solani</i> , <i>F. oxysporum</i>
Gomosis	<i>Dothiorella ribis</i>
Necrosis bacteriana	<i>Erwinia</i> sp.
Antracnosis de la penca y del fruto	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>
Fumagina o negrilla	<i>Capnodium</i> sp.
Pudrición de la epidermis	<i>Phoma</i> sp.
Mancha o secamiento de la penca	<i>Alternaria</i> sp.
Agalla del nopal	<i>Agrobacterium tumefaciens</i>
Engrosamiento de los cladodios	Virus
Pudrición blanca de los cladodios	<i>Pythium</i> sp.

Fuente: Corrales y Flores (2003).

Los insectos plaga del nopal constituyen un grupo de organismos especializados en explotar, para su beneficio, las características de adaptación al medio y defensivas de esta planta. En resumen, la comunidad de insectos fitófagos que se alimentan del nopal, es pequeña pero altamente especializada, ya que no solamente especies, sino géneros e incluso grupos de géneros se alimentan exclusivamente de este tipo de plantas y han desarrollado una serie de adaptaciones morfológicas y de comportamiento para reducir el riesgo de ataque por parte de sus enemigos naturales (Esparza *et al.*, 2004).

Cuadro 3. Plagas del nopal en México.

Nombre común	Nombre científico
Picudo barrenador	<i>Cactophagus spinolae</i> Gyll
Picudo de las espinas	<i>Cylindrocopturus biradiatus</i> Champ
Barrenador del nopal	<i>Lanifera cyclades</i> Druce
Gusano cebrá	<i>Olycella nephelepsa</i> Dyar
Chinche gris	<i>Chelinidea tabulata</i> Burm
Chinche roja	<i>Hesperolabops gelastops</i> Kirk
Cochinilla o grana	<i>Dactylopius indicus</i> Green
Trips del nopal	<i>Neohydatothrips opuntiae</i> Hood
Ácaro	<i>Aceria cactorum</i> Keifer

Fuente: Altamirano (2003).

3.1.6.2. Control de plagas del nopal

Los insecticidas, son la primera línea de defensa contra plagas, pero se debe considerar que no están exentos de limitaciones, sobre todo por la resistencia que los insectos pueden tener o desarrollar a esos productos (De la Rosa y Santamaría, 1998).

El desconocimiento por parte del productor, sobre cuando es el momento oportuno para realizar las acciones de control, es la limitante más fuerte para lograr un control efectivo y eficiente de los insectos plaga del nopal. Por ejemplo, en diciembre y enero, épocas durante las cuales la efectividad del control es 0 y 2%, el dejar dentro o en las orillas de la huerta, las pencas podadas, las cuales sirven como refugios de insectos plaga que emergen más tarde, como es el caso del picudo barrenador, o de pencas dañadas por picudo de las espinas, picudo de la penca (*Gerstaeckeria* spp.), o cochinilla del nopal (*Dactylopius* spp.). Los insectos emigrarán de esas pencas hacia los nopales sanos, y por tanto la efectividad del control cultural será mínima (Esparza *et al.*, 2004).

Con el fin de reducir los riesgos de pérdidas por el ataque de este tipo de organismos, el productor tiene como principal herramienta el uso de plaguicidas sintéticos. Sin embargo, depender exclusivamente de la aplicación de agroquímicos para controlar las plagas del nopal, es una táctica que tiene serias presiones para mantenerse como una opción viable, tanto por parte de la plaga, como de la sociedad en que vivimos. Existe una gran cantidad de reportes que demuestran que el uso, y sobre todo el abuso, de un insecticida conlleva a una pérdida de la efectividad del producto en el control del insecto plaga. Por otro lado, en la actualidad se ejerce más presión de la sociedad, para disminuir el uso de plaguicidas en la agricultura, debido a una mayor conciencia ecológica y al deseo de tener un ambiente menos contaminado (Esparza *et al.*, 2004).

3.2. Cochinilla del nopal (*Dactylopius* spp.)

3.2.1. Origen

México es considerado el centro de origen de la cochinilla, pero no se ha determinado el lugar exacto de su desarrollo, aunque existen evidencias que señalan a los pueblos mixtecos como los domesticadores de esta importante fuente de colorante de origen animal (Piña, 1977).

3.2.2. Distribución

Su distribución es muy amplia y en la actualidad se encuentra en: Aguascalientes, Baja California Norte, Distrito Federal, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Estado de México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Tamaulipas, Veracruz y Zacatecas (MacGregor y Sampedro, 1984).

Según Piña para 1977 el género *Dactylopius* estaba integrado por cuatro especies: *D. coccus* Costa, *D. indicus* Green, *D. confusus* Cockerell y *D. tomentosus* Lamarck, de estas especies, la primera destaca por su importancia económica; de la cual constato su presencia viviendo de manera silvestre en los alrededores de San Agustín Amatengo, Oaxaca, en nopaleras silvestres (*Opuntia pilífera*). Las tres especies anteriores de grana silvestre se han difundido actualmente a diferentes partes del mundo, con la introducción de nopales infestados, algunas veces de manera accidental y otras a propósito.

Como se mencionó México se considera centro de origen de las cochinillas, por lo tanto su distribución es muy amplia. Según MacGregor y Sampedro (1984) la cochinilla se distribuye de la siguiente manera en nuestro país:

Cuadro 4. Distribución de especies del género *Dactylopius* en México según MacGregor y Sampedro (1984).

Especie	Estados
<i>Dactylopius opuntiae</i> Cockerell	Aguascalientes, Baja California Norte, Distrito Federal, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Estado de México, Michoacán, Moleros, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Tamaulipas, Veracruz y Zacatecas.
<i>D. confusus</i> Cockerell	Baja California Norte, Distrito Federal, Durango, Guanajuato, Guerrero, Jalisco, Moleros, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Sonora y Tamaulipas.
<i>D. tomentosus</i> Lamarck	Baja California Norte, Coahuila, Distrito Federal, Guanajuato, Nuevo León y Oaxaca.
<i>D. indicus</i> Green	Hidalgo, Jalisco, Estado de México, Moleros, Oaxaca y Veracruz.
<i>D. coccus</i> Costa	Hidalgo, Oaxaca y Puebla.

3.2.3. Clasificación Taxonómica

De la Rosa y Santamaría (1998) clasifican a la grana o cochinilla como sigue:

Phylum: Arthropoda

Clase: Insecta

Orden: Homoptera

Familia: Dactylopiidae

Género: *Dactylopius*

Especie: *Dactylopius* spp.

3.2.4. Descripción morfológica

Huevecillo

El huevecillo de *Dactylopius indicus* es oval, pigmentado de color rojo intenso con un corión grueso y transparente (De la Rosa y Santamaría, 1998). Méndez (1992), menciona que en *D. coccus* mide 0.72 x 0.33 mm, con la superficie lisa y lustrosa.

Estadios ninfales

En *D. opuntiae* la ninfa del primer instar se diferencia del segundo instar principalmente por su tamaño. Ambos estados ninfales tiene antenas claramente semejantes al adulto con 6 o 7 segmentos, un par de ojos ubicados cerca de la base de las antenas. En el cuerpo presenta setas modificadas y normales y conforme avanza el desarrollo del estado inmaduro aumenta la cantidad de setas, y los poros quinqueloculares presentes se van agrupando en racimos (Romero, 2000). De la Rosa y Santamaría (1998), indican para el caso de *D. indicus* que al nacer la ninfa es pequeña, de forma elíptica y color rojo, muy similar al adulto en su primer estadio; solo que el adulto hembra es sésil. En cuanto a *D. coccus*, Piña (1977) menciona que las ninfas recién nacidas son tan pequeñas que casi no se distinguen a simple vista y

en esta etapa no hay diferencia aparente entre los machos y las hembras, ambos son muy activos, miden unos 0.75 mm de largo y están envueltas en una delicada membrana (la cubierta del huevo).

Hembra adulta

De Lotto (1974), indica las siguientes características para identificar a la hembra adulta de *Dactylopius opuntiae*: Antenas de siete segmentos, a veces reducidas a seis debido a la fusión del tercero y cuarto segmentos. El anillo anal consiste de una ranura en forma de media luna; espiráculos abdominales ausentes. Los racimos de dos a cuatro poros con un ducto tubular están comúnmente en las áreas media y submedia del dorso, éstos nunca se extienden más allá de la mitad del área ventral; los poros quinqueloculares se agrupan en racimos y normalmente llevan un ducto tubular central. Presentan dos pares de espiráculos torácicos bien desarrollados con los opérculos esclerotizados y con bordes ásperos o provistos de unas pocas dentaciones. Las setas ventrales y dorsales están modificadas: cortas, cilíndricas, de moderada a fuertemente engrosadas, con ápices truncados; de tamaño variable, la relación entre la longitud total de la seta y la de su base es de 1.3 a 1.6, las setas de la cabeza son similares en forma y tamaño a las del abdomen. Presentan poros en forma de ocho y racimos muy numerosos en la región ventral en los últimos tres segmentos, unos pocos se encuentran esparcidos sobre el prosoma en la región ventral y a través del margen externo de los espiráculos posteriores y patas cortas y fuertes. De aquí la identificación de Romero (2000), de especímenes de *D. opuntiae*, al encontrar en la hembra adulta: presencia de setas con ápice truncado de dos tamaños, presencia de algunos poros en el margen externo de los espiráculos torácicos posteriores y la agrupación de racimos en los últimos tres segmentos abdominales.

La hembra de *D. indicus* es áptera, de forma oval plano convexa, con surcos transversales que segmentan su cuerpo; la región ventral es plana y carece de patas. Tiene el cuerpo cubierto por una sustancia cerosa y blanca que le da una apariencia

algodonosa. Completamente desarrollada mide 3.3 a 6 mm de longitud y de 2 a 3 mm de ancho (De la Rosa y Santamaría, 1998).

Dactylopius coccus, presenta un notable dimorfismo sexual. Las hembras carecen de alas son de forma oval plano-convexa y con surcos transversales; miden 3.3 a 6 mm de largo por 2.5 a 4.5 mm de ancho. La región dorsal es convexa y muestra once segmentos espaciados. La región ventral es plana y pueden reconocerse de ellas las regiones correspondientes a cabeza, tórax y abdomen, por la inserción de los apéndices y por la forma de los segmentos. En su parte anterior están las antenas rectas, formadas por once segmentos cada una y un par de ojos. La boca tiene un pico o proboscis formado por el lábium, dentro del cual hay 4 estiletes. El tórax posee tres pares de patas simples, formadas por tres artejos y una uña. En el margen de los segmentos torácicos hay 2 pares de espiráculos meso y metatorácicos. El abdomen muestra 6 o 7 segmentos con abertura anal en su parte posterior. Todo el cuerpo del insecto está cubierto por una sustancia cerosa de color blanco, que es secretada por pequeñas glándulas especiales, este es un mecanismo de defensa contra sus enemigos naturales. La hembra de *D. coccus* puede distinguirse de las otras especies del mismo género, porque su cubierta cerosa es de forma pulverulenta (como talco), fácilmente desprendible. En cambio la cubierta de las otras especies, es filamentosa (como algodón) y muy difícil de desprender (Piña, 1977).

Macho adulto

Desde el estado de pupa (aquellas que originaron machos), las regiones y apéndices del cuerpo se pueden distinguir. El primer par de patas está dirigido hacia adelante entre las antenas, los otros dos pares están proyectados hacia atrás. El adulto presenta regiones del cuerpo bien diferenciadas, en la cabeza porta característicamente: un par de antenas casi de tipo moniliforme, de 10 segmentos y con el aparato bucal atrofiado, en el tórax esclerotizado presenta un par de alas de venación simple o reducida, representada por las venas medias y radio, y un par de halterios o rudimentos alares en el mesotórax, las patas son delgadas. El abdomen

es oval, con los segmentos acompañados por algunas setas, en el extremo posterior se proyecta la genitalia que está esclerotizada y es de forma cónica (Romero, 2000). Las características mencionadas son similares a las reportadas por Marín y Cisneros (1977) para el macho de *D. coccus* Costa y típicas para los machos coccideos. Sin embargo, estas características no se consideran para la identificación de las especies del género *Dactylopius*.

El macho de *D. indicus* es alado, carece de órganos bucales y mide 2 mm de longitud; su cabeza, tórax y abdomen están bien diferenciados (De la Rosa y Santamaría, 1998).

En *D. coccus* los machos tiene cabeza tórax y abdomen bien diferenciados; un par de alas mesotorácicas y dos balancines; carecen de órganos bucales y de tamaño mucho más reducido que las hembras, el abdomen termina en dos largos filamentos cerosos (Piña, 1977). Presenta un par de alas bien desarrolladas y de venación reducida, antenas casi moniliformes de 10 segmentos y en el extremo del abdomen tienen filamentos o apéndices caudales (Méndez, 1992).

Como se puede apreciar, las características morfológicas, según varios investigadores, nos revelan las grandes similitudes existentes entre los distintos estadios biológicos de las diferentes especies del género *Dactylopius*. Así mismo, como se describe a continuación, también estas especies muestran grandes semejanzas, en lo referente a su biología y hábitos, que manifiestan mínimas diferencias debidas principalmente a las condiciones ambientales donde se desarrollan.

3.2.5. Biología y hábitos

La biología de la grana silvestre es similar al de la grana fina. La hembra de la grana silvestre *D. opuntiae* pasa por tres estados biológicos: huevecillo, ninfa (con dos instares) y adulto; en tanto que el macho pasa por huevecillo, ninfa, prepupa, pupa y

adulto, por lo cual se le considera a la hembra de metamorfosis incompleta y en el macho es aparentemente completa (Romero, 2000).

El mismo autor menciona que las ninfas recién nacidas de *D. opuntiae* son activas, de color rojo claro y una vez que se fijan al sustrato (aproximadamente una semana después), empiezan a secretar una secreción filamentosa de color blanco y una sustancia blanca, similar al talco. Después de la primera muda el color del insecto es más oscuro y su tamaño aumenta ligeramente, la secreción filamentosa y pulverulenta se hace más abundante, a tal grado que se forma una cubierta totalmente blanca y al consumarse la segunda muda, la exuvia se incorpora a la cubierta de la hembra adulta debido a que ya no se desplaza (Romero, 2000).

La hembra adulta de ésta especie, es de tamaño considerablemente mayor a los estados inmaduros y su tamaño se incrementa después de la cópula, alcanzando su mayor volumen antes de la oviposición. Cuando las hembras llegan al estado adulto, ovipositan ya sea huevecillos (que eclosionan unos minutos después), o expelen crías vivas que dejan el ovisaco en su paso a través de la vulva, estas permanecen algunos días debajo del cuerpo de la hembra (Romero, 2000).

En general, las observaciones realizadas por Romero (2000) de *D. opuntiae*, son muy parecidas a las obtenidas respecto a *D. coccus* Costa por otros investigadores como Piña (1977), Marín y Cisneros (1977), Méndez (1992); al igual que las de *D. indicus* señaladas por De la rosa y Santamaría (1998) y Granados y Castañeda (1991). Algunas de las cuales, a continuación se mencionan.

Según De la Rosa y Santamaría, (1998), el huevecillo en *Dactylopius indicus* dura 1 hora, y la ninfa tarda 45 minutos en eclosionar con las características del adulto. Las ninfas, macho y las hembras permanecen agrupadas cerca de su progenitor uno o dos días; después se dispersan en busca de grietas o areolas para iniciar sus actividades. Los machos jóvenes, después de varias semanas, hilan pequeños cocones blancos y ovales, que generalmente se encuentran entre grupos de

hembras adultas. En 15 días se transforman en adultos. Las ninfas hembra continúan su desarrollo sin cambiar la forma de su cuerpo, las patas pierden su fuerza de locomoción; insertan sus proboscis y empiezan a alimentarse sin moverse por el resto de su vida. Las hembras tienden a fijarse en las partes periféricas para atacar los brotes y frutos provocando su caída antes de la maduración.

La vida de *Dactylopius coccus* pasa por los estados de huevo, ninfa y adulto, al igual que todos los insectos de este mismo orden. Durante la oviposición los huevecillos quedan bajo el cuerpo de la hembra y eclosionan en un periodo que puede variar desde 15 minutos hasta 6 horas. La grana muda tres veces de piel (exuvia) antes de alcanzar su estado adulto. Aparentemente la partenogénesis es frecuente al igual que en otros insectos de este mismo grupo. El insecto macho después de su primer cambio de piel, forma un pequeño capullo cilíndrico de color blanco en el que permanece hasta su transformación en adulto. Proporcionalmente el número de machos es mucho menor que el de las hembras (Piña, 1977).

En la misma especie, las hembras en un lapso de 24 a 48 horas insertan sus picos en los tejidos del nopal comenzando a alimentarse y quedando fijos durante el resto de su vida. Algunas, sin embargo pueden cambiar varias veces de lugar durante varios días, antes de escoger un lugar fijo. Los insectos recién nacidos pueden permanecer hasta 10 días sin alimentarse. Frecuentemente son arrastrados por el viento, siendo este su principal medio de dispersión. Una vez que insertan su pico en el nopal, ya no se les puede desprender sin romper este órgano, lo que causa su muerte. Después que las hembras se fijan, comienzan a secretar su cubierta cerosa. A medida que las hembras se desarrollan aumentan de volumen y sus patas se retraen, comenzándose a atrofiar conjuntamente con las antenas (Piña, 1977).

Méndez (1992) comenta que los individuos de *D. coccus* son sedentarios y tienden a juntarse en grupos sobre los cladodios y se alimentan al insertar sus estiletes al tejido vegetal. El macho adulto es de vida efímera, razón por la cual aprovecha para aparearse y fecundar varias hembras. Comienzan a reproducirse en primavera,

pasas por tres estadios jóvenes, las ninfas recién emergidas presentan movilidad por uno o dos días y generalmente son dispersadas por el viento en otras pencas o plantas, en cuanto llegan al cladodio buscan hendiduras en la bases de las espinas para establecerse, insertando su estilete bucal. Al iniciar su alimentación ya no se movilizan. Su incremento poblacional se presenta al aumentar la temperatura en los meses de marzo a abril y declina en los meses de septiembre a octubre.

Duración de los estados biológicos

Para *Dactylopius opuntiae*, las ninfas I y ninfas II de hembras y machos tiene una duración promedio de 18 a 19.8 días, a una temperatura promedio de 23.2°C (Romero, 2000).

En el caso de los adultos de *D. opuntiae*, se encontró una duración promedio de 38.4 días en hembras y 4.2 días en machos (Romero, 2000). Muy similar a los machos adultos de *D. coccus*, de los que Piña (1977) dice son de vida muy corta y reafirma Méndez (1992), mencionando que son de vida efímera y solo viven de 3 a 4 días.

Los factores climáticos y la lozanía de las plantas hospederas son determinantes para alargar o acortar el tiempo que requiere el ciclo biológico del insecto (Piña, 1977). Lo cual explica las diferencias en las observaciones, teniendo en cuenta que cada estudio se realizó en condiciones ambientales distintas y más aún si no se trata de la misma especie, además de que ninguno de los investigadores referidos estudió, distintas especies a la vez.

Duración del ciclo y diferenciación sexual del macho

El ciclo biológico del macho en *D. opuntiae*, duró 43 días y la diferenciación sexual se dio a los 26 días, aproximadamente 7 días después de la primera muda (Romero, 2000).

Para *Dactylopius coccus*, el ciclo total del macho puede variar entre los 51 a 62 días. Los machos adultos presentan metamorfosis completa (holometábola), no así las hembras (Méndez, 1992).

Duración de algunos eventos de la hembra

El ciclo biológico de las hembras de *D. opuntiae* es bastante más largo que el de los machos con una duración promedio de 77 días (Romero, 2000). Piña (1977), dice que en condiciones ideales de cultivo, la hembra de *D. coccus* requiere de unos 90 días para su desarrollo desde estado de huevo, al adulto (en los meses de primavera, verano y otoño), mientras que este desarrollo puede tardar hasta 45 días en invierno.

Romero (2000) estimó el periodo de preoviposición de *D. opuntiae*, a partir del tiempo promedio de la emergencia de los machos y la media de inicio de oviposición; de este modo se obtuvo un periodo de preoviposición de 18.8 días. Fundamentado por Méndez (1992) quien afirma que existe cierta sincronización entre la emergencia del macho y la ocurrencia de la segunda muda de las hembras y es señalado por Marín y Cisneros (1977) como el inicio de la receptividad de las mismas.

La oviposición de *D. opuntiae* comienza el día 57 de la vida de la hembra, es decir 20 días después de la segunda muda, con un periodo de oviposición de 21 días (Romero, 2000). En cambio las hembras de *D. indicus* comienzan la oviposición 4 semanas después de la fecundación y dura de 10 a 12 días, poniendo como término promedio 106 huevecillos cada una. La oviposición es más abundante durante la tarde (De la Rosa y Santamaría, 1998). De manera similar en *Dactylopius coccus* este periodo dura unos 15 días (Piña 1977).

Proporción sexual

En el estudio de Romero (2000), la proporción sexual resultó ser de 1:1. Marín y Cisneros (1977) encontraron que el número de hembras es mayor al pasar de las condiciones de laboratorio a las de campo.

Número de crías

En cuanto a la reproducción de *Dactylopius opuntiae* Romero (2000), obtuvo el promedio de crías por hembra, 131.2 crías con apareamiento natural; 154.8 en las que se les colocaron dos machos; mientras que las que no tuvieron machos ovipositaron solo 61.8 ninfas. Por lo que dice que el apareamiento es necesario para que se presente una oviposición normal. Piña (1977), menciona que *D. coccus* pone en promedio 350 huevecillos. Al terminar esta operación, el cuerpo del insecto se contrae hasta que muere. En condiciones de Amatengo, Oaxaca Pueden presentarse de 3 a 4 generaciones al año.

3.2.6. Daños

Las ninfas y adultos hembra succionan la savia de la planta, produciendo en las pencas y en los frutos áreas cloróticas, ligeramente hundidas. Tienden a fijarse en las partes periféricas para atacar los brotes y frutos, provocando su caída antes de la maduración. Se han observado casos de ataque severo en que esta plaga llega a cubrir totalmente las pencas, matándolas en poco tiempo. Las partes afectadas parecen estar cubiertas con masas de algodón que al ser presionadas expelen un líquido rojo carmín (De la Rosa y Santamaría, 1998).

Los daños que genera este organismo se localizan en la parte basal de las espinas del nopal. Los ataques severos de este organismo pueden causar la caída del fruto, el debilitamiento de la planta y finalmente la muerte de esta (Granados y Castañeda, 1991).

Durante el invierno esta plaga tiene poca actividad pero desde que la temperatura comienza a ascender, inicia la actividad y la reproducción de esta plaga se hace notable, la cual ataca por igual a pencas y a los frutos. Actualmente se encuentra presente en todo el año con menos actividad a temperaturas bajas o días lluviosos. (De la Rosa y Santamaría, 1998).

3.2.7. Control

Es recomendable la destrucción mecánica del insecto mediante el barrido de las pencas afectadas y la destrucción de las que presenten fuertes infestaciones (De la Rosa y Santamaría, 1998).

Un método de control de la grana o cochinilla es la aplicación de productos agroquímicos, uno de ellos es el uso de malatión al 50% a dosis de 5-75 L/ha, cuya aplicación se recomienda en temporadas de mayor calor, procurando hacer aplicaciones cuando la plaga esta pequeña para un mejor control (Granados y Castañeda, 2000).

El combate de esta plaga se puede hacer mediante la aplicación de insecticidas tales como Folidol CE y Malathion CE a una dosis de 1-1.5 L/200 L de agua en cuanto se tenga presencia de la plaga (De la Rosa y Santamaría, 1998).

El CESAVEDF (2008) recomienda realizar un manejo integrado de la plaga, que incluya los siguientes tipos de control:

- Mecánico. Se le debe dar mayor énfasis, ya que es una alternativa muy afectiva, aunque laboriosa; se debe realizar cuando comienza el ataque de la plaga quitando a las hembras de grana mediante una escoba o cepillo de cerdas firmes.

- Cultural. Al momento de establecer la plantación es importante utilizar pencas sanas y vigorosas libres del insecto.
- Natural. La cochinilla cuenta con varios enemigos naturales como: *Chilocorus cacti*, *Hyperaspis trifurcata* y *Laetilia* sp.
- Químico. A pesar de no contar con productos registrados para el nopal y mucho menos para esta plaga, se han estado utilizando moléculas como clorpirifos y dimetoato, que minimizan el ataque de la grana cochinilla.

3.2.8. Enemigos naturales bióticos

Piña (1977) menciona que las diferentes especies de *Dactylopius* no están exentas del ataque de diferentes parasitoides y depredadores, de estos últimos, los más comunes se revelan en el cuadro 5.

Cuadro 5. Principales depredadores de *Dactylopius* spp.

Orden	Familia	Especies
Lepidoptera	Pyralidae	<i>Laetilia coccidivora</i>
		<i>L. quadricorella</i>
		<i>Salambona analamprela</i>
Coleoptera	Coccinelidae	<i>Hyperaspis trifurcata</i>
		<i>H. fimbriolata</i>
		<i>Cybocephalus nigritulos</i>
		<i>S. hornii</i>
		<i>Chilocorus cacti</i>
		<i>Hippodamia convergens</i>
		<i>H. quinquefasciatus</i>
Diptera	Syrphidae	<i>Baccha</i> spp.
	Agromyzidae	<i>Leucopis bellula</i>
Neuroptera	Hemorobiidae	<i>Sympherobius amiculos</i>

Los enemigos naturales de *Dactylopius* encontrados en Villa Milpa Alta son *Hyperaspis trifurcata* y *Chilocorus cacti* (Coleoptera: Coccinellidae), *Laetilia* sp. (Pyralidae: Phycitinae) y *Baccha* sp. (Syrphidae: Syrphinae) (Sánchez, 2002).

Además, numerosas aves, roedores y reptiles devoran grandes cantidades de grana, por otra parte, las enfermedades más frecuentes son el llamado chamusco que mata al insecto dejándolo ennegrecido. Y el chorreo que es una diarrea que reduce al insecto a una cascarilla vacía. Aparentemente estas dos enfermedades son de origen bacteriano (Piña, 1977).

3.2.9. Enemigos naturales abióticos

Flores y colaboradores (1985), indican que el desarrollo de la cochinilla es afectado por la temperatura ambiental, la precipitación, el viento y la intensidad luminosa. Pérez y Kostarab (1992), señalan a la humedad relativa como otro factor importante para el desarrollo de la cochinilla.

Temperatura atmosférica

El desarrollo de *D. coccus* es óptimo entre los 24 y 28°C durante el día. El desarrollo es inadecuado a temperaturas bajas y tarda mucho tiempo en madurar, la planta en contraste puede tener buen desarrollo. El insecto es afectado por temperaturas bajo cero (Flores, 1997a).

En *D. coccus* se observó que al amentar la temperatura, aumentó el establecimiento inicial de las ninfas, mientras que la duración del ciclo biológico y el número de machos disminuyeron (Méndez, 1992).

Precipitación

Las lluvias, principalmente las de altas intensidades, son el principal enemigo climático de las cochinillas, ya que pueden ocasionar hasta el 100% de mortalidad por lavados. Las lluvias ligeras y lloviznas pueden provocar la remoción de la cera y por consecuencia el alargamiento del ciclo y el desbalance en la relación de sexos. En áreas donde el período de lluvias es prolongado y por tanto la precipitación alta, la tasa de mortalidad en *D. opuntiae* aumenta (Morán 1984).

Humedad relativa

La alta humedad relativa afecta la también la duración del ciclo de vida, especialmente acompañada de bajas temperaturas. En el caso de las hembras, les provoca un alargamiento en el período de preoviposición y en los machos prolonga la duración de prepupa y pupa, en el capullo (Flores, 1997a).

Luminosidad

La luminosidad es importante en estadio de ninfa migrante. Se ha demostrado que en este instar prefieren la sombra y un poco de luz para establecerse (Flores *et al.*, 1985).

3.3. Productos evaluados¹

3.3.1. Diazol 25ce

Es un insecticida, cuyo ingrediente activo (i.a.) es diazinon, el contenido de i.a. por litro de producto formulado equivale a 250gr, correspondiendo al 26.46% en peso. Es un insecticida organofosforado que actúa por contacto e ingestión y está clasificado como un producto ligeramente tóxico.

¹La información de los productos utilizados se recabó del PLM 2009.

3.3.2. Pateador 5EC

Plaguicida cuyo ingrediente activo es lambda cyalotrina, con un peso de i.a./L de 50gr equivalentes a 5.39 del porcentaje en peso. Es un piretroide con actividad insecticida por contacto e ingestión, no sistémico con buen efecto de choque y buena persistencia que actúa sobre el sistema nervioso de los insectos; clasificado como moderadamente tóxico.

3.3.3. Permetrina 500 CE

Ingrediente activo del mismo nombre, con peso de 500gr de i.a./L que corresponden al 48.55% del producto. Es un insecticida del grupo de los piretroides sintéticos; actúa por contacto e ingestión. Las dosis deben ajustarse según la infestación, tamaño del cultivo y características del equipo de aplicación. Pertenece a la categoría toxicológica de los moderadamente tóxicos.

3.3.4. Regent 200SC

Es un insecticida con fipronil como ingrediente activo, pesando 200gr de i.a./L equivalentes al 21.75%. Plaguicida del grupo de los fenilpirazoles, formulado como suspensión acuosa (floable) que actúa por contacto e ingestión. Esta considerado como moderadamente tóxico. Es una suspensión acuosa de aplicación al follaje en forma de aspersión con cualquier equipo terrestre o aéreo.

3.3.5. Foley 50CE

Es un insecticida organofosforado que actúa por contacto e ingestión. Su ingrediente activo es paratión metílico, formulado como concentrado emulsionable con 500gr de i.a./L equivaliendo a un 47.1 por ciento del peso del producto. Se aplica al follaje, debe ser utilizado con gran precaución ya que es un insecticida extremadamente tóxico.

3.3.6. ALTERnim

La sustancia activa es azadiractina, tiene 150gr de i.a./L que equivalen al 5%. Es un insecticida botánico, que controla por contacto e ingestión mosquita blanca, pulgones, trips, araña roja, psílicos, escama y larvas en instares iniciales. El producto actúa por repelencia, por efecto antialimentario e interfiriendo en las mudas, además altera la conducta y la fisiología de la reproducción. El grado de eficacia depende de las condiciones ambientales, poblaciones, área de aplicación, tipo de plaga y estado fisiológico de la plaga. Esta calificado como ligeramente tóxico.

3.3.7. BIO-SAVE

Su ingrediente activo son sales potásicas de ácidos grasos de extracto de semillas de naranja, de lo cual contiene 55% del peso del producto. Éste plaguicida orgánico-natural, es sistémico y de amplio espectro de acción. Es efectivo tanto al contacto como en forma sistémica. Por contacto actúa sobre los microorganismos patógenos dañando su pared celular, interrumpiendo de esta forma su ciclo vital y por ende deteniendo su multiplicación. Es considerado ligeramente tóxico.

3.3.8. *Beauveria bassiana*

Es un insecticida biológico cuyo ingrediente activo son los conidios del hongo de igual nombre al producto comercial, conteniendo 1.2×10^{12} conidios por 240 gr. Actúa por contacto y causa la muscardina blanca. Controla mosquita blanca, mosca pinta, broca del café, gallina ciega, picudo negro del plátano, picudo del cocotero y larvas de lepidópteros. El propágulo infectivo se adhiere al insecto donde germina y ejerce presión liberando enzimas que producen la degradación de los tejidos, ablandándolos y permitiendo su penetración. Dentro del insecto, el hongo coloniza todo el cuerpo y se dispersa en la hemolinfa; externamente, produce y libera millones de conidios infectivos que son la fuente de inóculo para infectar a otros insectos. Producto clasificado ligeramente tóxico.

3.3.9. Weltic

Sus ingredientes activos son Polietoxi, polidimetilsiloxano y surfactante no iónico, conteniendo 1,032 gr de i.a./L equivalentes al 99% del producto. Es un coadyuvante no iónico de organosilicón, extensor, penetrante y humectante, el cual es usado en mezcla con formulaciones de agroquímicos (insecticidas, herbicidas, fungicidas y fertilizantes foliares), con la finalidad de mejorar la efectividad de los ingredientes activos. Su adición a la mezcla de agroquímicos, da como resultado la modificación positiva en la efectividad del agroquímico en la mezcla y su mejor distribución sobre la superficie tratada. Es un producto ligeramente tóxico.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Localización del ensayo

En coordinación con personal técnico de la Unidad Operativa de Milpa Alta del Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Distrito Federal (CESAVEDF), se seleccionó una parcela infestada con *Dactylopius* sp. en las nopaleras de la delegación Milpa Alta del Distrito Federal, en la que se estableció el ensayo.

El terreno elegido es propiedad del Sr. Vicente Peralta Valentín, situado en la comunidad de Santa Martha (Av. Veracruz). Su ubicación geográfica es: Latitud N 19° 12' 56.45" y Longitud W 99° 01' 10.49". En la Figura 1, se representa el lugar exacto del experimento con un punto en la zona en blanco, correspondiente al territorio de Milpa Alta.

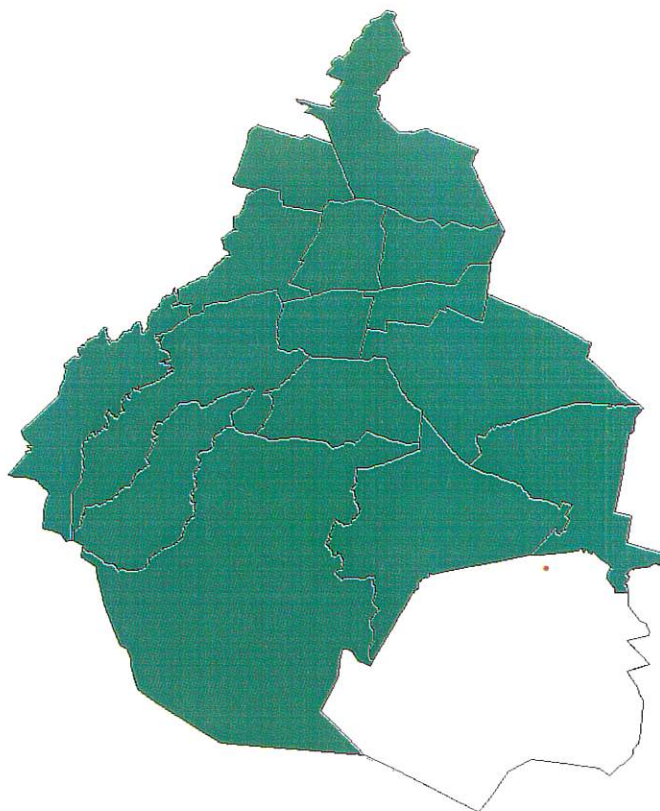


Figura 1. Ubicación del ensayo de efectividad biológica.

4.2. Identificación de la cochinilla

Se confirmó cual es la especie exacta de cochinilla silvestre del nopal presente en Milpa Alta, ya que según información perteneciente al CESAVEDF, corresponde a la especie *Dactylopius indicus* Green; mientras que otros estudios indican que es *Dactylopius opuntiae* Cockerell. El procedimiento de identificación se llevó a cabo en el Instituto de Fitosanidad del Colegio de Postgraduados.

4.2.1. Recolección de ejemplares

Se colectaron varios especímenes de cochinilla del nopal en la parcela donde se llevó a cabo el experimento, para posteriormente ser identificados en laboratorio y así determinar la especie del género *Dactylopius* existente en la zona.

4.2.2. Procesamiento de muestras en el laboratorio

Para procesar las muestras en laminillas para su determinación específica se utilizó el método propuesto por Hamon y Kosztarab (1979), el cual menciona que dentro de los componentes del cuerpo de las cochinillas se encuentran: a) proteínas, carbohidratos, lípidos y iones, suspendidos o disueltos en agua que pueden eliminarse químicamente con una digestión en hidróxido de potasio al 10% con calentamiento opcional o en frío y luego por lavados sucesivos en agua destilada; b) la capa externa cerosa y contenidos corporales cerosos/grasos pueden ser disueltos con solventes orgánicos en ausencia de agua; c) la cutícula inerte, que si es transparente, debe ser teñida con fucsina ácida (si la cutícula es muy oscura, puede aclararse para hacerla transparente con peróxido de hidrógeno y amoníaco).

4.2.3. Claves de identificación

Una vez procesadas las muestras se procedió a su identificación mediante la observación directa al microscopio, basándose en las características que se describen en las claves de De Lotto, G. 1974, sobre el estatus y la identidad de la cochinilla (Homoptera: Coccoidea: Dactylopiidae).

4.3. Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue bloques completos al azar, con tres repeticiones (Cuadro 6). La unidad experimental quedó constituida por una hilera de plantas de 5m de largo con una separación entre hileras de 1.5m, lo que da un área de 7.5 m², se dejó una hilera sin aplicar entre tratamientos para evitar contaminación entre tratamientos.

Cuadro 6. Distribución de los tratamientos.

Bloques	Tratamientos						
I	T3	T5	T2	T4	T1	T6	T7
II	T6	T4	T2	T7	T5	T3	T1
III	T4	T1	T3	T6	T7	T2	T5

En la parcela seleccionada se trazó el área de trabajo días antes de la aplicación. Se delinearon los bloques y las unidades experimentales con cal y banderillas, en el área para cada tratamiento se marcaron al azar tres cladodios con ayuda de cinta y marcador, para realizar las evaluaciones siempre en los mismos sitios (Figura 2).



Figura 2. Trazado del diseño experimental y marcado de cladodios.

4.4. Tratamientos

En la parcela seleccionada se realizó un ensayo, en el que en coordinación con personal de la Unidad Operativa del Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Distrito Federal se determinaron los tratamientos utilizados (Cuadro 7). Se evaluaron tratamientos insecticidas con productos químicos, orgánicos y un biológico (Figura 3), distintos a los de uso común, más un testigo regional, con el fin de establecer medidas alternas a las ya utilizadas, para el control de la cochinilla silvestre.

Cuadro 7. Tratamientos.

No.	Ingrediente activo	Producto comercial	Dosis por litro de agua
1	Diazinon + Lambda cyalotrina	Diazol 25ce + Pateador 5EC	2.5 ml + 1ml
2	Permetrina	Permetrina 500CE	1.25ml
3	Fipronil	Regent 200SC	1.25ml
4	Paratión metílico + surfactante aniónico lineal	Foley 50CE + Detergente Biodegradable ROMA	2.5ml + 1gr
5	Azadiractina + extracto de semillas de naranja	ALTERnim + BIO-SAVE	5ml + 5ml
6	<i>Beauveria bassiana</i>	<i>Beauveria bassiana</i> (NOCON)	0.25gr
7	Testigo	Sin producto	-

A los primeros cuatro tratamientos se les agregó como adherente el producto Weltik, coadyuvante surfactante no iónico, a dosis de 0.4mL^{-1} .

En la Figura 3, se muestran los productos utilizados en los tratamientos. En orden de izquierda a derecha.



Figura 3. Productos utilizados en los tratamientos.

4.5. Aplicación

La aplicación de los tratamientos se realizó el día 29 de junio de 2009 a las 8:00 de la mañana. Para la aplicación se utilizó un aspersor motorizado de mochila (Figura 2), equipado con una boquilla de cono hueco, previamente calibrado para asperjar 1,000 litros de agua por hectárea.



Figura 4. Preparándose para la aplicación.

4.6. Densidad poblacional

Para estimar grado de infestación, se evaluó la presencia de *Dactylopius* sp., contando el número de colonias de cochinillas por cladodio, evaluando tres cladodios en cada unidad experimental, previamente marcados al azar. Se realizó una evaluación previa a la aplicación de los insecticidas y posteriormente se realizaron tres evaluaciones de resultados.

4.7. Variable respuesta

La variable respuesta analizada fue el número de colonias de cochinillas/penca a los 0, 7, 14 y 21 días después de la aplicación (DDA).

4.8. Mortalidad

Para determinar el porcentaje de mortalidad que provocó cada uno de los tratamientos en la cochinilla silvestre del nopal, con los datos obtenidos de la densidad poblacional de la plaga, antes y después de la aplicación; se calculó dicho porcentaje para los 10, 17 y 24 días posteriores a la aplicación.

4.9. Efectividad biológica

Para determinar la efectividad biológica de cada tratamiento, se utilizó la fórmula de Abbott (Unterstenhofer, 1976):

$$ET = IT - it / IT \times 100$$

Donde;

ET = Eficacia del tratamiento.

IT = Porcentaje de incidencia en el testigo.

it = Porcentaje de incidencia en cada tratamiento.

4.10. Fitotoxicidad

Los efectos fitotóxicos de los tratamientos se evaluaron de manera visual mediante la escala de la EWRS (European Weed Research Society).

Cuadro 8. Escala propuesta por la EWRS para evaluar el control de maleza y fitotoxicidad al cultivo y su interpretación agronómica porcentual:

Valor de la escala	Efecto sobre la maleza	Efecto sobre el cultivo
1	Muerte completa	Sin efecto
2	Muy buen control	Síntomas muy ligeros
3	Buen control	Síntomas ligeros
4	Suficiente control en la práctica	Síntomas que no se reflejan en el rendimiento
----- Hasta aquí el Límite de Aceptabilidad -----		
5	Control medio	Daño medio
6	Control regular	Daño elevado
7	Control pobre	Daño muy elevado
8	Control muy pobre	Daño severo
9	Sin efecto	Muerte

Transformación de la Escala Puntual Logarítmica de la EWRS a la Escala Porcentual*

Valor de la escala	% de control de maleza	% de fitotoxicidad al cultivo
1	99.0 - 100.0	0.0 - 1.0
2	96.5 - 99.9	1.0 - 3.5
3	93.0 - 96.5	3.5 - 7.0
4	87.5 - 93.0	7.0 - 12.5
5	80.0 - 87.5	12.5 - 20.0
6	70.0 - 80.0	20.0 - 30.0
7	50.0 - 70.0	30.0 - 50.0
8	1.0 - 50.0	50.0 - 99.0
9	0.0 - 1.0	99.0 - 100.0

4.11. Análisis estadístico

Los datos fueron analizados mediante el paquete estadístico SAS, de acuerdo al diseño de bloques completos al azar, realizándose un análisis de varianza, una prueba de comparación de medias de Tukey ($\alpha = 0.05$).

4.12. Caracterización de la cochinilla silvestre del nopal en Milpa Alta, D.F.

Se colaboró durante el mes de junio de 2009, con personal del Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Distrito Federal, en la llamada caracterización fitosanitaria del nopal en la zona de Milpa Alta, en lo relacionado con la plaga Grana-cochinilla, realizando recorridos en varios predios al azar para diagnosticar de manera visual el grado de infestación de *Dactylopius* sp. y conocer el estado fitosanitario de las parcelas caracterizadas y estar al tanto de la distribución de la plaga en la región.

4.12.1. Porcentaje de infestación de la cochinilla

Se recorrieron varias parcelas del territorio de Milpa Alta, para verificar la magnitud del problema en cuanto a infestación de cochinilla silvestre del nopal. Para lo cual en cada unidad de producción visitada, se realizó un muestreo en “cinco de oros”, valorando 5 plantas en cada punto, evaluando así un total de 25, en las cuales se calculó de manera visual el número de individuos por planta, después se obtuvo el promedio de individuos. Posteriormente, en base a la tabla para el cálculo del porcentaje de infestación de Grana cochinilla (Cuadro 9), elaborada por personal del Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Distrito Federal; se estimó dicho porcentaje para cada planta y por último se dedujo la proporción correspondiente a cada parcela.

Las parcelas evaluadas fueron georeferenciadas con un GPS propiedad del comité, para conocer la distribución exacta de la plaga.

Cuadro 9. Tabla para estimar el porcentaje de infestación de Grana cochinilla por planta.

Grana cochinilla	
No. de individuos	% de infestación
300	100
250	83
200	66
150	50
100	33
50	16
25	8
10	3

Fuente: CESAVEDF, 2010.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Identificación de la cochinilla

Una vez procesadas las muestras y observadas al microscopio se determinó que la especie de cochinilla existente en el lugar del ensayo es *Dactylopius opuntiae* (Cockerell). El procesamiento de muestras y la respectiva identificación, fueron llevadas a cabo por personal del Instituto de Fitosanidad del Colegio de Postgraduados.

Las características más importantes utilizadas para el diagnóstico del insecto fueron setas (tamaño, forma y abundancia), la agrupación de poros quiqueloculares, los ductos tubulares y los espiráculos torácicos; en base a características mencionadas en las claves de De Lotto (1974). Dichas características, refiriéndose a la cochinilla silvestre del nopal, *D. opuntiae*, vienen explicadas a detalle en la sección de revisión de literatura.

Por lo tanto, la especie encontrada no coincide con la que hace referencia el CESAVEDF (2008), donde se menciona que la especie presente en la Zona de Milpa Alta es *Dactylopius indicus* Geen. Tal vez basado en estudios como el de García (1965), que indica a *D. indicus* como especie presente en el Valle de México, en las localidades de Otumba, Teotihuacán, Zumpango, DF y Texcoco; o el de Altamirano (2003), quien menciona que se localiza en Nopaltepec, Otumba, San Juan Teotihuacán y San Martín de las Pirámides, en el Estado de México. Sin embargo, concuerda con Sánchez (2002), que señala a *D. opuntiae* como la especie de cochinilla asociada al cultivo del nopal en la zona de Milpa Alta, D.F.

No obstante, es necesario realizar estudios donde se colecten e identifiquen especímenes de distintos lugares dentro de la región de Milpa Alta, para poder asegurar si solo está presente *Daytilopius opuntiae*, o si está alguna otra especie presente en la zona.

5.2. Evaluación del ensayo

5.2.1. Densidad poblacional

El análisis de varianza realizado con los datos del promedio de colonias de *Dactylopius opuntiae* por cladodio, muestran que uno de los tratamientos tiene un promedio de cochinillas por cladodio diferente a los demás y la prueba de medias Tukey ($\alpha = 0.05$) revela las diferencias significativas existentes entre tratamientos (Cuadro 10).

Cuadro 10. Comparación de medias de los valores del promedio colonias de *Datylopius opuntiae* por cladodio, entre tratamientos.

Tratamiento	Media	Agrupamiento Tukey
T1	8.613	b*
T2	12.612	b
T3	10.808	b
T4	5.083	b
T5	11.334	b
T6	8.973	b
T7	27.054	a

*Valores con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de medias Tukey ($\alpha = 0.05$).

En el cuadro se observa claramente que el tratamiento 7 muestra diferencia significativa con respecto a todos los demás tratamientos, que entre sí, son estadísticamente iguales. El T7 fue el tratamiento con mayor promedio de colonias de cochinillas por penca, mientras que el T4 presentó el promedio más bajo de colonias de la plaga.

La Figura 5 ilustra el comportamiento del promedio de colonias de *Dactylopius opuntiae* por cladodio en cada uno de los tratamientos. El T4 fue el mejor tratamiento al tener el menor promedio (5.083), mientras que el T7 fue el peor tratamiento, teniendo mayor promedio (27.054).

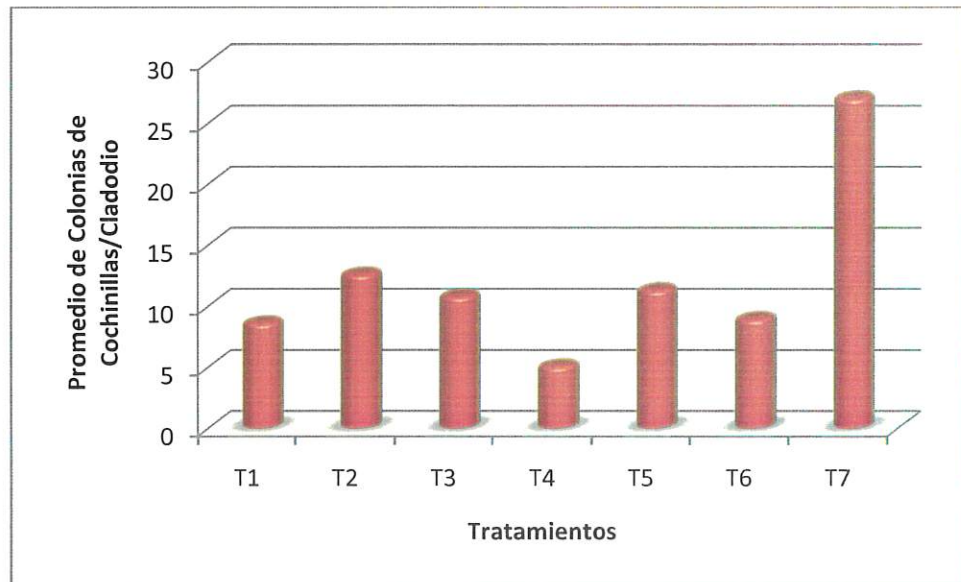
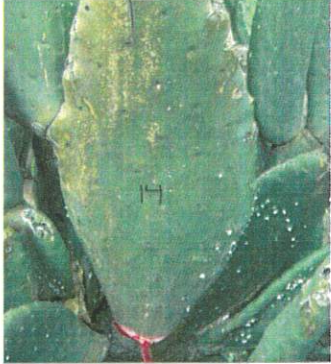


Figura 5. Promedios de colonias de cochinillas por cladodio de cada tratamiento.

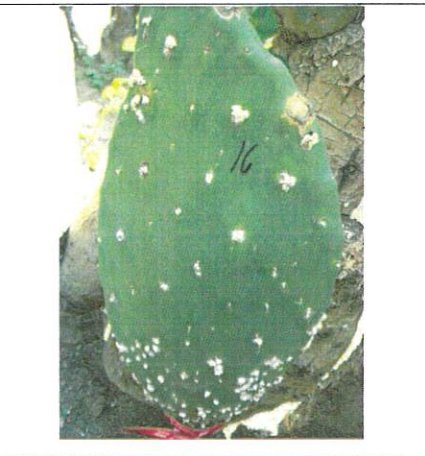
El T7 se distingue de los demás como el tratamiento con mayor infestación, no es de extrañar, pues es el tratamiento correspondiente al testigo absoluto, es decir, donde no se aplicó insecticida alguno. Los demás tratamientos aunque distintos estadísticamente al testigo, no tuvieron diferencia estadística significativa entre ellos.

Para visualizar mejor el efecto de los tratamientos en la densidad de la población de cochinilla silvestre, se incorpora el Cuadro 11, en el que se muestran fotografías donde se puede observar la diferencia existente de los tratamientos evaluados en cuanto a la cantidad de plaga por cladodio, antes de la aplicación y a los 24 días después de la aplicación, en la última evaluación.

Cuadro 11. Imágenes comparativas de los tratamientos de antes de la aplicación con la última evaluación a los 24DDA.

Tratamiento	Antes de la aplicación	24 DDA
T1	 A close-up photograph of a green cactus leaf, labeled '54' in black marker. The leaf is covered with numerous small, white, oval-shaped scale insects. A red string is tied around the base of the leaf.	 A close-up photograph of the same cactus leaf, labeled '54', after 24 days of treatment. The white scale insects are still present but appear slightly more clustered or changed in distribution.
T2	 A close-up photograph of a green cactus leaf, labeled '40' in black marker. The leaf is heavily infested with white scale insects, particularly concentrated along the edges and bottom.	 A close-up photograph of the same cactus leaf, labeled '40', after 24 days of treatment. The white scale insects are still visible, though there is a slight reduction in their density.
T3	 A close-up photograph of a green cactus leaf, labeled '14' in black marker. The leaf shows some yellowing and is covered with white scale insects.	 A close-up photograph of the same cactus leaf, labeled '14', after 24 days of treatment. The white scale insects are still present, and the yellowing of the leaf is still visible.
T4	 A close-up photograph of a green cactus leaf, labeled '51' in black marker. The leaf is covered with white scale insects.	 A close-up photograph of the same cactus leaf, labeled '51', after 24 days of treatment. The white scale insects are still visible, and the leaf appears slightly more yellowed.

Cuadro 11. Continuación.

T5		
T6		
T7		

En las imágenes anteriores se puede observar la diferencia poblacional de *Dactylopius opuntiae* antes de ser tratada y su situación posterior. Cabe mencionar que en las fotos de los 24DDA, no se alcanza a distinguir con claridad muchos de los individuos entonces muertos, pues permanecen los restos del insecto y la cubierta cerosa como manchas blanquecinas, aunque ya no se contabilizaron en la evaluación, al considerarlos muertos.

5.2.2. Fluctuación poblacional

El análisis de varianza realizado a los datos de colonias de cochinillas por penca para cada evaluación, muestran que al menos uno de los tratamientos tiene un promedio de cochinillas por cladodio diferente a los demás y la prueba de medias Tukey ($\alpha = 0.05$) revela las diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro 12).

Cuadro 12. Comparación de medias de los valores de colonias de cochinillas por cladodio entre tratamientos en cada evaluación.

Tratamientos	Evaluaciones			
	Previa	Primera	Segunda	Tercera
T1	20.447a*	7.333ab	4.780a	1.890a
T2	20.557a	11.110ab	9.667a	9.113a
T3	19.447a	7.670ab	8.670a	7.447a
T4	13.443a	4.000b	2.110a	0.780a
T5	20.337a	10.220ab	8.667a	6.113a
T6	16.890a	7.780ab	5.333a	5.890a
T7	34.553a	29.997a	24.890a	18.777a

*Valores con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de medias Tukey ($\alpha = 0.05$).

Como se puede observar en el cuadro, se tiene que en la evaluación previa, en la segunda y en la tercera, no existe diferencia significativa entre tratamientos, solo existe diferencia significativa entre los tratamientos en la primera evaluación, que corresponde a la realizada a los 10 días después de la aplicación.

El que no haya diferencia significativa entre tratamientos en las evaluaciones previa, segunda y tercera, se debe que la varianza es relativamente alta. Es decir que el número de colonias de cochinillas por cladodio varía mucho en algunas unidades experimentales, por lo tanto, el número mínimo para alcanzar la diferencia significativa es alto, entonces no logran ser estadísticamente distintos a pesar de la clara diferencia entre las medias de los tratamientos.

Observando el Cuadro 12 se percibe que el T7 fue el tratamiento con mayor infestación, al mostrar el mayor número de colonias de *Dactylopius opuntiae* por cladodio en todas la evaluaciones. Mientras que el T4 fue el tratamiento con menor número de colonias de cochinilla por penca, es decir el menos infestado.

En la Figura 6 se representa la fluctuación poblacional en cada uno de los tratamientos durante las cuatro evaluaciones. El T4 es el mejor tratamiento al mantener el menor grado de infestación y el T7 es el peor tratamiento al manteniendo el mayor número de colonias de cochinillas por cladodio.

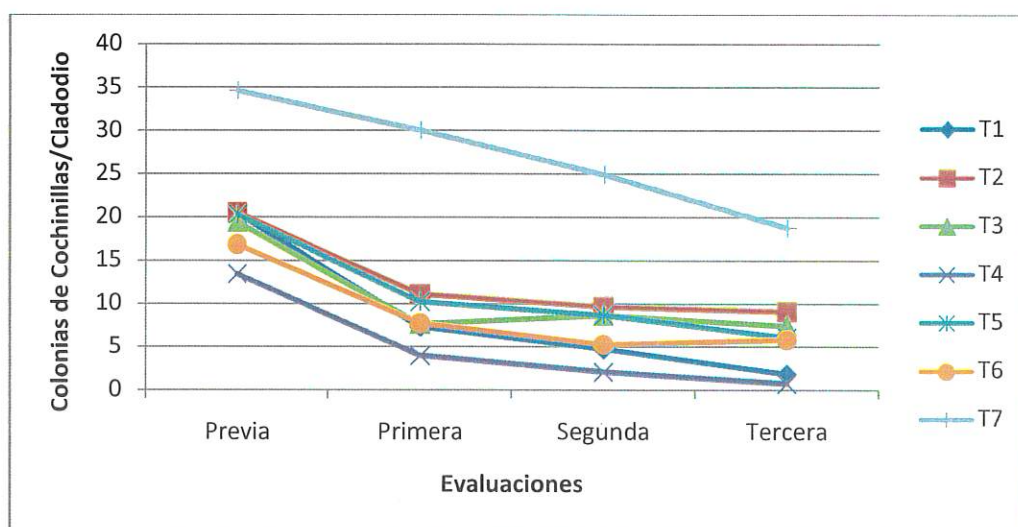


Figura 6. Fluctuación poblacional de *Dactylopius opuntiae* en cada tratamiento.

La gráfica anterior revela que a pesar de no se aplicó insecticida en el T7, se manifiesta una disminución de manera natural en el grado de infestación a lo largo del tiempo. Lo anterior puede deberse a que durante el tiempo que se llevó a cabo el experimento, se presentaron varias lluvias de moderadas a fuertes, que pudieron provocar como indican Portillo y Viguera (2003) que se desprendieran las cochinillas maduras y a las larvas migrantes a causa de las fuertes precipitaciones; o que la lluvia pudo influir de manera negativa en la presencia de cochinilla, reforzando así el argumento de Morán (1984), quien afirma que en áreas donde el período de lluvias es prolongado y por tanto la precipitación alta, la tasa de mortalidad en *D. opuntiae* aumenta.

Sin embargo en los tratamientos donde se aplicó insecticida, el comportamiento fue distinto, manifestándose una drástica baja en la densidad de población a los 10DDA y posteriormente, no se aprecian bajas importantes de la presencia de la plaga.

5.2.3. Mortalidad

Para tener otra manera de apreciar la eficacia de los tratamientos, también se analizaron los valores de mortalidad de los tratamientos, obtenidos de las evaluaciones posteriores a la aplicación.

El análisis de varianza para los datos de mortalidad en las tres evaluaciones posteriores a la aplicación, indica que al menos un tratamiento tiene un porcentaje de mortalidad distinto a los demás, excepto en la última evaluación, en la que la prueba de comparación de medias Tukey ($\alpha = 0.05$) muestra que no existe diferencia significativa estadística entre tratamientos (Cuadro 13).

Cuadro 13. Porcentaje de mortalidad de los tratamientos en distintas fechas de evaluación.

Tratamientos	Fechas de evaluación		
	10 DDA	17DDA	24DDA
T1	62.90ab	77.92ab	91.31a
T2	35.46ab	50.00ab	52.81a
T3	60.79ab	58.12ab	64.10a
T4	73.62a	86.54a	95.56a
T5	49.44ab	56.25ab	66.10a
T6	57.20ab	74.45ab	74.24a
T7	17.90a	33.88a	53.39a

El cuadro revela que en las primeras dos evaluaciones existe alta diferencia estadística entre tratamientos, no así en la tercera evaluación. Sin embargo, se puede verificar que al igual que en los análisis anteriores, el T4 se mantiene como el mejor tratamiento con mayor porcentaje de mortalidad de *Datylopius opuntiae* en

todas las evaluaciones y el T7 se mantiene como el peor tratamiento con el porcentaje de mortalidad más bajo.

Como se menciona, el T4 correspondiente a la aplicación de Foley 50CE + Detergente Biodegradable ROMA, se mantiene como el mejor tratamiento, provocando mayor porcentaje de mortalidad durante todas las evaluaciones. Este tratamiento es el más utilizado en la zona de Milpa Alta para el control de cochinilla silvestre. Es la suma de un producto extremadamente tóxico más un detergente biodegradable, éste último ingrediente al aplicarlo solo, produce cierta mortalidad de la plaga; como lo indican Palacios *et al.*, (2004), que observaron una mayor susceptibilidad de ninfas I, teniendo una mortalidad cercana al 50% con 5% del detergente Roma, las de pupas de machos expresaron un efecto letal a los cuatro días del tratamiento y en aplicación repetida, el efecto mayor se observó en las hembras adultas. Agregan que en México se han logrado resultados prometedores con los jabones y/o detergentes en el complejo de mosca blanca, áfidos, ácaros y otros insectos de cuerpo blando.

En este estudio no se observó la mortalidad en las diferentes etapas de desarrollo de la cochinilla, porque en base a las observaciones realizadas, las colonias de *Dactylopius opuntiae* encontradas en las plantas de la parcela del experimento, en su mayoría tenían hembras adultas, se observaron algunas ninfas en pocos cladodios y en otros algunos cocones y machos adultos. En un predio comercial se encuentran individuos de *Dactylopius opuntiae* de ambos géneros en distintos estados de desarrollo; esto dificulta o impide la posibilidad de hacer la aplicación sobre un estado de desarrollo más susceptible; como recomienda Miller y Kostarab (1979) al sugerir se realicen aplicaciones sobre ninfas y machos adultos, para lograr una mayor efectividad.

Vigueras *et al.*, (2009) en un estudio de control de *Dactylopius opuntiae*, señalaron que al tratar ninfas II con extractos vegetales (*Chenopodium ambrosioides* L., *Mentha piperita* L., *Mentha viridis* L., *Tagetes erecta* L. y *Tagetes florida* L.) mezclados con el

emulsificante Tween 20 obtuvo de un 82 a un 99% de mortalidad; en cambio, en ninfa I y adulto la mortalidad fue del 35%. Sin embargo, la combinación de estos extractos vegetales con otros adherentes, no expresó mortalidad para ninfas II, mientras que contra ninfas I y hembras adultas mostró baja toxicidad, solo de un 40 a 60% de mortalidad. Indican que es posible que la cubierta cerosa y la movilidad de las ninfas evitaran la acción de los extractos botánicos, por lo que es necesaria otra aplicación. De manera similar Longo y Rapisarda (1995) señalan que los insectos escama son difíciles de eliminar aún con insecticidas convencionales, al parecer por la cera que cubre al insecto y que lo protege durante la mayor parte de su vida. Al respecto, durante las evaluaciones del ensayo se percibió que la degradación de la cubierta cerosa fue mayor y más rápida en los tratamientos de productos químicos, a los que se les agregó el coadyuvante Weltik, en tanto que en los tratamientos T5 y T6 sin adherente, la degradación de la cera fue menor y más lenta. Lo que indica que el coadyuvante influye en la remoción de la cubierta. No obstante son necesarios más estudios que permitan conocer que productos y con qué adherentes se deben mezclar, para lograr un mejor control sobre la cochinilla silvestre.

La Figura 7 nos muestra, el comportamiento de la mortalidad durante los 10, 17 y 24 DDA. Se nota claramente la tendencia a aumentar del porcentaje de mortalidad, al transcurrir los siguientes 24 DDA en la mayoría de los tratamientos.

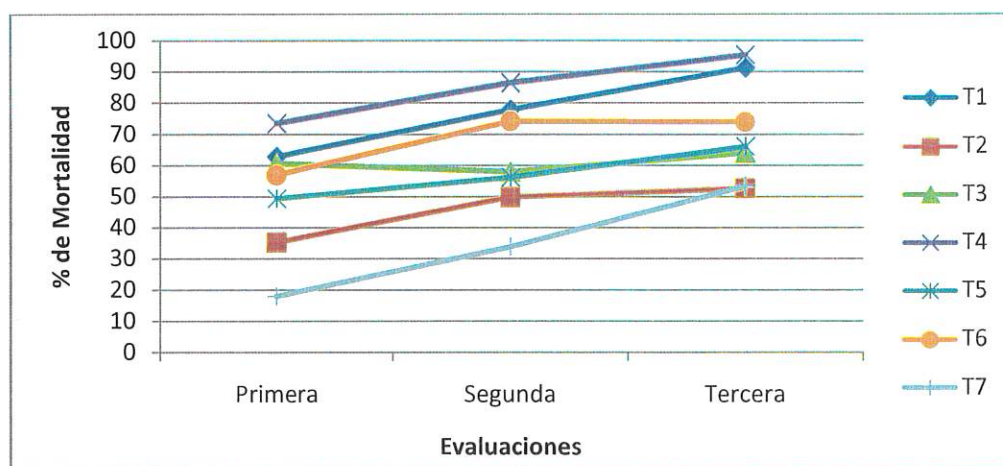


Figura 7. Gráfica del porcentaje de mortalidad de cada tratamiento durante las evaluaciones posteriores a la aplicación.

La gráfica muestra que en el T6, baja el porcentaje de mortalidad de 74.45% a 74.24% de los 17DDA a los 24DDA. Lo cual indica que tal vez este tratamiento tiene su máximo control a los 17DDA y pudiera ser necesaria en este momento otra aplicación, de ser factible.

Algo similar ocurre con en el T3, donde se da una baja en el porcentaje de mortalidad en el transcurso de la evaluación de los 10DDA a los 17DDA. Es decir, que en éste tratamiento en lugar de reducirse, como era de suponerse, el número de colonias de *Dactylopius opuntiae* por cladodio, hubo al contrario un aumento en el periodo señalado. Aunque posteriormente para los 24DDA vuelve a incrementarse dicho porcentaje. Esta contrariedad o inestabilidad observada en algunas unidades experimentales, hacen suponer que tal vez no se logró una cobertura adecuada de los tratamientos en los cladodios infestados, ya que el diseño del cultivo dificulta que la aspersión pueda alcanzar toda el área del nopal, y esto puede manifestarse con bajo o nulo control en cladodios específicos, aunado a que el insecto puede encontrarse en distintas etapas de desarrollo, observando así un comportamiento extraño en lo relativo a la presencia de *D. opuntiae*.

Sin embargo, la tendencia de incrementarse de la mortalidad, incluso se acentúa en T7 que corresponde al Testigo, es decir en donde no se aplicó insecticida, lo cual resultar confuso, pudiera deberse a que muchos individuos estaban llegando al final de su ciclo biológico natural; ya que se esperaría que en donde se aplicó insecticida, se manifestara un aumento aún mayor de la mortalidad.

Aunque estudios como el de Morandi *et al.*, (2009) han mostrado que en insectos parecidos no siempre se logra la mortalidad esperada, encontraron que los insecticidas neonicotinoides, acetamiprid (6g i.a./100L), imidacloprid (7g i.a./100L), tiametoxam (7,5g i.a./100L) y los reguladores del crecimiento buprofezin (25g i.a./100L), piriproxifen (10g i.a./100L) aplicados vía foliar no proporcionan mortalidad significativa de *Planococcus citri* en los viñedos. Mientras que aplicaciones al suelo en plantaciones nuevas, los insecticidas acetamiprid, imidacloprid y thiametoxam

proporcionan una mortalidad de 82, 94 y 82%, respectivamente, hasta 35 días después de la aplicación. Esto refuerza el hecho de la dificultad que representa controlar insectos de cubierta cerosa en aplicaciones foliares, pero abre la opción de investigar otro tipo de alternativas, es decir no atacar el cuerpo del insecto, si no buscar la manera entrarles por la boca.

5.2.4. Eficacia biológica

Los resultados de la prueba de efectividad biológica se muestran en el Cuadro 5, donde de acuerdo al análisis de varianza y a la prueba de comparación de medias Tukey ($\alpha = 0.05$) se exponen diferencias altamente significativas entre tratamientos. En el Cuadro 14 se aprecia que el T4 fue el mejor tratamiento, seguido de T1 y T6, más abajo T3, T5 y T2 que estadísticamente son iguales, estando al final T7 como el peor tratamiento.

Cuadro 14. Efectividad biológica de los tratamientos.

Tratamiento	Media	Agrupamiento Tukey
T4	83.79	a*
T1	71.79	ab
T6	68.10	ab
T3	60.93	b
T5	59.93	b
T2	54.03	b
T7	0	c

*Valores con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de medias Tukey ($\alpha = 0.05$).

Aplicando la fórmula de Abbott para determinar la efectividad biológica de los tratamientos, se obtuvo que el mejor tratamiento es el T4 (paratión metílico + surfactante aniónico lineal) con un 83.79% de eficacia, seguido de T1 (diazinon + lambda cialotrina) con un 71.79% y un poco después el T6 (*Beauveria bassiana*) con 68.10% (Figura 8).

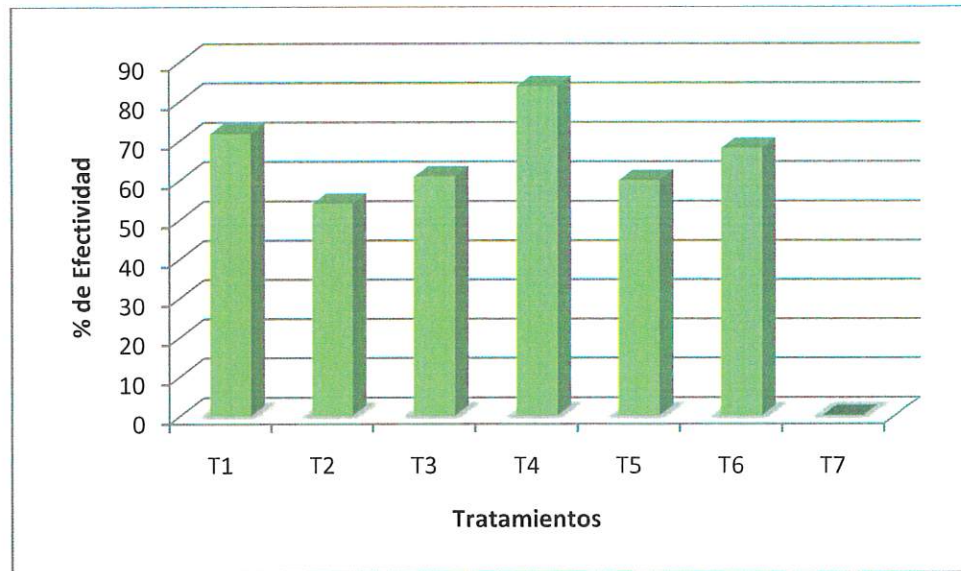


Figura 8. Gráfica de efectividad biológica de los tratamientos.

Estos datos muestran que el testigo comercial, paratión metílico + surfactante aniónico lineal, es el tratamiento con mayor eficacia; lo que indica, que de las opciones alternas evaluadas, ninguna superó al insecticida más utilizado comúnmente.

Ya se ha reportado al paratión metílico con buena efectividad contra *Dactylopius opuntiae*, tal es el caso del estudio de Brito *et al.*, (2008) quienes obtuvieron eficacia superior al 80% con los productos alternativos: detergente neutro (89.92% de eficacia), jabón en polvo (83.80%), aceite mineral (97.11) y vegetal (93.96); así como los plaguicidas: paratión metílico (94.43) y dimetoato (90.46). Además indica que la aplicación de productos alternativos no causaron mortalidad de larvas de *Cheilomenes* sp. y *Baccha* sp. (Sirphidae), mientras los plaguicidas eliminaron larvas y adultos de estos enemigos naturales. Así pues tenemos que efectivamente los plaguicidas químicos logran controles satisfactorios sobre la plaga, aunque también afectan a los insectos benéficos. Esta investigación, revela que los tratamientos alternativos, T5 (azadiractina + extracto de semillas de naranja) y T6 (*Beauveria bassiana*) consiguen niveles aceptables de 59.93% y 68.10% de efectividad, respectivamente, con la ventaja de no afectar el medio ambiente.

Batista *et al.*, (2009) probaron el aceite de naranja, conocido como Prevt-Am (tetraborohidrato decahidrato de sodio), sobre cladodios de *Opuntia ficus-indica* para el control de *Dactylopius opuntiae* en condiciones de campo y encontraron que es eficaz por arriba del 80% a dosis de 0.3%, su mayor potencial lo observó a dosis de 0.6 y 0.7%. Además, el producto no tuvo efecto letal sobre las catarinas (*Cycloneda sanguinea* y *Scymnus intrusus*), pero fue letal para las larvas de *Baccha* sp. a dosis de 0.7%. Esto indica que existen opciones de control amigables con el ambiente y los insectos benéficos, solo es necesario continuar investigando estas alternativas para poder brindar recomendaciones correctas a los productores.

De los insecticidas aplicados el T2 (fipronil), fue el que tuvo en menor porcentaje de efectividad con 54.03%, que en evaluaciones contra cochinilla rosada (*Maconellicoccus hirsutus*) y sus enemigos naturales, según Persad y Khan (2000) mostró al igual que lambda cyalotrina no tener control sobre adultos, además proporciono los índices más altos de selectividad cuando fue usado junto con *Cryptolaemus montrouzieri* y también fue el menos persistente en ornamentales en campo para *Anagyrus kamali*.

Lambda cyalotrina fue utilizada en mezcla con diazinon en el T1, alcanzando un 71.79% de efectividad, ocupando así el segundo lugar como mejor tratamiento. Diazinon fue utilizado por Marcano *et al.*, (2006) en mezcla con cipermetrina, para el control de *Maconellicoccus hirsutus* en el cultivo de papa y encontraron que fueron eficientes para el control de la cochinilla rosada, tanto por su efecto inmediato después de la aplicación, como por su efecto persistente, de manera similar al clorpirifos que también se probó.

5.2.5. Fitotoxicidad

En lo referente a la presencia de fitotoxicidad en el cultivo de nopal a causa de alguno de los tratamientos, no se observó síntoma alguno de toxicidad en las plantas bajo ninguno de los tratamientos, por lo que no se realizó análisis al respecto. La mayoría de los productos utilizados son ligeramente tóxicos, solo el Foley 50 CE, es extremadamente tóxico, no obstante es el producto más utilizado en la zona de Milpa Alta para el control de la cochinilla, además señala el CESAVEDF (2010) no se presenta toxicidad en el nopal por el uso de este plaguicida, siempre y cuando se realice una sola aplicación, no se mezcle con hormonas de crecimiento o fertilizantes, no se aplique con más de 500gr de detergente por cada 200L y no se asperje después de las 10 de la mañana.

5.3. Caracterización de la cochinilla silvestre del nopal en Milpa Alta, D.F.

Se inspeccionaron 79 parcelas de nopal verdura al azar en la zona nopalera de la delegación Milpa Alta, D.F., en coordinación con personal de la Unidad Operativa de Milpa Alta perteneciente al Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Distrito Federal.

En cada propiedad se calculó el grado de infestación de la cochinilla silvestre del nopal, como se describe en la sección de Materiales y Métodos, esto para conocer la magnitud del problema y la distribución de la plaga en la zona.

Enseguida se muestran los resultados de la caracterización fitosanitaria realizada sobre la cochinilla del nopal y los datos de las parcelas donde llevó a cabo dicha labor.

Cuadro 15. Caracterización de *Dactylopius* sp. en el cultivo de nopal (*Opuntia ficus indica*) en Milpa Alta, Distrito Federal en junio de 2009.

Productor	Comunidad	Georreferenciación		Etapas fenológica*	Superficie (ha)	Detección (% infestación)
		Longitud	Latitud			
Vicente Peralta Valentín	Santa Martha (Veracruz)	-99.01958	19.21568	C/D	0.8	34.16
Alfredo Jardines González	Xaltepetitla	-99.04019	19.21975	C	1	3.4
Mario de Aquino Lara	Santa Martha	-99.03564	19.22069	C	1.5	10.28
Mario de Aquino Lara	Santa Martha	-99.03592	19.22014	C	3	34.36
Luisa Lazcano ó Felipe Denci	Los encinos	-99.01647	19.19153	C	6	5.72
Joel G. Jurado Torres	Tepehualli	-99.02372	19.17742	C	2	16.44
Félix González	Xicalhuaca	-99.00192	19.19917	C	2.5	17.36
Víctor de Aquino Lara	Santa Martha	-99.03508	19.22014	C	1.5	17.76
Cenobio González	Xicalhuaca	-99.00164	19.19525	C	2.5	19.24
Moisés Alvarado	Tepetlapa	-99.01089	19.18706	C	2.5	2.64
Concepción Olvera Gómez	Santa Martha Tabla 1-5	-99.00178	19.19889	C	4	5.32
Concepción Olvera Gómez	Santa Martha Tabla 6-11	-99.00178	19.19889	C	4	7.08
Alfonzo Meléndez Galicia	Tepanxelva	-98.99964	19.19878	C	1	40.72
Moisés Uribe Robles	Santa Martha (Teutli)	-99.02317	19.17686	C	1.5	8.12
Tomas Uribe Robles	Santa Martha (Teutli)	-99.02322	19.17686	C	1	7.52
Luis Jiménez Villagomez	San Francisco Tecoxpa	-98.99525	19.19306	C	1	46.92
Alfonso Laguna Nápoles	Santa Martha (La México)	-99.03417	19.20886	C	0.75	6.84
Luis Jiménez Villagomez	La Arenal	-98.98081	19.20553	C	0.5	6.96
Moisés Iturbide Vanegas	Tlapancalco	-98.99525	19.19306	C	0.375	3.64
Vicente Peralta Valentín	Santa Martha (Veracruz)	-99.07169	19.20425	C	0.8	34.16
Olivia Galicia Torres	Santa Martha	-99.01944	19.20703	C	1	4.56
Teodoro Villar	Tepehualli	-99.02064	19.17561	C	0.5	3.6
Mateo Garcés Olivos	Tepehualli	-99.02117	19.17631	C	0.4	9.58
Felipe Álvarez Reynoso	Tlacontitla	-99.01325	19.21700	C	0.75	8.48
Alfonso Laguna Nápoles	Santa Martha (mantis)	-99.02100	19.21583	C	0.75	2.72
José Luis López González	Santa Martha	-99.01936	19.21356	C	0.5	0
Armando Guzmán	Santa Martha	-99.01872	19.22414	C	0.8	41
Fernando Alejandro Romero	Santa Martha	-99.01786	19.22481	C	2.4	0
Agustín Alvarado Peredo	Santa Martha	-99.02169	19.21981	C	1	3.5
Vicente Peralta Valentín	Santa Martha	-99.07169	19.20425	C	1.2	18
Luis Peralta Hermosillo	Villa Milpa Alta	-99.01769	19.20878	C	0.5	2.5
Juan Romero Pérez	San J. Miacatlan	-98.97881	19.18103	C	1	1.5
Roberto Martínez Nolasco	San Fco Tecoxpa	-98.98892	19.19947	C	2	3
Daniel Romero Castillo	Santa Cruz	-99.00639	19.21111	C	0.5	2
Margarita González Rojas	Santa Cruz	-99.00692	19.20867	C	0.5	5
Jacinto Bracho Roa	Santa Cruz	-99.03911	19.22022	C	1.2	10
Isabel Aranda	Santa Cruz	-99.01336	19.20583	C	0.4	4
Odilón Becerril Núñez	Santa Cruz	-99.01425	19.20178	C	1	37
Porfirio Laurrabaqui Nápoles	Santa Cruz	-99.00894	19.20719	C	1	20
Irma Robles Acevedo	El Mirador	-99.02361	19.17667	C	0.8	5
Daniel Romero Castillo	San A. Tecomitl	-99.00381	19.21172	C	0.5	3
Daniel Romero Castillo	San A. Tecomitl	-99.00239	19.21097	A	0.4	5

Cuadro 15. Continuación.

Porfirio Laurrabaqui Nápoles	Santa Martha	-99.04381	19.20969	C	1	8
Eduardo Castañeda Serralde	Santa Martha	-99.04283	19.21122	C	5	2
Eufasio Uribe Torres	Santa Martha	-99.03922	19.21286	C	0.7	43
Gaudencio Romero Flores	Santa Ana Tlacotenco	-98.99672	19.18111	C	0.4	0
Trinidad Nápoles	San L. Tlacoyucan	-99.02503	19.20539	C	1	0
Luis Alberto Jiménez	San L. Tlacoyucan	-98.99700	19.19867	C	6	0
Trinidad Nápoles	San L. Tlacoyucan	-99.01683	19.17833	C	1	0
Isidro Nápoles Ruiz	San J. Miacatlan	-98.99489	19.20111	C	1.5	2
Agustín Vanegas Rojas	San J. Miacatlan	-98.97975	19.17467	C	0.5	2
Ana Peralta Bolaños	Santa Martha	-99.03233	19.21172	A/C	0.8	1
Fidel Rojas Galindo	Villa Milpa Alta	-99.01567	19.21172	C	0.8	1
Gabriel Chicharo Alvarado	Santa Martha	-99.01783	19.21344	C	0.75	33.1
Carmen Bermejo Sánchez	Santa Martha	-99.02119	19.20214	C	0.85	1
Víctor B. González López	Santa Martha	-99.01311	19.22272	C	1	23
Francisco Jiménez	Santa Martha	-99.01767	19.21628	C	2	26
Ángel Álvarez Reynoso	Francisco Tecoxpa	-98.99656	19.20278	C	1	6
Felipe Álvarez Reynoso	Francisco Tecoxpa	-98.99672	19.20131	C	1	3
Odilón Flores Meza	San Jerónimo Miacatlán	-98.97756	19.18717	C	0.5	0
Víctor M. Martínez Lares	San Fco Tecoxpa	-98.98053	19.19753	C	0.8	2
Erasmus Gómez Ruiz	San Fco Tecoxpa	-98.99281	19.19606	C	1	1
Raymundo Gallardo	San Fco Tecoxpa	-98.97750	19.20497	C	1	7
Ramón Tonatiuh Navarrete	San Juan Tepenahuac	-98.98136	19.19806	C	1.1	7
Magdaleno Chávez Vilches	Santa Ana Tlacotenco	-98.98867	19.17751	C	0.5	2
Aniceto Uribe Zavala	Santa Martha	-99.03281	19.21794	C	0.8	3.3
Benito Martínez Martínez	Santa Martha	-99.03633	19.21667	C	1	10
Aniceto Uribe Zavala	Santa Martha	-99.02581	19.22117	C	0.7	90
Sergio Gómez	San Pedro Atocpan	-99.03806	19.20508	C	0.7	25
Eduardo Laguna Reyes	Santa Martha	-99.03306	19.21792	C	0.9	6
Rufina Navarro Noriega	San Francisco Tecoxpa	-98.97878	19.20617	C	1	4
Federico Arrieta Iturbe	Santa Cruz	-99.03558	19.20286	C	0.6	50
Víctor Bonifacio González	San Lorenzo Tlacoyucan	-99.03644	19.18400	C	0.6	4
Osvaldo Quintín Garcés	San Lorenzo Tlacoyucan	-99.02214	19.16106	C	1	0
Constantino González Flores	San Lorenzo Tlacoyucan	-99.03931	19.18206	C	1	4
Calixto Yedra Jiménez	San Lorenzo Tlacoyucan	-99.03822	19.19131	C	1	4
Maura Muñoz Medina	San Lorenzo Tlacoyucan	-99.02986	19.17014	C	1.8	5
Luis Ríos	San Lorenzo Tlacoyucan	-99.02694	19.16386	C	1	3
Agustín Alvarado Peredo	San Lorenzo Tlacoyucan	-99.01847	19.17267	C	0.7	3

*Etapa fenológica: A = Crecimiento, B = Floración, C = Producción, D = Cosecha y E = Abandonado.

El cuadro muestra los datos de ubicación geográfica de las parcelas caracterizadas, el nombre de la comunidad, el de sus propietarios, el estado de desarrollo del cultivo, así como el porcentaje de infestación estimado de la cochinilla silvestre del nopal.

En la Figura 9, se aprecia la distribución de las nopaleras infestadas con la cochinilla silvestre, así como los predios con ausencia de la plaga.

La simbología del mapa se explica de la manera siguiente:

Ensayo = ★

Pedio libre = ▲

Parcela infestada = ■

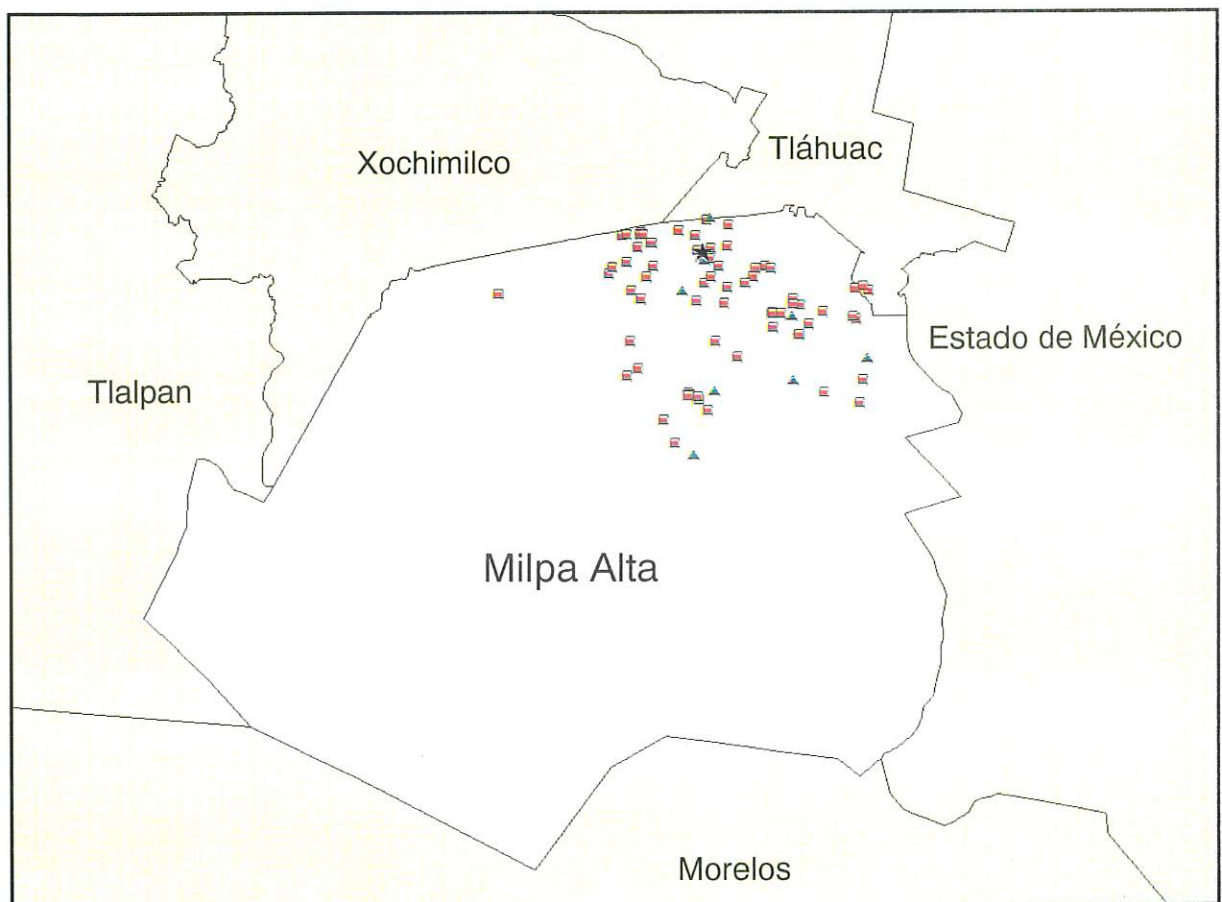


Figura 9. Mapa de distribución de la cochinilla silvestre del nopal en Milpa Alta, D.F.

En la imagen anterior se aprecia claramente la amplia distribución de la cochinilla silvestre del nopal en la zona de Milpa Alta, prácticamente se distribuye en toda la zona evaluada, salvo pocas áreas libres que se sitúan muy cerca de los lugares infestados; asumiendo que si no se realizan estrategias de manejo adecuadas, pronto podrá estar presente en toda la región.

La Figura 10 ilustra los porcentajes de presencia y ausencia de la cochinilla del nopal en las parcelas exploradas.

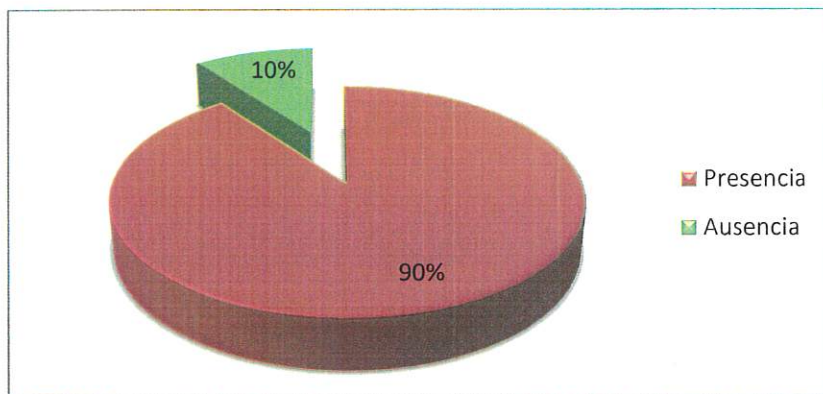


Figura 10. Porcentaje de presencia de *Dactylopius* sp. en las parcelas caracterizadas.

La figura anterior nos deja ver que la cochinilla silvestre está ampliamente distribuida, al resultar con presencia de la plaga aproximadamente un 90% de las parcelas evaluadas, mientras que en solo el 10% de los predios visitados, no se encontró *Dactylopius* sp.

En la Figura 11 se puede apreciar de manera gráfica el porcentaje de infestación de cochinilla en cada una de las 79 parcelas examinadas.

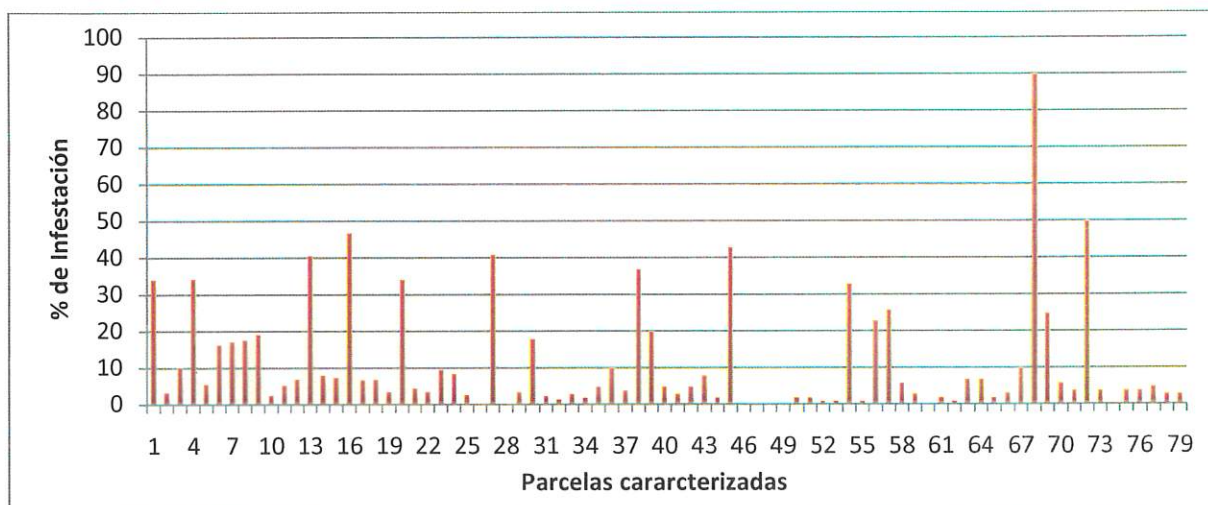


Figura 11. Porcentaje de infestación de *Dactylopius* sp. en cada parcela caracterizada de la zona de Milpa Alta, D.F.

De los 79 terrenos inspeccionados, solo 14 que representan el 17.72% del total, rebasaron el 20% de infestación, manteniéndose estos entre el 20 y 50 porciento; excepto uno que alcanzó el 90%, lo que es muy raro, ya que esta situación solo se presenta en lugares abandonados o donde no se lleva un manejo adecuado del cultivo.

Cabe mencionar que el 8.86% (7) de las parcelas evaluadas se encontraron por arriba del 10 y debajo de 20% de infestación; mientras que el 20.25% de los predios se colocaron por encima del 5 hasta el 10% de infestación de cochinilla; el grupo mayor de terrenos afectados fue de 43.03% de las parcelas en el rango de infestación de 5% hacia abajo; y solo en 8 de los sitios revisados que corresponden al 10.13% del total, no se encontró presencia de *Dactylopius* sp.

Relacionado al porcentaje de infestación registrado en cada parcela, el CESAVEDF (2010), recomienda lo siguiente:

- Cuando el porcentaje oscila entre 1 a 5%, realizar cepillado con escoba o cepillo de cerdas firmes, acompañadas con agua y jabón (control cultural).
- Cuando es de 5 a 10% se recomienda alguna permetrina en dosis de medio litro por cada 200L.
- Cuando es del 10 al 20%, aplicar clorpirifos etil a dosis de 0.5/200L de agua, malathion 1000E a 0.5 L/200 L o dimetoato 1L/200L.
- Cuando es más del 20%, tratar con paratión metílico (Foley 50CE) de 0.25 a 0.3 L/200L.

Algunos de los anteriores productos coinciden con los que apuntan Badii y Flores (2001), quienes mencionan que en México tradicionalmente se aplican malatión, paratión metílico y triclofon cuando la cochinilla es considerada una plaga.

A pesar de no tener productos con registro para el cultivo y la plaga en cuestión, se recomiendan varios insecticidas que han mostrado cierto grado de control sobre *Dactylopius* sp. En la mayoría de los casos se recomienda añadir al insecticida a manera de adherente, el producto Vel Rosita a dosis de 1ml/L de agua.

De manera preventiva se recomienda la utilización de pencas sanas y vigorosas libres de insectos al momento de plantación. Una vez detectada la presencia de cochinilla en una parcela se recomienda realizar un manejo integrado, que incluye además de lo anterior, el uso de productos amigables con el ambiente e insectos benéficos como: Acel (tierra de diatomeas), Alternim (azadiractina), Biosave (jabón agrícola) o silicio orgánico; con la finalidad de permitir la acción de los enemigos naturales presentes en la zona, ya que como lo indican Portillo y Vigueras (2003), la presencia de insectos que depredan cochinilla es un factor importante a considerar, ya que reduce de manera significativa las colonias de cochinillas; en Jalisco, una larva de mosca (Diptera: Syrphidae) ha mostrado eliminar poblaciones de cochinilla, hasta en un 100% dicho depredador, que según Sánchez (2002), está presente en Milpa Alta.

En casos de ataque severo de esta plaga, se recomienda podar las plantas, picar y quemar los residuos, para que no queden individuos en posibilidad de infestar las plantas o partes sanas.

No obstante, es preciso aclarar que el control químico es la última opción para el combate de la cochinilla, una vez agotadas las demás estrategias de control y si el grado de infestación de la plaga lo amerita. Ya que como lo indican Palacios *et al.*, (2004), la aplicación de productos químicos de amplio espectro como: paratión metílico, clorpirifos, carbaril, y cipermetrina, además de contaminar el agroecosistema, afecta a las poblaciones de insectos benéficos y puede causar intoxicaciones tanto a los individuos en el momento de aplicar, como a los consumidores del nopal fresco, por la alta cantidad de residuos tóxicos. Lamentablemente algunos productores aplican productos muy tóxicos y en ocasiones

no respetan el intervalo de seguridad, de ahí el compromiso de la unidad operativa de sanidad vegetal de Milpa Alta de concientizar al agricultor de los peligros y perjuicios que implican el aplicar productos demasiado tóxicos, además de la importancia de realizar un manejo integrado de las plagas y enfermedades en el cultivo del nopal.

Otro aspecto de suma importancia que se observó, durante el desarrollo de la investigación, fue la necesidad de los agricultores de mejorar la calidad de sus aplicaciones, puesto que su manera de asperjar en zig-zag sobre la planta y una cantidad de agua tal, hasta que la mezcla resbala al suelo; no permiten que haya una cobertura adecuada en todos los cladodios donde puede estar la plaga, además que se pierde gran parte del producto por escurrimiento. Es decir el producto no llega al objetivo, o no lo hace en la cantidad requerida para su control y se pierde una proporción importante, al estar tirándolo al suelo, además de la contaminación que esto implica. Por lo que es necesario estudiar este factor, para así elevar el porcentaje de efectividad de los productos y ahorrar recursos e insumos, aplicando solo la cantidad necesaria.

VI. CONCLUSIONES

La especie de cochinilla silvestre encontrada en la parcela en la que se efectuó el ensayo en la zona de Milpa Alta, D.F. corresponde a *Dactylopius opuntiae* (Cockerell).

El tratamiento 4, correspondiente a la aplicación de paratión metílico con surfactante aniónico lineal (testigo regional), fue el mejor tratamiento para el control de cochinilla del nopal.

Ningún tratamiento alternativo ofrece una mayor efectividad para el control de la plaga, en comparación con el testigo regional.

Los tratamientos químicos que incluyeron el coadyuvante Weltik, mostraron mayor degradación de la cubierta cerosa del insecto que los tratamientos de productos alternativos sin dicho adherente.

Ninguno de los tratamientos evaluados provocó efectos fitotóxicos al cultivo de nopal.

Las colonias de cochinilla silvestre reducen su presencia durante el mes junio (que presentó algunas lluvias de moderadas a fuertes), en donde no se aplicó insecticida.

En una parcela comercial se encuentran al mismo tiempo individuos de *D. opuntiae* en sus distintos estados de desarrollo.

La cochinilla silvestre está ampliamente distribuida en la región de Milpa Alta.

VII. LITERATURA CITADA

- Altamirano, H. M. C. 2003. Plagas presentes en el cultivo del nopal (*Opuntia* spp.) en las zonas productoras del Estado de México. Tesis Profesional. Departamento de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México.
- Badii, M. and Flores, A. E. 2001. Prickly Pear Cacti and their Control in Mexico. Florida Entomologist 84(4): 503-505.
- Barros, C. B. 1998. El Maravilloso Nopal: Sus Propiedades Alimenticias y Curativas. Editorial Grijalbo, S.A. de C. V. México 243 p.
- Batista L. E., Brito, C. H., Cavalcanti A. I., Luna B. J. 2009. Desempenho do óleo de laranja no controle da cochonilha. Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal 6(1): 252-258.
- Bravo, H. H. 1978. Las cactáceas de México. Instituto de Biología. Universidad Autónoma de México. México. 235 p.
- Brito C. H., Batista L. E., Cavalcanti, A. I., Luna B. J. 2008. Avaliação de produtos alternativos e pesticidas no controle da cochonilha-docarmim na Paraíba. Revista de Biologia e Ciencias da Terra 8(2): 1-5.
- CESAVEDF 2008. Manejo Fitosanitario de Nopal Verdura en Milpa Alta, Distrito Federal. Unidad Operativa de Milpa Alta. Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Distrito Federal (CESAVEDF). Folleto técnico No. 2. 65 p.
- CESAVEDF 2010. Temas diversos. Información confidencial no impresa. Unidad Operativa de Milpa Alta. Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Distrito Federal.

- Colin, C. B. 1976. Industrialización del Nopal y sus Productos. Tecnología Lanfí, Conneticut. USA.
- Corrales, G. J. y Flores, V. C. 2003. Nopalitos y Tunas: Producción, Comercialización y Postcosecha e Industrialización. CIESTAAM. Universidad Autónoma Chapingo. 225 p.
- De la Rosa, H. J. y Santamaría, A. D. 1998. El nopal: usos, manejo agronómico y costos de producción en México. Comisión Nacional de Zonas Áridas. Saltillo, Coahuila. 183 p.
- De Lotto, G. 1974. On the Status and identity of the cochineal insects (Homoptera: Coccoidea: Dactylopiidae). Journal of Entomology South Africa 37-1: 167-193.
- Esparza, F. G., Valdez, C. R., Méndez, G. S. 2004. El nopal: tópicos de actualidad. Universidad Autónoma Chapingo. México, D. F. 303 p.
- Flores, F., Alviar, M. D. y Vilca, J. 1985. Época de siembra de la cochinilla del carmín *Dactylopius coccus* Costa en la comunidad campesina de Santa rosa de Huatatas, Ayacucho, Perú. 1984-1985 en Resúmenes del primer congreso nacional de tuna y cochinilla, Ayacucho, Perú. pp. 36-37.
- Flores, F. V. and Tekelenburg, A. 1997a. Dacty (*Dactylopius coccus* Costa) dye production. FAO. Rome. pp. 100-117.
- Flores, V. C., Ramírez P. P., De Luna E. J., Ponce P. 1997b. Diagnóstico y Programa para el Desarrollo del Sistema Producto Tuna. SAGAR. UACH. CIESTAAM. Chapingo, México, 84 p.
- García, M. T. 1965. Problemas entomológicos del nopal en el Valle de México. Fitófilo. Boletín bimestral. SAGAR. DGS. México. 47: 15-28.

- Granados, S. D. y Castañeda, P. A. 1991. El Nopal: Historia, Fisiología, Genética e Importancia Frutícola. Ed. Trillas, México. 227 p.
- Hamon, A.B. Y M. Kosztarab. 1979. Morphology and systematic of the first instars of the genus *Cerococcus* (Homoptera: Coccoidea: Cerococcidae). Morphology and Systematics of Scale Insects. No. 11. Vir. Poly. Inst. and State Univ. Research Div. bull. 146. 122 p.
- Instituto Nacional de Ecología (INE). 1994. Nopal Verdura *Opuntia* sp. [en línea] [http: www.ine.gob.mx](http://www.ine.gob.mx).
- Longo, S. y C. Rapisarda. 1995. Pest of Cactus Pear. Agro-ecology, cultivation and uses of cactus pear. FAO. Rome, Italy. 219 p.
- MacGregor, L. y Sampedro, R. G. 1984. Catálogo de coccidos mexicanos Familia Dactylopiidae (Homóptera: coccoidea). Anales del Instituto de Biología. UNAM. México, D. F. 54. Ser. Zool: pp. 217-233.
- Marcano R., Malpica T. y Sequera L. 2006. Evaluación de insecticidas para el control de la cochinilla rosada *Maconellicoccus hirsutus* (Green) (Hemiptera: Pseudococcidae) en el laboratorio. ENTOMOTROPICA 21(2): 125-128.
- Marín, L. R. y Cisneros V. F. 1977. Biología y Morfología de la cochinilla del carmín (*Dactylopius coccus* Costa) Homoptera: Dactylopiidae. Revista Peruana de Entomología. pp. 115-120.
- Méndez, G. S. J. 1992. Tasas de supervivencia y reproducción de la grana cochinilla *Dactylopius coccus* Costa (Homóptera: Dactylopiidae) a diferentes temperaturas. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Posgraduados. Montecillos, México. 70 p.

- Miller, D. R. y M. Kostarab. 1979. Recent advances in the study of scale insects. Ann. Rev. Entomol. 24: 1-27.
- Morales, V. S. 2005. Identificación y descripción morfológica de la catarinita de dos manchas (*Chilocorus* spp.) en la Delegación milpa Alta, México, D. F. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 54 p.
- Morán, V. C. and Zimmerman, H. G. 1984. The biological control of cactus weeds: achievements and prospects. Biocontrol news and information 5: 320-597.
- Morandi F. W. J., Grützmacher, A. D., Botton, M., Bertin, A. 2009. Controle químico da cochonilha-farinheira *Planococcus citri* (Risso, 1813) (Hemiptera: Pseudococcidae) em diferentes idades da videira. Arq. Inst. Biol. 76(3): 427-435.
- Palacios, M. C., Nieto, H. R., Llanderal, C. C. y González, H. H. 2004. Efectividad Biológica de Productos Biodegradables para el Control de la Cochinilla Silvestre *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) (Homoptera: Dactylopiidae). Acta Zoológica Mexicana 20(3): 99-106.
- Pérez, G. G. and Kostarab M. 1992. Biosystematics of the family Dactylopiidae (Homoptera: Coccinea) with emphasis on the life cycle of *Dactylopius coccus* Costa. Bull. Virg. Polytechnic Institute and State University Blacksburg. U.S.A. 91 p.
- Persad, A. and Khan, A. 2000. The effect of five insecticides on *Maconellicoccus hirsutus* (Green) (Homoptera : Pseudococcidae) and its natural enemies *Anagyrus kamali* Moursi (Hymenoptera : Encyrtidae), and *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant and *Scymnus coccivora* Aiyar (Coleoptera: Coccinellidae). International pest control 42(5): 170-173.

Piña, L. I. 1977. La grana o cochinilla del nopal. Monografías No.1. Publicaciones de los Laboratorios Nacionales de Fomento Industrial (LANFI). 55 p.

Portillo, L. y Vigueras, A. L. 2003. Cría de Grana Cochinilla. Universidad de Guadalajara. México. 52 p.

PLM. 2009. Diccionario de Especialidades Agroquímicas.

Romero, L. B. 2000. Identificación, estudio biológico y poblacional de la cochinilla silvestre *Dactylopius opuntiae* (Homóptera: Dactylopiidae) en Bermejillo, Durango. Tesis Profesional de Licenciatura. Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas. Universidad Autónoma Chapingo. 76 p.

Sánchez, B. M. 2002. Insectos Plagas del Nopal Verdura en Milpa Alta, D. F. Tesis Profesional. Colegio de Postgraduados. Montecillos, México. 53 p.

SAGAR, 1998. La producción de nopal (tuna y verdura) en México. Dirección General de Agricultura. SAGAR, México.

SARH, 1992. Algunas Plagas y Enfermedades del Nopal Verdura en la Región de Milpa Alta, D. F. Folleto de Validación y Transferencia de Tecnología.

SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2010. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola, 2009. [en línea] <http://www.siap.gob.mx>.

Unterstenhofer, G. 1976. The basic principles of crop protection field trials. In: Pflanzenschutz-Nachrichten. Vol. 29 (2): 83-180. Bayer, Germany.

Vigueras, A. L., Cibrán, T. J. and Pelayo, O. C. 2009. Use of Botanicals Extracts to Control Wild Cochineal (*Dactylopius opuntiae* Cockerell) on Cactus Pear. Acta Horticulturae 811: 229-234.