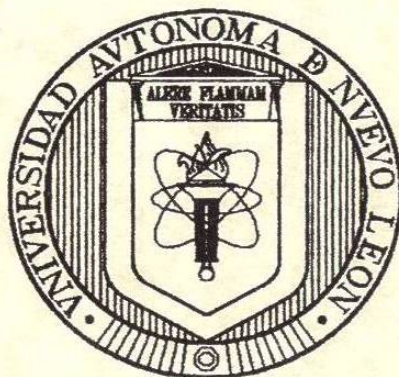


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO



**Producción de grana cochinilla del nopal *Dactylopius coccus*
Costa (Homoptera: Dactylopiidae) en dos localidades del sur
del estado de Nuevo León**

TESIS DE MAESTRÍA

**Como requisito parcial para obtener el Grado de
MAESTRÍA EN CIENCIAS FORESTALES**

PRESENTA:

Q.B.P. ALDO TOVAR PUENTE

Linares, N. L., México

Septiembre de 2000

TM

Z59

FCE

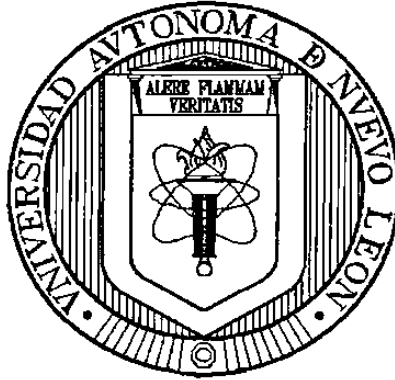
200

T69



1020145908

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO



**Producción de grana cochinilla del nopal *Dactylopius coccus*
Costa (Homoptera: Dactylopiidae) en dos localidades del sur
del estado de Nuevo León**

TESIS DE MAESTRÍA

**Como requisito parcial para obtener el Grado de
MAESTRÍA EN CIENCIAS FORESTALES**

PRESENTA:

Q.B.P. ALDO TOVAR PUENTE

Linares, N. L., México

Septiembre de 2000



FONDO
TESIS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO

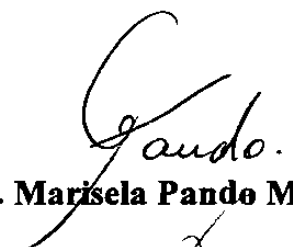
**Producción de grana cochinilla del nopal *Dactylopius coccus*
Costa (Homoptera: Dactylopiidae) en dos localidades del sur
del estado de Nuevo León**

TESIS DE MAESTRÍA
Que para obtener el grado de Maestría en Ciencias Forestales

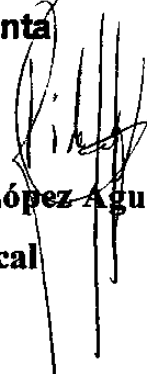
PRESENTA:

Q.B.P. ALDO TOVAR PUENTE

COMITÉ DE TESIS


Msc. Marisela Pando Moreno
Presidenta


Dra. Celina Garza Quintanilla
Secretaria


Dr. Ricardo López Aguillón
Vocal

M.C. Santiago de J. Méndez Gallegos
Vocal Externo

Linares, N. L., México

Septiembre de 2000

0151-34760

TH
Z5991
FCF
2000
T69



FONDO
TESIS

RECONOCIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo y las facilidades prestadas para la obtención de Beca-crédito para realizar mis estudios de maestría en Ciencias en esta Facultad.

A la Facultad de Ciencias Forestales de la U.A.N.L., por permitirme realizar bajo su tutela mis estudios de Maestría en Ciencias.

Al Instituto Tecnológico de Linares, por otorgarme la oportunidad y las facilidades necesarias para realizar mis estudios de Postgrado.

Agradezco muy especialmente a la Ing. MSc. Marisela Pando Moreno, Directora de tesis de esta investigación, primero por aceptar dirigir este humilde trabajo, por su amistad y paciencia en todos los altibajos que se presentaron durante el desarrollo de este estudio, además de sus inmejorables comentarios y revisiones como directora de tesis. Gracias a esto se llevó a buen término este trabajo de investigación. ¡Siempre agradecido maestra!

Agradezco al Ing., M. Sc., Ph.D. José de Jesús Návar Chaidez, la invaluable ayuda proporcionada en el desarrollo del análisis estadístico de los datos recopilados en este trabajo, además por su comprensión y amistad dentro y fuera de periodos de trabajo durante este programa de maestría, esperando que esa amistad perdure siempre.

Agradezco al Ing. Sergio Javier Aguayo Pérez, su gran ayuda en todo momento de el periodo de maestría, sus valiosos comentarios en materia de estadística, pero principalmente por permitirme ser su amigo.

A la Dra. Celina Garza Quintanilla, coasesora de tesis, por sus comentarios y afinadas sugerencias durante el desarrollo de este estudio.

Al Dr Ricardo López Aguillón, coasesor de tesis, por las facilidades prestadas para realizar el trabajo de campo en el vivero de la Facultad, además de la motivación otorgada en los momentos críticos de mis estudios de maestría.

Al M. C. Santiago de Jesús Méndez Gallegos, profesor investigador del CREZAS-CP, por acceder a fungir como asesor externo y por todas las facilidades prestadas al proporcionar la simiente o pie de cría para llevar a buen fin este trabajo.

Al Dr. Rigoberto Vázquez Alvarado de la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L., por proporcionarme el material vegetativo para el segundo ciclo de este estudio.

Así mismo agradezco al Dr. Clemente Gallegos Vázquez por facilitarme el nopal necesario para desarrollar el primer ciclo de este estudio.

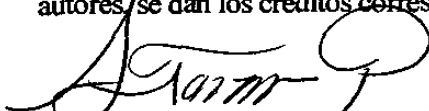
A todos los maestros de esta Facultad que me impartieron alguna materia en el transcurso de la maestría, por todos los invaluable conocimientos que me brindaron para mi formación profesional, gracias a todos.

Al personal administrativo y técnico de la Facultad por el apoyo brindado en el transcurso de este programa de maestría.

A todos mis compañeros y amigos de posgrado con los que compartí alegrías, tristezas y grandes momentos de tensión desde el inicio de la maestría, a todos ellos gracias y les deseo todo lo mejor que la vida puede dar.

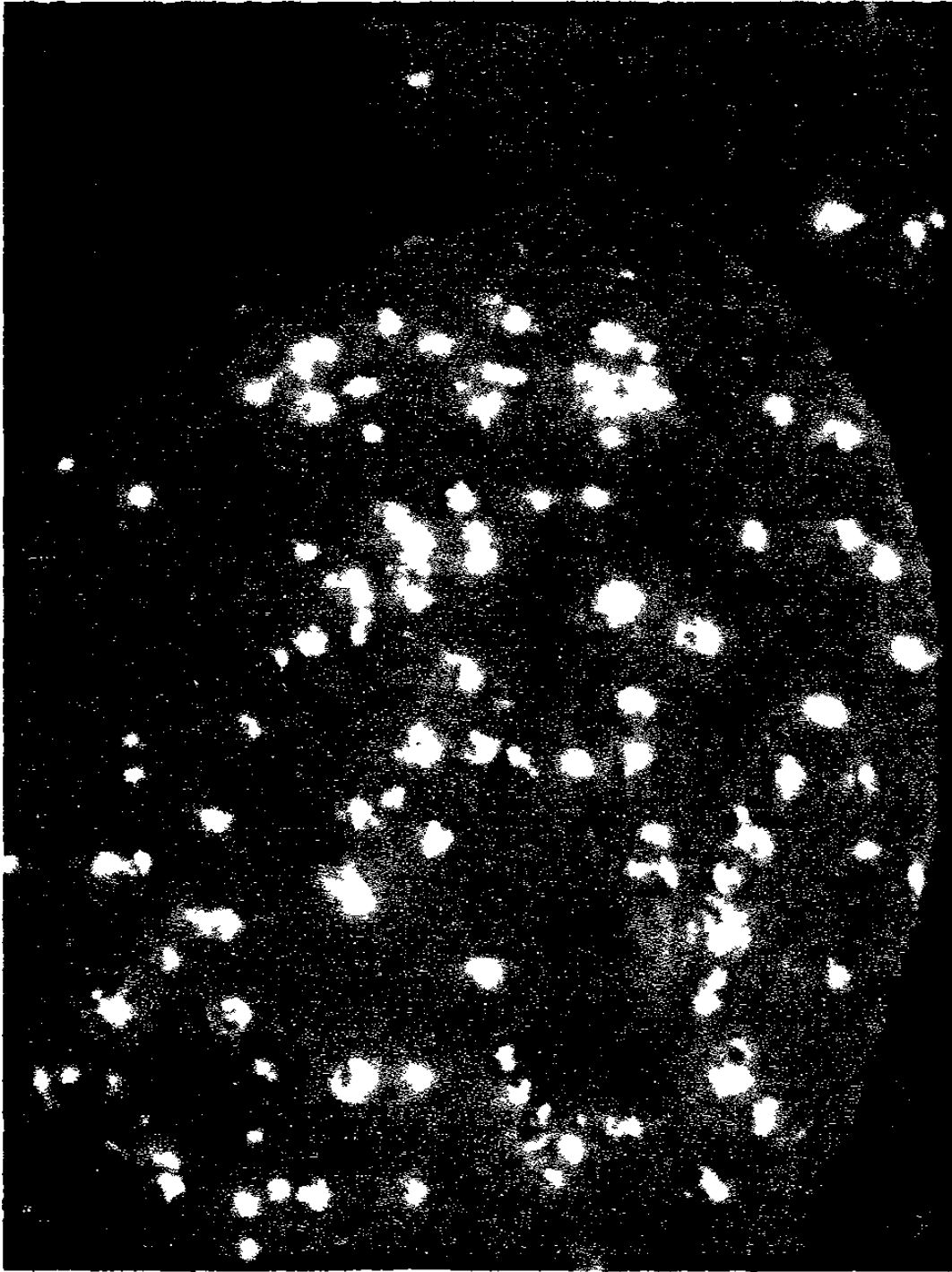
Al Ing. Oscar Ramírez por su colaboración en la encuadernación de la tesis.

Manifiesto que la presente investigación es original y fue desarrollada para obtener el grado de Maestro en Ciencias Forestales. Donde se utiliza información de otros autores se dan los créditos correspondientes.



Q.B.P. Aldo Tovar Puente.

Septiembre de 2000



**Raqueta de nopal (*Opuntia ficus-indica* Miller.)
infestada con grana cochinilla**

ÍNDICE

	Página
RESUMEN	i
ABSTRACT	ii
INTRODUCCIÓN	1
Objetivo general	3
Metas	3
CAPÍTULO 1	4
Historia del aprovechamiento de la grana	4
1.1. Origen del cultivo del nopal y de la grana cochinilla	4
CAPÍTULO 2	9
Taxonomía y biología del insecto	9
2.1. Taxonomía	9
2.2. Biología de <i>Dactylopius coccus</i>	10
2.2.1. Descripción morfológica	14
2.2.2. Localización del carmín en el insecto	17
2.2.3. Hospedero de la cochinilla	17

2.2.4. Factores que afectan el desarrollo de la grana cochinilla	19
CAPÍTULO 3	22
El cultivo de la grana o cochinilla fina	22
3.1. Selección de la semilla	23
3.2. Infestación	23
3.3. Cosecha de la cochinilla	24
3.4. Muerte y secado de la cochinilla	24
3.5. Secado de la cochinilla	25
3.6. Clasificación y empaque	26
3.7. Comercialización	26
3.8. Precios	29
CAPÍTULO 4	31
Material y Metodología	31
4.1. Descripción de las áreas de estudio	31
4.2. Diseño experimental y descripción de la metodología	35
CAPÍTULO 5	40
Resultados	40
5.1. Análisis de las variables de evaluación	41
5.1.1. Análisis para número de insectos	41
5.1.2. Análisis para peso fresco	43
5.1.3. Análisis para peso seco	44
5.1.4. Análisis para porcentaje de materia seca	44
5.2. Síntesis de los resultados obtenidos	45

CAPÍTULO 6	46
Discusión, Conclusiones y Recomendaciones	46
Literatura citada	50
Anexo 1	60
Anexo 2	66
Anexo 3	68

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Exportaciones de cochinilla y derivados de cochinilla de Perú (millones de U.S. dólares)	22
Cuadro 2. Producción mundial de grana cochinilla (toneladas).....	22
Cuadro 3. Importaciones mexicanas de grana y derivados, según registros de la aduana peruana	24
Cuadro 4. Temperaturas registradas para el sitio Linares (estación Benitez) durante el período de esta investigación.....	27
Cuadro 5. Temperaturas registradas para el sitio Iturbide (estación Iturbide) durante el período de esta investigación	28
Cuadro 6. Rendimiento promedio de número de insectos por raqueta	33

Cuadro 7. Rendimiento promedio de peso fresco (gramos) de grana por raqueta	34
Cuadro 8. Rendimiento promedio de peso seco (gramos) de insectos por raqueta	35
Cuadro 9. Rendimiento promedio de porcentaje de materia seca por raqueta	35

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Hembras del insecto próximas a ovipositar	9
Figura 2. Túnel rústico que muestra el emparrillado donde fueron colocadas las raquetas de nopal para la producción de grana	30

RESUMEN

En el presente estudio se evaluó la capacidad de tres variedades de nopal *Opuntia ficus-indica* (Villanueva, Copena and Jalpa) como hospederos de la cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa) en dos localidades del sur del estado de Nuevo León. El experimento se llevó al cabo en dos estaciones del año: invierno y verano, en 1998. Las variables evaluadas fueron: peso fresco de grana, peso seco de grana, número de insectos y porcentaje de materia seca. La variedad Villanueva mostró la mayor producción ($P \geq 0.001$) para las tres primeras variables y no se presentaron diferencias entre las otras dos variedades, mientras que la variedad Jalpa mostró valores más altos ($P \geq 0.001$) en cuanto a porcentaje de materia seca. La localidad Iturbide presentó rendimientos superiores ($P \geq 0.001$) que la localidad Linares para todas las variables. La época de invierno presentó mayor producción para todas las variables excepto para número de insectos, donde no se registraron diferencias entre épocas. Los rendimientos obtenidos para la variedad Villanueva fueron ligeramente superiores que los reportados en la literatura para las zonas más productivas de grana en México.

ABSTRACT

Three varieties of prickly pear *Opuntia ficus-indica* (Villanueva, Copena and Jalpa varieties) were evaluated in their capacity to be host of the cochineal insect (*Dactylopius coccus* Costa) in two Southern localities of the state of Nuevo León. The experiment was carried out for two seasons: winter and summer, in 1998. Variables under evaluation were: fresh weight of grana, dry weight of grana, number of insects and weight fresh/weight dry ratio. Villanueva variety showed the highest production ($P \geq 0.001$) for the first three variables and there were no differences between the other two varieties. While Jalpa variety showed higher values ($P \geq 0.001$) for the fresh weight / weight dry ratio. Iturbide locality was superior ($P \geq 0.001$) than Linares for all the variables. Higher production, was obtained during winter for all the variables except number of insects where there was no difference between seasons. Figures obtained for Villanueva variety are slightly higher than those reported in literature for the cochineal most productive areas in Mexico.

INTRODUCCIÓN

Como grana y cochinilla fina se le conoce a un insecto (*Dactylopius coccus* Costa.) que se desarrolla en algunas especies y formas de nopal y cuya importancia radica en ser fuente de un colorante natural llamado ácido carmínico (Téllez, 1911; Piña, 1977). El ácido carmínico producido por la cochinilla fina tiene actualmente una gran demanda en México y en el mundo por su inocuidad en salud pública, su alta estabilidad y poder colorante.

En años recientes, el uso de colorantes sintéticos en productos de consumo humano se ha visto asociado a daños a la salud, por lo que existe una marcada tendencia mundial a sustituir dichos colorantes por los de origen natural (Piña, 1977). El uso del ácido carmínico se ha extendido a tinciones histológicas y bacteriológicas, acomplejante de cationes, fotografía y a la elaboración de pinturas (MacGregor, 1976; Piña, 1977; Palomino y Navarro, 1988).

La producción intensiva de la grana cochinilla (grana fina), podría ser una alternativa para mejorar los escasos ingresos de los habitantes de las zonas áridas y semiáridas de la República Mexicana, ya que actualmente existe una demanda nacional e internacional de ésta y de los productos derivados de ella, por ser sustancias no tóxicas ni cancerígenas que sustituyen a los colorantes sintéticos rojos, prohibidos principalmente en alimentos, cosméticos y medicamentos (Piña, 1977).

Actualmente en el estado de Oaxaca, cuna de la grana cochinilla, se está llevando a cabo un programa para la producción extensiva de grana cochinilla con excelentes resultados. Este programa incluye a las familias de áreas rurales con escasos recursos económicos, en donde participan desde el padre de familia hasta los niños mayores de seis años; todo ese trabajo se realiza sin abandonar los cultivos tradicionales y se toma como una alternativa más para mejorar las condiciones de alimento, vivienda y vestido en las áreas rurales del estado.

En el año de 1989, visité el estado de Oaxaca en donde conocí el cultivo de la cochinilla, y basándome en algunos textos como el de Cavazos (1980), quien, refiriéndose al estado de Nuevo León, cita textualmente al capitán Alonso de León en el siglo XVII: "...y en muchas partes los nopales crían muy linda grana, muy fina, mejor que la que traen a vender de la Nueva España", me propuse explorar las posibilidades de introducir el cultivo de la grana en Nuevo León. En este intento, me encontré con la dificultad de la falta de financiamiento y el total desconocimiento del tópic, iniciando a trabajar con recursos propios, en pequeños trabajos demostrativos que poco a poco sirvieron para dar a conocer el cultivo de la cochinilla en el estado. Sin embargo, carecía aún de las bases científicas necesarias para tener la confianza de que los rendimientos obtenidos serían aceptables, así como de la época y variedad de nopal más propicias para su producción.

En virtud de lo anterior, esta investigación se enfoca a explorar las posibilidades de producción de grana fina en el estado de Nuevo León, así como las condiciones climáticas en que mejor prospera. Para ello se plantean dos hipótesis de trabajo:

I.- Las condiciones climáticas determinadas por el factor altitudinal y por la época del año, producen un efecto cuantificable en la producción de la grana fina (*Dactylopius coccus*, Costa).

II.- Existen especies locales de *Opuntia*, donde la grana cochinilla puede alcanzar rendimientos comparables a los de las especies que se reportan en la literatura como las más adecuadas para el cultivo de grana cochinilla.

A fin de probar estas hipótesis, se estableció el siguiente objetivo general:
Evaluar la respuesta en dos localidades, en dos diferentes épocas del año y con tres diferentes variedades de nopal, en el rendimiento de la grana fina, bajo condiciones del sur del estado de Nuevo León.

Tomando como punto de partida los resultados de este trabajo, se han establecido, además, las siguientes metas:

- a) Generar información básica sobre la posibilidad de producción de grana fina que permita continuar con estudios adicionales.
- b) Contribuir a desarrollar un paquete tecnológico sobre cultivo, manejo, producción, industrialización y comercialización de la grana cochinilla
- c) Sentar las bases para establecer un centro piloto productor de grana fina en la región que resulte más idónea para el cultivo de grana fina.

CAPÍTULO 1

Historia del aprovechamiento de la grana

El universo de la cochinilla es muy amplio, éste comprende el mundo biológico del insecto (*Dactylopius coccus* Costa.) y de su hospedero, el nopal (*Opuntia spp.*), el proceso productivo y de comercialización, los factores geográficos que determinan su productividad y las relaciones sociales de producción que se establecen en torno a la cochinilla. Un estudio completo debe contemplar la historia de su producción, aspectos internacionales y de mercado, así como el proceso de industrialización con la transformación de la materia prima en ácido carmínico que es el elemento que cierra el círculo de producción.

En los siguientes párrafos se presenta un panorama general sobre la historia del aprovechamiento de la grana y, en capítulos subsecuentes, se abordan aspectos sobre la biología del insecto, su cultivo, industrialización y comercialización. Ciertos términos utilizados en relación con el estudio y aprovechamiento de la cochinilla fina pueden ser poco usuales para algunos lectores, por lo que se anexa un glosario de los mismos (Anexo 1).

1.1.- Origen del cultivo del nopal y de la grana cochinilla.

Los pobladores más remotos de Mesoamérica se diferenciaron en dos grandes grupos; los que basaban su actividad económica en la caza de grandes animales y los que se dedicaban a la recolección de plantas, frutas, raíces y caza

de pequeños animales e insectos. La existencia de este segundo grupo data de 15,000 años antes de nuestra era (Wolf, 1977).

Las investigaciones realizadas por el arqueólogo Mac Neish en distintas cuevas investigadas en la República Mexicana han permitido determinar el inicio de la agricultura en Mesoamérica, que data de 7,500 años. De acuerdo con este investigador, el orden en que aparecieron los cultivos en este territorio fue: la calabaza, el aguacate, el frijol, el chile, el algodón, el maíz, y el zapote negro y el blanco (Colunga , 1984).

Investigaciones anteriores y la identificación de semillas de tuna contenidas en el excremento humano, que tiene la misma antigüedad que los anteriores cultivos, llevaron a otro investigador – Smith, a sugerir que el cultivo del nopal y el maguey es anterior a los cultivos anteriormente citados (*op. cit.*).

Existe discrepancia en la literatura consultada entre el origen de los términos “grana” y “cochinilla”. Alzate (1831) sugiere que “grana” derivó de grano y “cochinilla” de un crustáceo mexicano así llamado el cual se asemeja a la grana, mientras que Hernández (1651), citado por Piña (1977), declara que cochinilla se deriva del latín *coccum*.

El cultivo de la cochinilla es originario de México, específicamente del estado de Oaxaca. En la época colonial este producto ocupó el tercer renglón en las exportaciones de México después del oro y la plata (Dahlgren, 1963).

La aparición de los colorantes sintéticos causó el desplazamiento de este

producto en el mercado mundial durante muchos años. Sin embargo, en épocas recientes se presenta una nueva demanda de grana por diferentes industrias, pero el país ya no la produce, sino que, al contrario, la importa (Piña, 1979).

En la época colonial el cultivo de la cochinilla fue realizado por el pueblo indígena como una actividad complementaria a su agricultura de subsistencia, sin embargo, la grana o cochinilla, tinte oaxaqueño por excelencia, cobra importancia debido a la gran necesidad de su uso en la entonces floreciente industria textil europea, que de hecho constituyó el sector dinámico del momento, ya que el tinte se exportó hacia puertos españoles y de allí, con la triangulación consiguiente, a diversos lugares, como materia prima para la industria textil del viejo continente (Arellanes, 1988).

Desde la época prehispánica los campesinos distinguieron dos tipos de grana: la fina y la corriente. La fina produce un polvo blanco fácil de separar del insecto, mientras que la corriente produce una cubierta algodonosa difícil de separar del cuerpo de la cochinilla. En la época colonial, los españoles designaban grana o cochinilla, indistintamente, tanto al insecto vivo como al colorante. En la actualidad, prácticamente son sinónimos grana, cochinilla y carmín (Brana, 1964).

Dahlgren (1963) indica como probable zona de origen del cultivo a Oaxaca y regiones adyacentes de Guerrero y Puebla. La grana fue conocida desde antes del período tolteca y teotihuacano (Dahlgren, 1963). En la época colonial, los españoles incrementaron las zonas de cultivo de la cochinilla, principalmente

en Tlaxcala, Puebla, y Yucatán, pero posteriormente las fincas nopaleras fueron desplazadas por otros cultivos y la producción de grana se concentró e intensificó en el estado de Oaxaca, hasta llegar a ocupar el tercer renglón de exportación de nuestro país (Piña, 1977). Con la independencia de México, finalizó el monopolio de la grana por los españoles, dando lugar a una competencia entre países que lograron aclimatar y producir altos volúmenes de este insecto, esto causó una reducción en los precios de la cochinilla. Posteriormente, la producción de las anilinas, desplazó paulatinamente a la grana del mercado mundial, quedando reducida su importancia sólo a nivel local (Dahlgren, 1963).

En la actualidad, el pigmento de la grana se utiliza en la elaboración de pasteles, bebidas, medicamentos, teñido de telas, alfombras, fotografía en color, en la industria de los cosméticos y colorantes para artistas (Macgregor, 1975; Piña, 1977; Metcalf y Flint, 1985).

En la época presente, el 85% de la demanda mundial de cochinilla es abastecida por el Perú. En el período de 1978 a 1982, Perú produjo un promedio anual de 211 toneladas de cochinilla seca (Castillo, 1993). En México, la producción de cochinilla se redujo al abastecimiento del mercado artesanal (MacGregor, 1976), incluso llegó a desaparecer en poblados que en la época prehispánica y colonial fueron centros importantes de su comercio y su cultivo (Piña, 1977).

Históricamente, la grana ha utilizado como hospederos los nopales de los géneros *Opuntia* y *Nopalea* y no prospera en otras plantas (Alzate, 1831).

Según las investigaciones de los últimos años, la grana presenta mayor preferencia por el nopal San Gabriel, *Opuntia tomentosa*, pero el productor prefiere utilizar el nopal de castilla *Opuntia ficus-indica* Miller, por no tener espinas lo que facilita la cosecha de la grana (Lazos y Cruz, 1987; Santibáñez, 1988).

Debido a esto, algunos investigadores han venido trabajando con variedades de nopal *Opuntia ficus-indica* Miller, encontrando que la cochinilla tiene un desarrollo excelente en algunas de las variedades de esta especie, obteniendo resultados apenas un poco más bajos que los obtenidos para las áreas más productoras de México (Tovar y Pando, 1999).

CAPÍTULO 2

Taxonomía y biología del insecto

2.1. Taxonomía.

La primera descripción de la grana fue realizada por Linneo en 1758, denominada *Coccus cacti*. En 1835, Costa la reclasificó como *Dactylopius coccus*, nombre técnico que prevalece hasta la actualidad. Ferris (1955) señala que en México se encuentran cuatro especies del género *Dactylopius*, dato que coincide con MacGregor (1975), quien señala que además de la grana fina o cultivada existen cuatro especies que agrupan a las cochinillas silvestres.

La mayoría de los investigadores, coinciden en la existencia de dos tipos de grana-cochinilla; la fina o cultivada y la silvestre o corriente (Méndez, 1992). *Dactylopius* es el único género de la familia Dactylopiidae con aproximadamente nueve especies (De Lotto, 1974), cinco de las cuales se encuentran en los Estados Unidos (Howell y Williams, 1976). Ferris (1955) señaló sólo cuatro especies para México, mientras que MacGregor y Sampedro (1983) detectaron cinco especies silvestres distribuidas desde el sureste hasta el norte del país.

De esta manera, la clasificación de la cochinilla fina es la siguiente.

Clase: Insecta

Orden: Homoptera

Suborden: Sternorrhyncha

Superfamilia: Coccoidea

Familia: Dactylopiidae

Género: *Dactylopius*

Especie: *coccus*

Las otras especies integradas en el género *Dactylopius* son conocidas comúnmente como cochinillas silvestres o corrientes, de las que De Lotto (1974) reporta las siguientes especies: *D. indicus* Green, *D. confusus* Cockerell, *D. tomentosus* Lamarck y *D. opuntie* Cockerell. Estas especies también producen el colorante rojo, pero aparentemente existen diferencias considerables en la calidad y cantidad del pigmento producido, así como notables diferencias morfológicas entre éstas y las consideradas como grana fina (MacGregor, 1984).

2.2. Biología de *Dactylopius coccus*

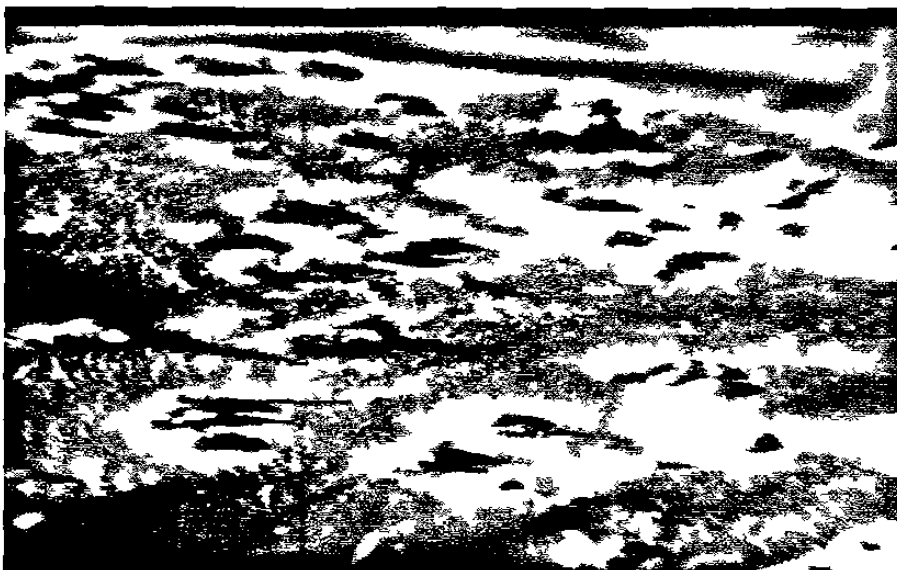


Figura 1. Hembras del insecto próximas a ovipositar.

Los homópteros forman un grupo bastante numeroso, pues se conocen aproximadamente 32,000 especies en todo el mundo. Son insectos que pueden adoptar formas altamente especializadas, por lo cual es difícil caracterizarlos en

conjunto. En general los homópteros son insectos de metamorfosis incompleta, pero los machos de los cóccidos son una excepción variando en su metamorfosis (Coronado y Márquez, 1994). La hembra de *Dactylopius coccus* presenta los estados de huevo, ninfa I, ninfa II, y hembra adulta (Figura 1); mientras que el macho pasa por huevo, ninfa I, ninfa II, prepupa, pupa y adulto (Piña, 1977; Marín y Cisneros, 1977).

La grana es ovípara, aunque con muy pocas excepciones es aparentemente ovovivípara ya que expelle crías vivas de la vulva (Alzate, 1794; Marín y Cisneros, 1977). Durante la oviposición la hembra deposita los huevos individualmente, con intervalos de 6 a 20 minutos entre uno y otro (Vargas, 1988) y conforme avanza el proceso, se van adhiriendo entre ellos para formar una cadena (Marín y Cisneros, 1977). En ocasiones los huevos quedan por abajo del cuerpo de la hembra y eclosionan en un período que varía de 10 minutos hasta 6 horas (Piña 1977).

Al insecto recién emergido se le llama ninfa I, en la que se diferencian las antenas y las patas unidas a la parte ventral del cuerpo (Vargas, 1988). La ninfa se mueve para localizar el sitio definitivo de alimentación; los lugares que las ninfas eligen son: cercanos a la madre, en depresiones del cladodio y en lugares no expuestos a la insolación directa ni al viento (Marín y Cisneros, 1977). La ninfa I presenta una fase de migrante y una de fijamiento a la penca del nopal. A los pocos minutos de la eclosión, se recubre de una cera blanca pulverulenta (Piña, 1977).

Una vez que se fijan estas ninfas, aumentan de tamaño y las secreciones filamentosas cerosas se hacen más visibles; la duración de este instar es de 21 a 25 días según Marín y Cisneros (1977) o de 23 a 31 días según Vargas (1988). Con frecuencia se observan de 3 a 4 insectos establecidos en grupo en un mismo lugar (Marín y Cisneros, 1977).

La ninfa I da origen a la ninfa II, que al poco tiempo también se cubre de cera pulverulenta, lo que facilita ver la segmentación del cuerpo. La mayoría de las ninfas permanecen adheridas, pero algunas se desplazan en busca de otro lugar para fijarse, aunque generalmente no logran introducir nuevamente los estiletos, pues los factores ambientales (viento, precipitación) las pueden desprender del cladodio (Marín y Cisneros, 1977; Vargas, 1988). La duración de este instar es de 13 a 18 días (Marín y Cisneros, 1977) o de 14 a 24 días (Vargas, 1988).

En el caso de las hembras, la ninfa II muda para dar origen a la hembra adulta, cuyo período de preoviposición es de 30 a 68 días; la duración del período de oviposición es de 10 a 20 días. Las hembras depositan en promedio 419 huevecillos, con un mínimo de 293 y un máximo de 586 (Gilreath y Smith, 1987).

En los machos, la ninfa II da lugar a un capullo en cuyo interior se forma la prepupa y la pupa; la duración de estos estadios, desde la ninfa II a la emergencia del adulto es de 18 a 22 días. En el estado adulto, el macho es de vida efímera y sólo vive de tres a cuatro días, tiempo que aprovecha para aparearse y fecundar a varias hembras antes de morir (Marín y Cisneros, 1977). Estos datos

contradicen lo señalado por Bustamante (1985) que menciona que la grana presenta una reproducción partenogenética, sin participación del macho. Miller (1976) señala que dentro de la superfamilia cocoidea es donde se ha detectado la mayor variedad de tipos partenogenéticos encontrándose siete tipos de partenogénesis dentro de este grupo, fenómeno que puede presentarse dentro de la familia Dactylopiidae. Sin embargo, Cruz (1990) concluye que la grana o cochinilla del nopal *Dactylopius coccus* Costa presentó reproducción sexual y en ninguna época del año se presentó el fenómeno de la partenogénesis.

En total, el ciclo biológico del macho puede variar entre 51 y 63 días y el de la hembra entre 64 y 111 días (Gilreath y Smith, 1987). Quispe (1983) citado por Méndez (1992) obtuvo ciclos biológicos de la hembra desde 130 a 177 días en diferentes hábitats. Respecto al macho se presentaron ciclos que oscilaron desde los 83 a los 117 días. La ninfa II macho hila un cocón blanco, ovoide, alargado, de 2.5 mm de longitud y 1.2 mm de anchura, con una abertura en el extremo posterior, en el interior del cocón se forman la prepupa, la pupa y el adulto alado. La duración de estos 3 estadios es de 18 a 22 días (Marín y Cisneros, 1977), o de 20 a 22 días (Vargas, 1988).

Al emerger el macho, se dirige hacia las hembras para copular. El número de hembras con las que puede aparearse es variable; el macho sólo es activo durante 2 días (Vargas, 1988), o de 2 a 4 días como lo mencionan Marín y Cisneros (1977). Posteriormente se vuelve lento, ya no puede copular y muere al tercer día (Vargas, 1988).

2.2.1. Descripción morfológica.

La descripción morfológica de la grana fina que proporcionan los distintos investigadores es la siguiente: la hembra adulta es de cuerpo oval de 6.0 por 4.7 mm; antena de seis a siete segmentos, el cuerpo, tanto en el dorso como en el abdomen, presenta numerosos grupos de poros quinqueloculares. Además, se presentan pocas setas modificadas de tipo cilíndrico sobre todo en la parte posterior, las setas normales más pequeñas están distribuidas en todo el cuerpo y más en la región dorsal y la parte posterior de la región ventral, los espiráculos son bastante esclerotizados y grandes con el opérculo bien desarrollado; la abertura anal presenta esclerotización semilunar y las patas se atrofian y no se observan dorsalmente (Marín y Cisneros, 1977; Piña, 1977; Gallegos, 1985). Los huevecillos son ovalados de 0.22 x 0.33 mm de color rojo claro con la superficie lisa y lustrosa, ovipositados individualmente; al eclosionar nace la ninfa de primer instar (Marín y Cisneros, 1977; Bustamante, 1985) de 1.06 por 0.52 mm, antenas claras; patas bien desarrolladas; el cuerpo presenta 6 segmentos, con los ojos ubicados cerca de la base de las antenas.

El cuerpo en la parte dorsal presenta setas modificadas cilíndricas y algo tronco-cónicas, así como algunas setas normales. Las setas cilíndricas grandes están dispuestas en pares formando dos hileras longitudinales en la región media del cuerpo. Las setas tronco-cónicas están dispuestas submarginalmente en el cuerpo (Marín y Cisneros, 1977; Gallegos, 1985).

La ninfa de segundo ínstar recién emergida es de color rojo claro y posteriormente se colorea de un rojo oscuro; el cuerpo de forma oval de 2.67 x 2.0 mm, se cubre de una cera fina blanca y pulverulenta; a diferencia del primer ínstar las patas no se proyectan mas allá del cuerpo. Las antenas escasamente llegan al borde anterior del cuerpo; las setas cilíndricas desaparecen. Se incrementa el número de grupos de poros, así como el número de poros cerígenos por cada grupo; las paredes de los poros son gruesas y se presentan un tanto separadas entre ellas. No se distinguen setas modificadas salvo unas pequeñas de preferencia en la región dorsal. Al finalizar el segundo estadio, existe una segunda muda para dar origen a la hembra de tercer ínstar que alcanza su madurez sexual a los pocos días (Marín y Cisneros, 1977).

En los estados de huevo y ninfa de primer ínstar, no se encuentran caracteres morfológicos diferenciables entre machos y hembras. Los cambios se evidencian durante la ninfa de segundo ínstar, cuando los machos comienzan a producir cera filamentosa y con ella forman un cocón blanco ovoide alargado de 2.5 x 1.2 mm, con una abertura en el extremo posterior y dentro de él se llevan a cabo dos mudas antes de llegar al estado adulto que son la “prepupa” y la “pupa”. La primera se caracteriza por el cuerpo de color rojizo de 1.3 x 0.75 mm, las secciones correspondientes a cabeza tórax y abdomen se encuentran visibles; a nivel del mesotrón se forman las proyecciones laterales que darán origen a las alas, las antenas y las patas son poco distinguibles.

La “pupa” se forma después de mudar la “prepupa”, se caracteriza porque las regiones del cuerpo y apéndices se hacen distinguibles, mide de 1.65 de largo por 0.25 mm de ancho. El primer par de patas está dirigido hacia delante entre las antenas; los otros dos pares están proyectados hacia atrás (Marín y Cisneros, 1977).

Al emerger el macho es de apariencia frágil, de color rojo claro que se torna a un color rojo oscuro con secreción cerosa; a medida que transcurre el tiempo se presentan las regiones del cuerpo bien diferenciadas; en la cabeza un par de antenas de tipo moniliforme de 10 segmentos y en el extremo del abdomen comúnmente tienen filamentos o apéndices caudales (Piña, 1977; Marín y Cisneros, 1977; Gilreath y Smith, 1987). Los machos adultos no tienen la capacidad de alimentarse y presentan metamorfosis completa (holometábola), no así las hembras (Sullivan, 1990), por lo que la familia es un caso muy particular dentro de la clase insecta.

El tórax es esclerotizado, con un par de alas de venación simple insertadas en el mesotórax; las patas son delgadas y bien desarrolladas con una uña larga en su extremo posterior. El abdomen es oval, con los segmentos visibles acompañados con algunas setas, sobre todo en la pared ventral; en el extremo posterior se proyecta la genitalia esclerotizada de forma cónica (Marín y Cisneros, 1977).

2.2.2. Localización del carmín en el insecto.

Montiel *et al.* (1997) determinaron que el carmín no se encuentra en el tubo digestivo (estomodeo, mesenterón y proctodeo), en los ovarios (oviductos laterales y oviducto común), ni tampoco en el tejido adiposo, ni en los músculos. El rojo carmín se encuentra presente en la hemolinfa y en los huevecillos desde sus primeras fases de desarrollo.

La hembra adulta *D. coccus* es un saco cuticular que encierra un sólo espacio, ocupado en su gran mayoría por los ovarios que originan un gran número de folículos celulares que contienen a los ovocitos, mismos que generan a los huevecillos y estos a su vez representan el peso de cada hembra y por lo tanto el contenido de carmín que cada una puede proporcionar.

2.2.3. Hospedero de la cochinilla

La grana o cochinilla vive en diferentes especies de nopales de los géneros *Opuntia* y *Nopalea*. Estas cactáceas son nativas de América, pero en el siglo XVI fueron dispersadas en la Península Ibérica y las Islas Canarias de donde posteriormente se extendieron a otras partes del mundo, donde en la actualidad existen grandes áreas cubiertas por nopaleras (Piña, 1977).

El nopal es un recurso vegetal de mucha importancia social para los pobladores de la mayor parte del territorio mexicano, ya que desde los albores de nuestra historia ha representado una fuente de alimentación, mucho antes del

desarrollo de plantas cultivadas. Actualmente, algunos países altamente tecnificados como los Estados Unidos, Alemania y Japón han desarrollado muchos productos industrializados del nopal. Paradójicamente, siendo nuestro país el centro de diversidad genética más grande del género, se ha observado una falta de continuidad e inconsistencia en los programas de investigación y aprovechamiento de estos recursos (López y Elizondo, 1988). *Opuntia* spp. es el género con mayor número de especies y con usos tan diversos como: alimento humano y para animales, ornamental, para cosméticos, material de construcción, para cercas, como combustible, para cultivo de hongos y de grana, en artesanías y como símbolo patrio. Como medicamento, algunas especies de opuntias se utilizan para controlar la diabetes, para bajar la temperatura, desinflamar las amígdalas, como diurético, contra resfriados y tos.

Piña (1979) y Gutiérrez (1972) mencionaron que las especies más sobresalientes para el cultivo de grana-cochinilla fina en Oaxaca son el nopal San Gabriel (*Opuntia tomentosa*), el nopal de castilla (*O. ficus-indica*) y el nopal crinado (*O. pilifera*). La grana cochinilla fina (*Dactylopius coccus*), al igual que las otras ocho especies del género, se han encontrado asociadas a diversas especies de *Opuntia* y *Nopalea* (MacGregor, 1976). Se ha observado que presentan un buen desarrollo en diferentes especies de nopal para fruta, como las formas fafayuco y amarillo del Altiplano Potosino-Zacatecano.

La edad del cladodio puede influir en el desarrollo y rendimiento de la

grana cochinilla. Aunque se han obtenido buenos resultados al utilizar cladodios de entre 6 y 12 meses de edad (Méndez *et al*, 1990), Montiel (1992) afirma que la edad óptima del cladodio para el cultivo de la grana cochinilla es de 2.5 años.

El estado nutricional de la planta también influye en el rendimiento de grana cochinilla. Según Mann (1969) la grana prefiere cladodios jóvenes y en crecimiento, así como frutos en desarrollo. Palomino y Navarro (1988) determinaron que las infestaciones son más elevadas en aquellas plantas que están abonadas, encontrando una correlación positiva entre la fertilidad del suelo y la producción de cochinilla. Zamora (1992) determinó que la utilización de abonos orgánicos es eficiente para incrementar la producción de cochinilla en cuanto a peso, sin modificar el número de hembras. Los abonos que él considera que podrían mejorar la producción son los de origen de ave y de cerdo. En nopales abonados, el citado autor obtuvo 185 y 190 hembras por nopal, con un peso promedio por planta (raqueta) de 2.0872 y 2.0102 g de grana fresca en gallinaza y cerdaza respectivamente. Como resultado de la descomposición lenta y prolongada del estiércol, los nopales satisfacen continuamente sus necesidades fisiológicas.

2.2.4. Factores que afectan el desarrollo de la grana cochinilla

Son varios los factores que restringen la producción de cochinilla. Durante el desarrollo de la grana se presentan factores abióticos y bióticos que disminuyen el rendimiento en la cosecha. Entre los factores abióticos se encuentran los vientos

directos, la insolación, lluvia y el granizo (Herrera, 1983). Aquino (1992) menciona que la temperatura es uno de los factores de mayor importancia sobre el establecimiento, sobrevivencia, crecimiento, desarrollo y reproducción de las cochinillas. A temperaturas bajas (10 a 15°C), en 48 horas o más, se reduce el crecimiento y maduración de los órganos, así como también se inhibe el apareamiento, fertilización y desarrollo de embriones. A temperaturas altas (30 a 35°C) puede reducirse el ciclo biológico de 75 a 40 días en la grana silvestre y de 90 a 60 días en la fina; sin embargo, se reduce su capacidad reproductiva y de establecimiento. El viento, polvo, precipitación, también son limitantes en el establecimiento de las cochinillas tanto silvestres como finas; según la intensidad de estos eventos, los rendimientos pueden verse reducidos hasta en un 54 % en la cochinilla silvestre y hasta un 90 % en la fina (Aquino, 1992)

Los factores bióticos más comunes que afectan el desarrollo de la grana son: aves, lagartijas, culebras, ratas, armadillos, aves de corral y los insectos (Alzate, 1794). Los insectos son los depredadores más difíciles de erradicar y contrarrestar sus efectos en la producción de grana, entre estos se encuentran el gusano telero *Laetilia coccidivora* (Lepidoptera: Pyralidae), el gusano tambor o catarinitas (Coleoptera: Coccinellidae) (Portillo y Vigueras, 1998), *Chilocorus cacti* (Coleoptera: Coccinellidae) e *Hyperaspis trifurcata* (Coleoptera: Coccinellidae) (Santibáñez, 1998).

En lo que se refiere a enfermedades de la grana se ha presentado el chamusco o chorreado causado por las bajas temperaturas. Santibáñez (1998) ha observado que sobre excreciones del insecto se desarrollan hongos aún no identificados y que afectan el desarrollo de la grana. Por otro lado, Portillo y Viguera (1998) mencionan que una práctica efectiva en el control de insectos depredadores consiste en eliminar manualmente las larvas de depredadores. Se mencionan también diversos preparados botánicos para el control de plagas, ya que la aplicación de plaguicidas químicos también afectaría a las cochinillas; se han probado extractos de feromonas e insecticidas biológicos en forma preliminar, pero falta investigar más al respecto.

CAPÍTULO 3

El cultivo de la grana o cochinilla fina

El cultivo de la cochinilla es relativamente siempre y cuando las condiciones ambientales le sean favorables, por lo que para su producción se requieren locales cubiertos con plástico, palma, carrizo u otros materiales fáciles de conseguir en la región; o bien puede ser a cielo abierto, siempre que sea fuera del periodo de lluvias.

El cultivo puede ser a planta cortada, que incluye a plantas completas o pencas individuales crecidas en campo que se cortan o arrancan llevándolas a un lugar protegido para realizar su infestación, y posteriormente pueden colgarse en galeras, paredes, o techos de las casas hasta que el insecto se desarrolle para ser cosechado; las plantas y/o pencas después de haber sido utilizadas se vuelven a plantar (Santibáñez, 1988). El cultivo también puede ser directo en campo, en la que sobre los surcos donde se encuentran las plantas en crecimiento se construye el “tapexco” con los recursos disponibles; el objeto es proteger al insecto contra los efectos de la temperatura, humedad y vientos.

Para realizar la infestación, es preferible utilizar nidos de palma o bien de gasa, fijarlos a la planta con una espina de chapixtle o palillo de madera. La cosecha se realiza en función al tipo de grana a obtener; si es para asemillar, se colectan únicamente aquellas hembras oviplenas y, si es para venta, se realiza una

vez que hayan alcanzado su máximo desarrollo y algunas inicien su oviposición; en este caso, la grana debe matarse en baño María y finalmente secarse a la sombra al igual que aquellas que se utilizaron para asemillar. Los instrumentos de cosecha son: un carrizo, mica o cartulina en forma tubular de 20 cm de longitud y selladas en la base, un pincel y una charola o jícara para depositar al insecto cosechado (Santibáñez, 1988). En los siguientes párrafos se presenta una descripción más detallada de las diferentes etapas del cultivo de la grana.

3.1. Selección de la semilla.

Esta se realiza cuando el insecto cumple con su total desarrollo (90 a 120 días), lapso después del cual las cochinillas inician su oviposición, durando ésta de 15 a 20 días.

3.2. Infestación.

Consiste en colocar las cochinillas madres en la base de la planta del nopal por medio de nidos de palma o gasa; se recomienda fijar los nidos por un período de 15 a 20 días (lapso de oviposición). Así mismo se recomienda, durante este lapso, hacer rotación de nidos hacia las partes del nopal que estén deficientes en infestación y de esta manera lograr una infestación uniforme del insecto, se recomienda colocar en cada nido 10 cochinillas madres por cada raqueta (Anónimo, 1990). La infestación depende del tipo de explotación y de los materiales de que se dispongan (Santibáñez, 1988).

La Facultad de Agronomía de la U. A. N. L. ha evaluado la producción de cochinilla bajo tres métodos de infestación y dos formas de cultivo, además de determinar el ácido carmínico para cada metodología en estudio. La infestación se llevó al cabo sobre *Opuntia ficus-indica* L. bajo dos formas de cultivo, con los cladodios suspendidos y con las pencas plantadas en macetas, los métodos de infestación consistieron en utilizar 1) tul, 2) tenate y 3) usando el método Ricci. Aunque no se reporta el número y peso de las cochinillas obtenidas por raqueta, sí se menciona que la producción de cochinilla fue estadísticamente mayor con pencas suspendidas que en macetas. En cuanto a infestación, el método de tul fue superior de manera altamente significativa seguida por el método de tenate y el Ricci (Garza y Vázquez, 1999).

3.3. Cosecha de la cochinilla

Una vez que la cochinilla llega a su estado adulto se procede a cosecharla dejando algunas para que se reinfeste nuevamente la penca si así se desea. La cochinilla tarda en completar su ciclo aproximadamente de 90 a 120 días, esto dependiendo del clima; si es frío se alarga el ciclo y si hace calor se acorta (Anónimo, 1997).

3.4. Muerte y secado de la cochinilla.

Se recomienda dar muerte rápida a la cochinilla para acelerar el secado y así evitar pérdida en peso y carmín. Algunos de los métodos para sacrificar la cochinilla son:

1. Inmersión en agua recién hervida. Esto es durante 1.5 a 2.5 minutos.
2. Aplicación de vapor de agua. La cochinilla se coloca en una caja con base de malla milimétrica y se coloca en un recipiente con agua hirviendo.
3. Por congelación. Se somete la cochinilla a temperaturas menores a 0°C.
4. Aspersión con hexano al 100 % de pureza. Se cubre la cochinilla de manera que los gases de hexano provoquen la muerte por asfixia. Este método es muy empleado pues dada la gran volatilidad del hexano no deja residuo en la cochinilla sacrificada.
5. Por asfixia. Se introduce un volumen no mayor de 12 Kg de cochinilla viva en una bolsa de ixtle; se amarra la parte superior de la bolsa al ras del contenido y se introduce en una bolsa de plástico, cerrando lo más herméticamente posible. Finalmente se expone al sol durante tres horas, si no hay sol se utiliza una estufa a una temperatura máxima de 38°C por aproximadamente tres horas (Anónimo, 1997).

Otro método para sacrificar la cochinilla es sofocarla en depósitos de barro, pudiendo utilizarse un horno de cocer pan. A fin de evitar mermas en la calidad, la temperatura deberá ser tal, que pueda tenerse la mano durante un minuto sin experimentar un calor excesivo (Téllez, 1911).

3.5. Secado de la cochinilla.

Para este fin se pueden utilizar secadores solares, estufas con focos, sol directo o secarse a la sombra, cuidando que el sitio donde se coloque la cochinilla esté completamente seco (Anónimo, 1997).

3.6. Clasificación y empaque.

La cosecha de cochinilla involucra otros materiales que se recolectan junto con la cochinilla, estos son espinas, hojas secas, capullos del insecto, tierra, cera, y otras partículas. Estas impurezas deben ser eliminadas para evitar contaminación y mejorar la calidad de la grana cochinilla. El método mas utilizado para ello es el tamizado (Tukuypaj, 1993).

La cochinilla ya seca y clasificada se guarda en bolsas de polipropileno y, por seguridad, en otra bolsa que puede ser de un material distinto, por ejemplo de ixtle, para evitar pérdidas durante el transporte; la cantidad de cochinilla por bolsa puede ser de 50 a 70 kg (Quintanilla, 1996).

3.7 Comercialización.

La producción de cochinilla está concentrada en pocos países, siendo Perú el líder en la actualidad. No hay cifras exactas de la producción mundial, pero se estima que en 1998 estuvo distribuida de la siguiente manera: Perú 607.5 toneladas, Chile 100 toneladas, Islas Canarias 180 toneladas y Argentina 2 toneladas aproximadamente (Vigueras, 1999). En el mercado externo, la comercialización de cochinilla y los productos industriales derivados de ésta, han tenido en los últimos años un comportamiento variado como se observa en el Cuadro 1 referente a las exportaciones de Perú.

Cuadro 1. Exportaciones de cochinilla y derivados de cochinilla de Perú (millones de U.S. dólares)

Año	Carmín, Acido Carminico y Soluciones	Cochinilla	Total
1990	7.4	5.7	13.10
1991	0.9	2.5	9.4
1992	7.7	3.1	10.8
1993	7.5	2.1	9.6
1994	10.5	2.5	13.0
1995	7.1	1.5	11.0

Tomado de Quintanilla (1996).

Los precios internacionales del producto también han presentado grandes oscilaciones durante los últimos años, desde US\$16.00 hasta US\$120.00 por kg de grana cochinilla seca (Méndez y Martínez, 1998). Durante 1998, el precio internacional de la grana seca fluctuó alrededor de US\$30.00 por kilo, mientras que el precio del kilogramo de carmín fue de alrededor de US\$400.00, dependiendo de la calidad del producto (Méndez y Martínez, 1998).

Se estima que la producción global de grana cochinilla es actualmente cercana a las 900 toneladas (Cuadro 2), por lo que la demanda mundial actual, de aproximadamente 1200 toneladas, se encuentra insatisfecha (Vigueras, 1999).

Cuadro 2. Producción mundial de grana cochinilla (toneladas)

País	1992	1995	1998
Perú	456	420	607.5
Chile	0	40	100
Islas Canarias	30	30	180
Bolivia	2	10	N.A.
Argentina			2 aproximadamente
Total	488	500	889.5

Tomado de Vigueras (1999).

Los principales importadores de cochinilla peruana hasta 1996 fueron Francia (45.4 %), Reino Unido (18.5 %), Japón (17.3 %), Argentina (5 %) y los Países Bajos (4.5 %).

Debido a que la producción de grana cochinilla en México es mínima (aproximadamente 100 kg/año, en seco) no se puede hablar de competir con otros países. Sin embargo, es posible que mientras se implementa el programa nacional de cochinilla en nuestro país, se pueda promover su venta como pie de cría para iniciar la producción y posteriormente, como materia prima para su proceso en los diferentes productos a comercializar. La demanda actual de carmín en México es de aproximadamente 30 toneladas por año (Vigueras, 1999).

Precios.

Los precios medios anuales entre 1975 y 1979 estuvieron entre US\$18.8 y US\$21.20 el kilogramo de grana cochinilla, en 1981 y 1982 los precios declinaron a \$9.80 y \$9.40 dólares, respectivamente. A partir de 1983, los precios se incrementaron en un 67 % con respecto a 1982. Ante la gran demanda, los precios se incrementaron en 1984 y llegaron, en 1985, a \$120.00 dólares para después descender hasta \$45.00 y \$17.00 dólares. El carmín se cotizó en esas mismas fechas entre \$457.93 y \$453.55 dólares el kilogramo y a finales de 1985, descendió a \$312.95 dólares el kilogramo.

En 1989, la grana cochinilla mantuvo su precio entre \$25.00 y \$30.00 dólares con amplitud hasta \$35.00 dólares, e inclusive mayores para la de primera calidad. En ese mismo año, el carmín alcanzó un precio entre \$160.00 y \$187.00 dólares por kilogramo, mientras que los colorantes sintéticos se cotizaron entre \$88.00 y \$100.00 dólares el kilogramo. En septiembre de 1997, el kilogramo de grana cochinilla estuvo entre \$45.00 y \$90.00 dólares; en 1998 y 1999 los precios fluctuaron entre \$35.00 y \$21.00 dólares. En México, la mayoría de los productores la venden actualmente a precios que van desde \$80.00 a \$100.00 dólares (Vigueras, 1999).

México consume bastante colorante en alimentos, bebidas, cosméticos, textiles y artesanías. Sin embargo, fue hasta 1997 que sus importaciones de grana fueron significativas (Aquino y Bárcenas, 1999). El Cuadro 3 muestra los volúmenes y costos de grana seca, carmín y otras soluciones importadas por México de Perú.

Cuadro 3. Importaciones mexicanas de grana y derivados, según registros de la aduana peruana

Producto	Volumen (kg)		Precio dólares por kg		Valor total (dólares)	
	1997	1998	1997	1998	1997	1998
Grana	101		171.81			
Carmin	920	2,745.50	279.70	145.85	257,324	400,431.175
Soluciones	240	20	149.08	6.50	35,780	130

Tomado de Aquino y Bárcenas (1999)

Algunas empresas mexicanas importadoras de derivados de la grana, según registros de la aduana peruana son: Color Index Mexicana S.A de C.V., Warner Jenkinson S.A. de C.V., Come in de México S.A. de C.V., Seasoning de México S.A de C.V., Empacadora Celaya y Bioderivados S.A de C.V. Entre las empresas peruanas exportadoras de derivados de la grana, según registros de la aduana peruana, están: Helianthus S.A., Montana S.A. y Praselsa. (Aquino y Bárcenas, 1999).

CAPÍTULO 4

Material y Metodología

4.1. Descripción de las áreas de estudio.

Las dos áreas de estudio que comprende el presente trabajo están localizadas en la región sur del Estado de Nuevo León; una, en los terrenos de la Facultad de Ciencias Forestales de la U.A.N.L. en Linares, N. L. y la segunda, en un predio de la cabecera municipal de Iturbide, N.L.

Área Linares.

En los terrenos de la Facultad de Ciencias Forestales, Campus Linares, N.L., de la Universidad Autónoma de Nuevo León, se localiza el Campus en el km 145 de la carretera Cd. Victoria – Monterrey, entre los 24° 46' 11" y 24° 47' 56" Norte y los 99° 30' 34" y 99° 32' 56" Oeste, con una altitud de 360 msnm.

El tipo de clima en la región de Linares es del tipo (A)C(x)(Wo)a(e) (semicálido-subhúmedo extremo), con lluvias todo el año (García, 1988). Existen 2 temporadas de sequía, una corta en verano llamada canícula y otra larga en invierno. Las lluvias principales son en verano, el promedio de precipitación anual es 810.6 mm, donde la máxima registrada ha sido de 1847.7 mm, en 1941, y la mínima de 390.1 mm en 1956.

La temperatura media anual es de 22.4°C. La temperatura máxima extrema es de 44°C y la mínima extrema es de -11.5°C (Cavazos y Molina, 1992). En el Cuadro 4 se presentan las temperaturas registradas en el área durante el período de esta investigación.

La vegetación pertenece al llamado Matorral Tamaulipeco que se caracteriza por la predominancia de arbustos altos y árboles bajos de 2 a 6 m de altura, deciduos por un periodo breve, con especies principalmente inermes pero con la participación de algunas especies espinosas, siendo también común la presencia de gramíneas y de algunas suculentas (Reyes, 1989).

Las especies arbustivas y arbóreas predominantes en este tipo de matorral son: *Acacia rigidula*, *Acacia berlandieri*, *Havardia pallens*, *Zanthoxylum fagara*, *Viguera stenoloba*, *Bernardia myricaefolia*, *Celtis pallida*, *Cordia boissieri*, *Diospyros texana*, *Forestiera angustifolia*, *Eysenhardtia polystachya*, *Leucophyllum frutescens* y *Karwinskia humboldtiana* (Cotecoca, 1973 y Foroughbakhch y Heiseke, 1990). Su densidad es muy alta contando de 14,000 a 21,000 árboles y arbustos por hectárea según las condiciones edafoclimáticas de la zona; la edad máxima de estos arbustos y árboles se estima entre 20 y 50 años (Heiseke y Foroughbakhch, 1985).

Cuadro 4. Temperaturas registradas para el sitio Linares (estación Benitez) durante el período de esta investigación.

Meses	Temperatura Media °C	Temperatura Extrema Máxima °C	Temperatura Extrema Mínima °C	Precipitación Media Mm
Agosto	31.8	46	21	2.64
Septiembre	29.2	39	21	7.43
Octubre	24.6	38	10	2.79
Noviembre	21.7	31	11	0.87
Diciembre	16.4	33	-2	0.14
Enero	18.1	36	0	0
Febrero	21.5	38	-4	0.36
Marzo	23.5	39	3	0.77
Abril	28.8	43	13	2.64
Mayo	29.5	44	18	1.97

Fuente: Comisión Nacional del Agua. Oficina Regional Río Bravo.

Área Iturbide

El sitio Iturbide se encuentra ubicado en la Sierra Madre Oriental, en la cabecera municipal de Iturbide, Nuevo León, a una altura de 1460 msnm, en los 24° 43' Norte y a 99° 54' Oeste, a 40 km al SO de Linares, N. L.

De acuerdo con la clasificación de Köppen (1931) y con la adaptación a las condiciones de la República Mexicana de García (1988) el clima de la región se denomina “seco de estepa” del tipo BS₁hw.

La precipitación promedio anual es de aproximadamente 600 mm, rebasando la tasa de evapotranspiración, con las máximas en junio y septiembre. Un período menos lluvioso y cálido, llamado canícula o sequía de medio verano, se presenta con frecuencia en los meses de julio y agosto. La temperatura media anual oscila entre los 14 y 18° C. El período más cálido se presenta en los meses de junio a julio con temperaturas medias de 21 a 22° C y máximas superiores a los 35° C. El mes de enero es el más frío con temperaturas medias de 12 a 13° C y mínimas extremas de -10° C (Woerner, 1990). El Cuadro 5 muestra las temperaturas registradas en esta área durante el período de esta investigación.

Entre los tipos de vegetación que se pueden distinguir en la región, dependiendo de la altura y la exposición, y basándose en la estructura y especies de árboles y arbustos dominantes, están el bosque de pino, de encino-fresno-cedro y de encino, los matorrales submontanos hasta los matorrales desérticos abiertos y chaparrales que denotan condiciones más secas y cálidas. En general, se presenta un gradiente obvio en altura y densidad de la vegetación (Rojas-Mendoza, 1965; Synnott y Marroquín, 1987).

Cuadro 5. Temperaturas registradas para el sitio Iturbide (estación Iturbide) durante el período de esta investigación.

Meses	Temperatura Media °C	Temperatura Extrema Máxima °C	Temperatura Extrema Mínima °C	Precipitación Media Mm
Agosto	21.5	32	12	5.5
Septiembre	20	28	10	5.05
Octubre	17.5	31	5	3.23
Noviembre	16.6	29	3	0.23
Diciembre	13	31	-4	0
Enero	13.3	30	-4	0
Febrero	15.2	32	-1	0.07
Marzo	17.5	33	-2	0.98
Abril	21.8	38	6	0.33
Mayo	22.1	36	9	0.15

Fuente: Comisión Nacional del Agua. Oficina Regional Río Bravo.

4.2. Diseño experimental y descripción de la metodología

Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar constando el experimento de 12 tratamientos (tres ecotipos de nopal x 2 épocas x 2 localidades), teniendo cuatro repeticiones para cada tratamiento, los cuales fueron establecidos en campo, en túneles rústicos y bajo un sistema a penca cortada.

En cada área de estudio se establecieron 12 unidades experimentales en cada época, constando cada unidad experimental de 6 cladodios o raquetas, colocadas a una distancia de 5 cm entre ellas, con una separación entre repeticiones de 10 cm.

Las fuentes de variación fueron: 2 épocas, 2 sitios y 3 variedades, quedando conformadas de la siguiente manera.

Epoca 1 5 de agosto de 1998

Epoca 2 3 de diciembre de 1998

Sitio 1 Linares, N. L.

Sitio 2 Iturbide, N. L.

Variedad 1 Jalpa

Variedad 2 Copena V1

Variedad 3 Villanueva

El criterio que se siguió para la selección del material vegetativo fue, que fueran especies o variedades que prosperan en el estado de Nuevo León, que los cladodios presentaran un excelente vigor, que estuvieran libres de plagas y enfermedades y no presentaran malformaciones; que midieran como mínimo 25 cm de ancho y 40 cm de longitud y tuvieran entre 6 meses y un año de edad. Los cladodios fueron cortados a partir de la base de la penca 5 días antes de la infestación.

Para el establecimiento de la parcela experimental, en cada área de estudio, se construyó un túnel rústico de madera con dimensiones de 1.50 m de largo por 1.50 m de ancho cubierto con plástico transparente calibre 600; la estructura de soporte fue construida con madera a una altura de 1.0 m.

Dentro del túnel se colocó un emparrillado con hilo de rafia, a una altura aproximada de 20 cm del piso, con el fin de que los cladodios infestados, colocados dentro del túnel, no se inclinaran unos sobre otros. Para ello, las separaciones del emparrillado fueron de 5.0 cm y se utilizaron clavos para marcar las divisiones y sujetar el hilo de rafia (Figura 2).

*Producción de grana cochinilla del nopal *Dactylopius coccus* Costa (Homoptera: Dactylopiidae) en dos localidades del sur del estado de Nuevo León.*



Figura 2. Túnel rústico que muestra el emparrillado donde fueron colocadas las raquetas de nopal para la producción de grana.

Una vez terminado el corte y limpieza de los cladodios, estos se infestaron con la grana cochinilla. Cada penca se infestó usando un nido de tul de 6 x 12 cm conteniendo 20 hembras adultas, el nido permaneció adherido por un período de 14 días después de lo cual fue retirado.

La cosecha se realizó aproximadamente a los tres meses después del sembrado, cuando las hembras estaban próximas a ovipositar. La Figura 1 muestra un cladodio infestado, próximo a la cosecha (Ver página 9).

Las variables de respuesta para la evaluación de los tratamientos fueron:

- 1) Número de insectos.
- 2) Peso fresco de los insectos.
- 3) Peso seco de los insectos.
- 4) % de materia seca de los insectos (peso seco/ peso fresco x 100)

Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza y comparación múltiple de medias mediante la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$).

CAPÍTULO 5

Resultados

Aún cuando los cladodios fueron infestados en la misma fecha en ambos sitios (Linares e Iturbide), el tiempo para la cosecha difirió ligeramente entre las localidades, como se muestra a continuación:

Epoca 1 (verano)	5 de agosto de 1998–28 de octubre de 1998 para Linares
Epoca 1 (verano)	5 de agosto de 1998–11 de noviembre de 1998 para Iturbide
Epoca 2 (invierno)	3 de diciembre de 1998–18 de marzo de 1999 para Linares.
Epoca 2 (invierno)	3 de diciembre de 1998–12 de abril de 1999 para Iturbide.

El ciclo del insecto, desde la infestación a la cosecha, fue más corto para el sitio que presenta temperaturas más cálidas (Linares) en ambas épocas, y para la época más caliente en ambos sitios. El más corto de los ciclos (84 días) fue en el sitio Linares, en verano, mientras que el más largo (130 días) se presentó en Iturbide, en la época de invierno. La duración promedio del ciclo para los tratamientos en verano fue de 91 días, mientras que el promedio para los ciclos de invierno fue de 117.5 días.

5.1 Análisis de las variables de evaluación

La homogeneidad de los datos se analizó mediante la prueba de Bartlett, encontrándose que las varianzas no fueron homogéneas. Debido a ello, se procedió a realizar una transformación logarítmica para las variables: número de insectos, peso fresco y peso seco, mientras que para porcentaje de materia seca se realizó una transformación arcoseno, que es la mas recomendable para datos expresados en porcentaje (Little y Hills,1991).

Enseguida se presentan los resultados del análisis de varianza y prueba de medias para las variables a evaluar: número de insectos, peso fresco, peso seco y porcentaje de materia seca. Los valores promedio por raqueta para cada uno de los tratamientos se presentan en el Anexo 2.

5.1.1 Análisis para número de insectos

Al analizar la producción en función del número de insectos, se encontraron diferencias significativas entre sitios y entre variedades ($P > F = 0.0001$) pero no así entre épocas ($P > F = 0.45$) (Anexo 3). Los resultados de la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) mostraron que la variedad 3 (Villanueva) presentó el mayor número de insectos, siendo inferiores e iguales entre sí las otras dos variedades (Jalpa y Copena V1). Asimismo, demostraron que el sitio 2 (Iturbide) fue mejor, con valores más altos que el sitio Linares (Cuadro 6).

Cuadro 6. Rendimiento promedio de número de insectos por raqueta.

Épocas	Agosto 1998	34.66 ^{a*}
	Diciembre 1998	32.60 ^a
Sitios	Linares	15.75 ^a
	Iturbide	51.51 ^b
Variedades	Jalpa	19.98 ^b
	Copena VI	24.22 ^b
	Villanueva	56.68 ^a

* Letras diferentes, dentro de épocas, sitios y variedades, representan diferencias significativas de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$).

Aún cuando las pruebas de Tukey se realizaron con los datos transformados, conforme se especificó en el primer párrafo de este capítulo, en los Cuadros correspondientes a esta prueba se presentan los valores promedio reales, sin transformar. Esto, para facilitar al lector la percepción de los rendimientos obtenidos para cada variable analizada.

5.1.2 Análisis para peso fresco

El análisis de varianza demostró que existieron diferencias en el peso fresco de la grana entre épocas ($P > F = 0.0001$), sitios ($P > F = 0.0001$) y variedades ($P > F = 0.0001$) (Anexo 3).

Los rendimientos en peso fresco de grana fueron superiores para la época de invierno y el sitio Iturbide. En cuanto a las variedades de nopal utilizadas, la prueba (Tukey, $\alpha = 0.05$) indicó que la variedad 3 (Villanueva) fue diferente y con los valores más altos de producción de peso fresco. Las otras dos variedades fueron iguales entre sí (Cuadro 7).

Cuadro 7. Rendimiento promedio de peso fresco (gramos) de grana por raqueta.

Épocas	Agosto 1998	0.799 ^{a*}
	Diciembre 1998	1.454 ^b
Sitios	Linares	0.619 ^a
	Iturbide	1.634 ^b
Variedades	Jaipa	0.597 ^b
	Copena V1	0.727 ^b
	Villanueva	2.056 ^a

* Letras diferentes, dentro de épocas, sitios y variedades, representan diferencias significativas de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$).

5.1.3 Análisis para peso seco

En lo que respecta al peso seco de insectos, los análisis (Anexo 3) indicaron que hubo diferencias significativas entre épocas ($P > F = 0.0001$), sitios ($P > F = 0.0001$) y variedades ($P > F = 0.0001$), resultando con mayores rendimientos la época de invierno, el sitio Iturbide y la variedad Villanueva (Cuadro 8).

Cuadro 8. Rendimiento promedio de peso seco (gramos) de insectos por raqueta.

Épocas	Agosto 1998	0.294 ^{a*}
	Diciembre 1998	0.562 ^b
Sitios	Linares	0.236 ^a
	Iturbide	0.619 ^b
Variedades	Jalpa	0.230 ^b
	Copena V1	0.280 ^b
	Villanueva	0.772 ^a

* Letras diferentes, dentro de épocas, sitios y variedades, representan diferencias significativas de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$).

5.1.4 Análisis para porcentaje de materia seca.

El porcentaje de materia seca difirió entre sitios ($P > F = 0.042$), entre épocas ($P > F = 0.0001$) y entre variedades ($P > F = 0.0001$), (Anexo 3), obteniéndose los valores más altos para el sitio Iturbide, la época de invierno y la variedad 1 (Jalpa) (Cuadro 9).

Cuadro 9. Rendimiento promedio de porcentaje de materia seca por raqueta.

Épocas	Agosto 1998	37.01 ^{a*}
	Diciembre 1998	38.66 ^b
Sitios	Linares	37.32 ^a
	Iturbide	38.35 ^b
Variedades	Jalpa	38.08 ^a
	Copena V1	37.56 ^b
	Villanueva	37.86 ^b

* Letras diferentes, dentro de épocas, sitios y variedades, representan diferencias significativas de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$).

5.2 Síntesis de los resultados obtenidos:

- La época de invierno fue mejor para ambos sitios y para las 3 variedades, en lo que respecta a peso fresco de grana, peso seco y % de materia seca. Sin embargo, no hubo diferencias entre épocas para número de insectos.
- El sitio Iturbide fue mejor para las tres variedades y las dos épocas.
- La variedad 3 (Villanueva) fue la mejor en ambas épocas y ambos sitios en cuanto a producción de número de insectos, así como peso fresco y peso seco de estos, pero no así en cuanto al porcentaje de materia seca donde la variedad 1 (Jalpa) resultó mejor.

CAPÍTULO 6

Discusión, Conclusiones y Recomendaciones

El rendimiento promedio, por raqueta, más alto fue de 3.3102 g de peso fresco de grana cochinilla en la variedad Villanueva, en el sitio 2 (Iturbide), en la época de invierno (3 de diciembre de 1998–12 de abril de 1999). Este rendimiento está ligeramente por encima de los rendimientos que se reportan en la literatura para las áreas más productoras de México, como es el estado de Oaxaca, donde Santibáñez (1992) reportó que los rendimientos obtenidos en una superficie de 40 m² fluctúan de 7 a 15 kg de grana, con un rendimiento promedio de 3 gramos de peso fresco de grana, por raqueta. Por otra parte, Méndez y Martínez (1998) señalaron que, dependiendo de la época de producción, de la especie o variedad de nopal utilizado como sustrato, del sistema de producción empleado y del método de matado y secado, el rendimiento promedio por raqueta puede oscilar entre 1 y 3 gramos de grana cochinilla fresca, conteniendo un promedio de 19 % de ácido carmínico.

La variedad Villanueva mostró los más altos valores en lo que respecta a número de insectos, peso fresco y peso seco de grana, pero no así en el porcentaje de materia seca donde la variedad Jalpa resultó superior. Sin embargo, la producción de la variedad 1 (Jalpa) en número y peso fresco de insectos es muy bajo con respecto a la variedad Villanueva, por lo que su rendimiento es bajo.

Los resultados de la presente investigación mostraron que a mayores temperaturas, el ciclo del insecto se acortó, siendo esto coincidente con lo reportado por Aquino (1992) y Barbera e Ingles (1997). Estos últimos midieron la duración de las diferentes etapas en la vida de la cochinilla y encontraron que la duración de las etapas se incrementó en invierno de 90 a 150 días. Así, para el presente estudio, se tuvieron ciclos de 105 días para Linares y de 130 días para Iturbide, en la época 2 (diciembre-abril), y en la época 1 (agosto-octubre), que es la más calurosa en la región, la duración del ciclo fue de 84 y 98 días para Linares e Iturbide respectivamente. Es notorio el hecho de que tanto la época (invierno) como el sitio (Iturbide) donde hubo mayor producción, correspondieron a las temperaturas más bajas (Cuadros 4 y 5) si bien, como ya se mencionó, el tiempo a la cosecha se extendió. Por tanto, la localidad Iturbide, puede ser una buena alternativa para la producción de grana cochinilla.

Durante el período de esta investigación, las temperaturas estuvieron por encima de las medias históricas para cada sitio (Cuadros 4 y 5). La importancia de esta información radica en el hecho de que las temperaturas extremas pueden afectar el desarrollo de la grana. A temperaturas altas (entre 30°C y 35°C) puede reducirse el ciclo biológico de 90 a 60 días; sin embargo, se reduce su capacidad reproductiva y de establecimiento.

A temperaturas consideradas bajas para el desarrollo de la cochinilla (10 a 15°C) en 48 horas o más, se reduce el crecimiento y maduración de los órganos, así como también se inhibe el apareamiento, fertilización y desarrollo de embriones (Aquino, 1992). Las altas temperaturas registradas en Linares durante el periodo más cálido, son posiblemente la explicación de la baja producción obtenida en ese sitio.

Como se puede observar en el Anexo 2, los rendimientos para el sitio Linares, aún en la época de invierno, fueron inferiores a los del sitio Iturbide en la época de verano. Lo anterior es debido, probablemente, a que, aún en la época de invierno, se presentaron temperaturas superiores a los 35°C en el sitio Linares (Cuadro 4). Sería recomendable, en futuras investigaciones, probar el periodo de noviembre a febrero, para el sitio Linares, aún cuando se realizara solamente una cosecha al año.

Es conveniente subrayar el hecho de que los túneles de producción que se utilizaron son de construcción rústica, y se pueden construir con material de la región, por lo que estos pueden ser fácilmente establecidos por cualquier persona interesada en la producción de grana cochinilla, sin requerir de una fuerte inversión.

A partir de los resultados de esta investigación, surge la interrogante de por qué la preferencia del insecto por una u otra variedad, lo que da la pauta para futuras investigaciones en esta línea y, al respecto, se sugieren dos posibilidades:

1) que los contenidos de azúcares u otro elemento sean significativamente diferentes entre las variedades analizadas y que esta condición resulte atractiva para el insecto; aún cuando Flores *et al* (1995) encontraron, al realizar una evaluación química de 20 variedades de nopal agrupadas en cuatro especies, que los resultados del análisis bromatológico con base en peso seco, indican alta variación en la composición química de los estratos (raíz, cladodio y brote), mínima variación a nivel de especie y nula variación en variedades. 2) que el grosor de la cutícula sea diferente entre las variedades y, en aquellas con cutícula más gruesa, se dificulte la inserción del aparato bucal del insecto y, por lo tanto, se vea reducida la fijación del insecto y, por ende, la producción.

Dado los resultados favorables obtenidos en esta primera investigación, se sugiere probar la variedad Villanueva en otros ciclos y otras localidades del sur del estado antes de recomendar su producción comercial. Esto es para tratar de completar un paquete tecnológico que incluya aspectos sobre cultivo, manejo e industrialización de la grana y de esta manera establecer el cultivo de la grana cochinilla del nopal, como una alternativa económica para las áreas rurales del sur del estado de Nuevo León.

LITERATURA CITADA

- Alzate, R. J. 1777. Memoria en que se trata del insecto grana o cochinilla, de su naturaleza y serie de su vida, como también del método para propagarlo y reducirlo al estado en que forma uno de los ramos más lucrativos del comercio. *In*: "La Naturaleza". Soc. Mex. Hist. Nat. 6:91-151.
- Alzate, J.A. 1794. Memoria en que se trata del insecto grana o cochinilla (1777-1794) *Gacetas de Literatura de México (Puebla)* vol.3, pp. 199-259.
- Anónimo. 1990. Avances en la investigación productiva de grana-cochinilla. Ed. Secretaría de Desarrollo Rural de Estado de Oaxaca e Instituto Tecnológico Agropecuario No. 23. México. 24 pp.
- Anónimo. 1997. Cría de Cochinilla. Ed. Departamento de Botánica y Zoología, Universidad de Guadalajara. México. 15 p.
- Aquino, P. G. 1992. Factores limitantes en el cultivo de la cochinilla (*Dactylopius spp.*) del nopal (*Opuntia spp.*) en el Altiplano Potosino. *In*: Memoria de resúmenes del Quinto Congreso Nacional y Tercer Congreso Internacional Sobre Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. De México. Pp.75-76.
- Aquino, P. G. y N. M. Bárcenas Ortega. 1999. Cría de la cochinilla para la producción de grana y sus posibilidades de resurgimiento en México. *In*: Memoria del VIII Congreso Nacional y VI Internacional Sobre el Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí, S.L.P., México. pp 275-308.

- Arellanes, M. A. 1988. Aspectos de la historia económica de la grana en Oaxaca. Texto borrador para: La grana y el carmín. México.
- Barbera, G. y P. Ingles. 1997. The breeding of *Dactylopius coccus* (Costa) under controlled conditions in Sicily. Memories of the V International and VII National Congress on knowledge and uses of nopal. FAO, FAUANL. Monterrey, Nuevo León, Mexico. pp. 186.
- Brana, D. D. 1964. Cochineal: aboriginal dyestuff from Nueva España. Actas y memorias del XXXVI Congreso Internacional de Americanistas. Department of Geography. The University of Texas. Austin, Texas. pp. 77-79
- Bustamante, M. O. 1985. Estudio del ciclo biológico de la cochinilla *Dactylopius coccus* en su ambiente natural. In: Resúmenes del primer congreso Nacional de la tuna y la cochinilla. Ayacucho, Perú. p. 44-45.
- Castillo, V. J.J. 1993. Relación entre algunas características anatómicas del nopal (*Opuntia spp.*) y el establecimiento de la cochinilla (*Dactylopius coccus* C.). Tesis profesional. Chapingo, Mex. 90 p.
- Cavazos, G.,I. 1980. Historia de Nuevo León. Con noticias sobre Coahuila, Tamaulipas, Texas y Nuevo México, escrita en el siglo XVII por el Cap. Alonso de León, Juan Bautista Chapa y el Gral. Fernando Sánchez de Zamora. Estudio preliminar y notas de Israel Cavazos Garza. R. Ayuntamiento de Monterrey 80 – 82 Monterrey, N. L. pp. 47 – 49.

140903

- Cavazos, P. T. y V. Molina. 1992. Registros Climatológicos de la región citrícola de Nuevo León. Boletín Técnico. No.1. Facultad de Ciencias Forestales. U.A.N.L.
- Colunga, G.M. 1984. Variación Morfológica, Manejo Agrícola y Arados de Domesticación de *Opuntia* Spp. en el Bajío Guanajuatense. Tesis profesional. Chapingo, México.
- Coronado, P. R. y A. Márquez Delgado. 1994. Introducción a la Entomología Morfología y Taxonomía de los Insectos. Editorial Limusa, S.A. de C.V. Decimotercera reimpresión. México, D.F. pp. 145, 152.
- Cruz, D. M. 1990. Determinación de algunos aspectos biológicos de la grana o cochinilla del nopal *Dactylopius coccus* Costa (Coccoidea: Dactylopiidae) en Chapingo, México. Tesis profesional. Chapingo, México. 71 pp.
- Dahlgren, De J. B. 1963. La grana o cochinilla. *In*: Nueva Biblioteca Mexicana de Obras Históricas. Porrúa Hnos. México. 960 p.
- De Lotto, G. 1974. On the status and identity of the cochineal insects (Homoptera: Coccoidea: Dactylopiidae). *J. Entomol. Soc. Sth. Afr.* 37 (1): 167-193.
- Ferris, G. F. 1955. Atlas of the Scale Insects of North America. Vol. VII. The Famistan for University Press Calif. USA. pp.64-93.
- Flores, F. V. 1997. Manejo de la cochinilla en comunidades campesinas. *In*: VII congreso Nacional y V Internacional sobre Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. Monterrey, N. L. , México. pp. 59-63

- Flores, H. A.; M. Murillo S.; F. Borrego E. y J. L. Rodríguez O. 1995. Variación de la composición química en estratos de la planta de 20 variedades de nopal. *In: Memorias del VI Congreso Nacional y IV Congreso Internacional sobre el Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal del 6-10 de noviembre de 1995.* Univ. De Guadalajara. Las Agujas, Nextipac, Zapopan, Jalisco, México. pp. 110-115.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. Cuarta edición. UNAM, México.
- Garza, Z. A. y R. Vázquez. A. 1999. Evaluación de métodos de cultivo e infestación para la producción de grana. *In: Memoria del VIII Congreso Nacional y VI Internacional Sobre el Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal.* Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí, S.L.P., México. pp 112.
- Gilreath, E.M. y J. W. Smith. 1987. Enemies of *Dactylopius confusus* (Homoptera: Dactylopidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 80 (6): 768-774.
- Gallegos, G. J. 1985. Reconocimiento Morfológico de la cochinilla del carmín. Resúmenes primer Congreso Nacional de Tuna y Cochinilla. Ayacucho, Perú.
- Gutiérrez, C. A. 1972. Nopalnochestli. *Cact. y Suc. de México.* 17 (2): 51-54.
- Heiseke, D. y R. Foroughbakhch. 1985. El matorral como recurso forestal. Facultad de Silvicultura y Manejo de Recursos Renovables, UANL. Reporte Científico No. 1. 1-31. Linares, N. L., México.

- Herrera, M. 1983. Los insectos útiles de Oaxaca. Revista Oaxaca. Nuestra Causa Común. No.23. pp.26-30.
- Howell y M. L. Williams. 1976. An annotated key to the families of the scale insects (Homoptera: Coccoidea) of America, female. Ann. Ent. Soc. Amer. 62 (2): 1981-1989.
- Little, T. M. y F. J. Hills. 1991. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. Editorial Trillas. México. pp. 125-143.
- López, G.J.J. y J. L. Elizondo. 1988. El conocimiento y aprovechamiento del nopal en México. Resúmenes Tercera Reunión Nacional y Primera Internacional sobre el conocimiento del nopal. Saltillo, Coah. México. P. 22.
- MacGregor, L.R. 1976. La grana o cochinilla del nopal usada como colorante desde México antiguo hasta nuestros días. Cactáceas y Suculentas Mexicanas. Tomo 21, No. 4:93-76
- Marín, I. R y F. Cisneros V. 1977. Biología y Morfología de la cochinilla del carmín, *Dactylopius coccus* Costa (Homoptera: Dactylopiidae). Rev. Per. Entomol. 20 (1): 115-120.
- Mann, J. 1969. Cactus feeding insect and mites. U. S. Natl. Mus. Bull. 256. 158 p.
- Méndez, G. J., Aquino, P. G. y A. Moreno Q. 1990. Producción e industrialización de la grana-cochinilla (Coccoidea: Dactylopiidae: *Dactylopius* spp) en Salinas de Hgo., S. L. P. In: Memorias del ciclo de Conferencias sobre Estrategias de Agroindustrialización de Plantas del desierto. Tarango, A., Cisneros, R. Y F. J. Morales (Eds.). U.A.S.L.P.

C.R.E.Z.A.S.- C.P. pp. 80-88.

Méndez, G. J. 1992. Tasas de supervivencia y reproducción de la grana cochinilla *Dactylopius coccus* Costa (Homoptera: Dactylopiidae) a diferentes temperaturas. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo. México. 52 p.

Méndez, G. J. y J.J. Martínez Hernández. 1998. Experiencias en la producción de la grana o cochinilla fina en el Altiplano Potosino-Zacatecano. In: Memorias del primer Congreso Internacional de Grana Cochinilla y Colorantes Naturales. pp. 45-46.

Miller, D. R. 1976. Family Dactylopiidae in: Sillabus for works hop on scale insect identification. Proc. Of the National Meeting of the Ent. Soc. Amer. Hawaii U.S.A. p. 10.

Montiel, R., L. 1992. Valoración del cultivo de grana-cochinilla *Dactylopius coccus* Costa, utilizando diferentes sustratos y fotoperíodos. Tesis profesional. Depto. de Agrobiología. Universidad Autónoma de Tlaxcala. Ixtacuixtla, Tlaxcala. 83 p.

Montiel, R. L.; J. Valdez C. y C. Llenderal C. 1997. Presencia de Carmin en los Órganos Internos de *Dactylopius coccus* (HOMOPTERA: DACTYLOPIIDAE). In: VII Congreso Nacional y V Internacional sobre conocimiento y aprovechamiento del nopal. Monterrey, N. L., México. pp. 178-179

- Palomino, M., R. Y W. Navarro A. 1988. El cultivo de la tuna y la propagación de la cochinilla. PROFEL. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho, Perú. 64 p.
- Piña, L. I. 1977. La grana o cochinilla del nopal. Monografías LANFI NO. 1. Publicaciones de los Laboratorios Nacionales de Fomento Industrial México. pp. 55.
- Piña, L. I. 1979. Principales países productores de grana fina y algunos aspectos biológicos sobre la producción de este colorante. Revista de los Laboratorios Nacionales de Fomento Industrial. Vol. 5 (3) : 14-16.
- Portillo, M. L. y Ana Lilia Viguera Guzmán. 1998. Enemigos naturales de la cochinilla del carnín. *In*: Memorias del Primer Congreso Internacional de Grana Cochinilla y Colorantes Naturales. Oaxaca, México. P. 37-38.
- Quintanilla, P.P. 1996. Producción y exportación de cochinilla en la Costa. *In*: Anales del I Seminario Internacional de la Cochinilla. Huamanga, Ayacucho, Perú. pp. 119-136.
- Reyes, R. G. 1989. Comparación de Métodos Indirectos para Estimar Biomasa Forrajera de 10 Especies Arbustivas y Arbóreas en un Matorral de la Región de Linares, N.L. Tesis de Ingeniería. Facultad de Ciencias Forestales. Linares, N.L., México. 54 pp.
- Rojas-Mendoza, P. 1965. Generalidades sobre la vegetación del estado de Nuevo León y datos acerca de su flora. Tesis doctoral inédita. Fac. de Ciencias, UNAM, México, D. F.

- Santibáñez, M.T. 1988. El cultivo de la grana-cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa) del nopal (*Opuntia* spp) en Oaxaca. *In: memorias de la 3a. Reunión Nacional y 1a. Internacional sobre Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal del 10-14 de octubre de 1988.* Univ. Aut. Agraria "Antonio Narro". Buenavista, Saltillo, Coah., México. pp. 279-283.
- Santibáñez, M.T. 1992. Formas de explotación de grana-cochinilla en Valles Centrales en Oaxaca. *In: Res. del 5to. Congreso Nacional y 3er. Congreso Internacional sobre el Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal del 11-15 de agosto de 1992.* Univ. Aut. Chapingo y CONACYT. Chapingo, Méx. México. pp. 69.
- Santibáñez, M. T. 1998. Plagas y Enfermedades del Nopal que afectan la producción de Grana-Cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa. *In: Memorias del Primer Congreso Internacional de Grana Cochinilla y Colorantes Naturales.* Oaxaca, México. P. 39-40.
- Santibáñez, M. T. 1988. El cultivo de la grana cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa) del nopal (*Opuntia* spp.) en Oaxaca. *In: Memorias de la Tercera Reunión Nacional y Primera Reunión Internacional Sobre el Nopal su Conocimiento y Aprovechamiento* pp. 279-283.
- Sullivan, R. P.1990. Population growth potential of *Dactylopius ceylonicus* (hemiptera: Dactylopiidae) on *Opuntia vulgaris* Miller. *J. Aust. Entomol. Soc.* 29 (3): 123-129.

- Synott, J. T., J. S. Marroquín. 1987. Ecología Forestal del terreno de Santa Rosa, Iturbide, Nuevo León. Reporte científico No. 6 . 36 pp.
- Téllez, O. 1911. La cochinilla o grana. Boletín de la Dirección de Agricultura No. 103 parte 1. Revista de Agricultura. México. pp. 244-252
- Tovar, P. A. y M. Pando. M. 1999. El Cultivo de la Grana Cochinilla del Nopal *Dactylopius coccus* Costa (Homoptera: Dactylopiidae) Una Alternativa Para el Sur del Estado de Nuevo León. *In: Memorias del IV Simposio de Ciencia y Tecnología. SEP-CONACYT. Monterrey, N. L., México.*
- Tukuypaj, 1993. Calidad de la cochinilla en relación con métodos de cernido. Agroexportación para todos. Planning Asistance/USAID-Bolivia. Cochabamba, Bolivia. 41 p.
- Vargas, G. F.N. 1988. Biología de la cochinilla del carmín *Dactylopius coccus* Costa bajo condiciones de laboratorio en Pampa del Arco (2,750 msnm) Ayacucho. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho, Perú. 71p.
- Vigueras, G. A. L. 1999. aspectos generales del manejo postcosecha y comercialización de la grana de cochinilla en México *In: Memoria del VIII Congreso Nacional y VI Internacional Sobre el Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí, S.L.P., México. pp. 318-332*

- Woerner, M. 1990. Los suelos del Bosque Escuela de la U.A.N.L en la Sierra Madre Oriental, Iturbide, N. L. Facultad de Ciencias Forestales. Linares, N. L., México. Reporte Científico. No. 20. pp. 1-4.
- Wolf, L. S. 1977. Biología de la Célula. Ed. Omega, S.A. Casanova, 220. Barcelona, España 558 pp.
- Zamora, N. J. F. 1992. Efecto de la fertilización orgánica del nopal *Opuntia ficus-indica* (L). Mill. sobre la producción de cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa). Tesis profesional. Facultad de Agronomía. Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jal., México. 57 p.

Anexo 1

GLOSARIO

(Arellanes, 1988)

Alcabala.- tributo medido en un porcentaje de lo vendido o intercambiado que paga el vendedor o permutador al Fisco.

Arancel.- tarifa oficial de la autoridad pública en que, se determinan los derechos que deben imponerse en las aduanas a las mercancías, o se señalan los derechos que se han de pagar por ciertos servicios.

Asemillar.- colocar la grana hembra en los nidos para que deposite sus huevecillos. Los nidos se fijan a los nopales para que las crías se diseminen en las pencas.

Aviador.- persona que facilitaba el dinero o especie con determinada ganancia, para realizar actividades en la minería, agricultura y en forma especial para el cultivo de la grana.

Bodoques.- conjunto de grana apelmazada al no secarse debidamente.

Caja de comunidad.- dineros dados a guarda a sus gentes de confianza en un pueblo indígena.

Capitación.- repartimiento de contribuciones a tanto igual a cada persona de determinada edad o estado civil.

Chorroo.- enfermedad del insecto, que consiste en una diarrea mortal que lo reduce a su envoltura.

Chamusco.- enfermedad del insecto, que consiste en su ennegrecimiento causándole la muerte; generalmente mueren a los dos meses.

Cocoyuche.- forma en que se les llama a las crías de la grana al ir naciendo.

Desmadrar.- separar -- regularmente en un punzón de madera-, los insectos más desarrollados, que son las hembras fecundadas, teniendo cuidado en no maltratarlas, de preferencia una por una, y se coloca en nidos de donde se trasladan a los nopales que recibirán la descendencia.

Grana jaspeada.- la que muere por sofocación y conserva así su polvo; la que preferían los comerciantes por estar menos expuesta al fraude; mezcla de la muestra en agua caliente con la blanca por sofocación.

Granilla.- la que ha crecido desmejorada, sea por enfermedad o falta de alimento suficiente; se considera de inferior calidad, aunque acaso podría tener el mismo tinte.

Granero.- el cultivador de la cochinilla.

Habilitador.- véase aviador.

Juez de grana.- persona nombrada para cuidar de la pureza de la grana.

Maleficiar grana.- adulterar la grana valiéndose de diversas sustancias y medios.

Media grana.- grana de tamaño menor que el debido, que no se desarrolló completamente.

Nidos.- receptáculos pequeños, generalmente manufacturados con palma y llenos de heno; en su interior se colocaban las hembras para su oviposición.

Polvo de grana.- se forma con las granas recién nacidas que mueren, y el polvillo blanco sutil que cubre principalmente a la cochinilla hembra.

Raspa.- desprendimiento de la grana del nopal para su cosecha.

Semilla.- Hembras próximas a ovipositar.

Silhuastle (o Chilhaustle).- cepillo o escobeta fabricado con la base de la penca del maguey; se utilizaba para la raspa.

Tapesco (o Tapexco).- cobertizo protector de la nopalera asemillada manufacturado con distintos materiales naturales.

Tiangueros.- el que andaba por las plazas o mercados o en los pueblos, comprando a los indios grana a dos reales mas por libra del precio corriente, casi siempre para adulterarla y después venderla a algún comerciante a un poco menos de su precio corriente.

Tlazole.- especie de borra que se produce con la grana en los nopales; se compone de telas y pequeñas bolsitas de gusanos y arañas que se formaron sobre la grana; es una tela de araña que se cría en algunas granas y en ellas se envuelven los capullos de los machos mezclados con sus cuerpos y algunas crías.

Trapiches.- en relación con la grana: lugares donde los tiangueros tenían los utensilios necesarios para adulterar la grana, mezclándola con sustancias diversas.

Fábrica para producir panela.

Veedor.- el que reconoce si son conforme a la ley u ordenanza las obras de cualquier miembro u oficinas de bastimentos; equivale a inspector.

Xaballin.- tapón con el cual se obturan los nidos en los que se asemeja la grana.

Xicalpextle (o Xicalpestle).- Jícara de morro en la que se recolectaba la grana.

Zacatillo.- grana compuesta por madres que mueren en los nidos secadas al sol, su color es normal, sin embargo produce poco tinte.

Medidas y equivalencias

Arroba.- equivale a 11.5023 kg o 16.133 litros o 25 libras.

Almud.-medida variable para granos, con un peso aproximado de 4 Kg.

Carga.- mitad de fanega.

Fanega.- medida de capacidad variable según el lugar y el producto, equivale a 90.8 litros, o en casos a 55.5; para Humboldt serían 140 libras o 64 kg, en el valle de Oaxaca 24 almudes, (aproximadamente). En otros lugares la formaban 12 almudes.

Legua.- Medida de longitud equivalente a cinco mil varas.

Libra.- como medida de peso equivale a 460 gramos.

Mecate.- medida agraria mexicana equivalente a 404.5 m².

Oro tepuzque.- moneda de oro mezclada con cobre.

Onza.- medida de peso de 1/16 de libra equivalente a 0.2872 gramos.

Quintal.- medida de capacidad, que equivale a 100 libras o cuatro arrobas, o sea 46 kilos.

Real.- cantidad de dinero equivalente a 12.5 centavos (1/8 de un peso).

Tomin.- la octava parte de un castellano en el peso perteneciente al oro; en algunas partes equivale a un real.

Pie.- medida de longitud de varios lugares, el de castilla en 1/3 de vara, equivalía a 0.278 m.

Vara.- medida de longitud equivalente a 0.8359 m. Regularmente.

Anexo 2.

Rendimientos promedio (n=24) por tratamiento, para cada una de las variables analizadas.

Cuadro I. Rendimiento promedio por raqueta para número de cochinillas.

Variedad	Sitio1		Sitio2	
Jalpa	Epoca1	9.0825	Epoca1	33.1225
	Epoca2	5.5800	Epoca2	32.1624
Copena V1	Epoca1	4.4525	Epoca1	42.3300
	Epoca2	9.5000	Epoca2	40.6225
Villanueva	Epoca1	28.6625	Epoca1	90.3325
	Epoca2	37.2050	Epoca2	70.5379

Cuadro II. Rendimiento promedio por raqueta para peso fresco de grana (gr).

Variedad	Sitio1		Sitio2	
Jalpa	Epoca1	0.2433	Epoca1	0.6058
	Epoca2	0.2120	Epoca2	1.3284
Copena V1	Epoca1	0.1535	Epoca1	0.7211
	Epoca2	0.3271	Epoca2	1.7055
Villanueva	Epoca1	0.9405	Epoca1	2.1310
	Epoca2	1.8417	Epoca2	3.3102

Producción de grana cochinilla del nopal Dactylopius coccus Costa (Homoptera: Dactylopiidae) en dos localidades del sur del estado de Nuevo León.

Cuadro III. Rendimiento promedio por raqueta para peso seco de grana (gr).

Variedad	Sitio1		Sitio2	
Jalpa	Epoca1	0.0868	Epoca1	0.2346
	Epoca2	0.0824	Epoca2	0.5169
Copena V1	Epoca1	0.0556	Epoca1	0.2610
	Epoca2	0.1370	Epoca2	0.6680
Villanueva	Epoca1	0.3525	Epoca1	0.7662
	Epoca2	0.6998	Epoca2	1.2692

Cuadro IV. Rendimiento promedio por raqueta en porcentaje de materia seca de cochinillas.

Variedad	Sitio1		Sitio2	
Jalpa	Epoca1	36.0485	Epoca1	38.7202
	Epoca2	38.4784	Epoca2	39.0635
Copena V1	Epoca1	36.2468	Epoca1	36.7639
	Epoca2	37.6576	Epoca2	39.5910
Villanueva	Epoca1	37.3951	Epoca1	36.8838
	Epoca2	38.0851	Epoca2	39.0749

Anexo 3

Resultados de los análisis de varianza para cada variable de evaluación de la producción

Análisis de varianza para la variable número de insectos con transformación logarítmica.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Epoca	1	0.18384886	0.18384886	0.58	0.4472
Sitio	1	143.0136644	143.0136644	450.72	0.0001
Variedad	2	99.81133766	49.90566881	157.28	0.0001

C.V.=18.6119 %

Análisis de varianza para la variable peso fresco de insectos con transformación logarítmica.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Epoca	1	25.30634767	25.31634767	81.52	0.0001
Sitio	1	99.51999524	99.51999524	320.59	0.0001
Variedad	2	133.8268567	66.91342839	215.55	0.0001

C.V.=138.78 %

Producción de grana cochinilla del nopal Dactylopius coccus Costa (Homoptera: Dactylopiidae) en dos localidades del sur del estado de Nuevo León.

Análisis de varianza para la variable peso seco de insectos con transformación logarítmica.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Epoca	1	37.83956994	37.83956994	121.15	0.0001
Sitio	1	105.4624073	105.4624073	337.64	0.0001
Variedad	2	120.2857082	60.14285411	192.55	0.0001

C.V=41.549 %

Análisis de varianza para la variable porcentaje de materia seca de insectos con transformación arcoseno.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Epoca	1	0.26943247	0.26943247	46.80	0.0001
Sitio	1	0.02395072	0.02395072	4.16	0.0423
Variedad	2	0.15408768	0.07704384	13.38	0.0001

C.V=41.54 %

