

# PRODUCCIÓN DE GRANA-COCHINILLA (*Dactylopius coccus* Costa) EN PLANTAS DE NOPAL A LA INTEMPERIE Y EN MICROTÚNELES

## COCHINEAL (*Dactylopius coccus* Costa) PRODUCTION IN PRICKLY PEAR PLANTS IN THE OPEN AND IN MICROTUNNEL GREENHOUSES

Cristóbal Aldama-Aguilera<sup>1</sup>, Celina Llanderal-Cázares<sup>1</sup>, Marcos Soto-Hernández<sup>2</sup> y Luis E. Castillo-Márquez<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Entomología y Acarología. <sup>2</sup>Botánica. Campus Montecillo. Colegio de Postgraduados. 56230 Montecillo, Estado de México. <sup>3</sup>Departamento de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. (aldamac@colpos.mx, llandelina@colpos.mx)

### RESUMEN

Para obtener el ácido carmínico como colorante rojo natural, algunos países producen grana-cochinilla a cielo abierto. En México, las condiciones ambientales, los enemigos naturales y los competidores, hacen necesaria su producción en pencas de nopal cortadas y bajo protección, lo que sugiere una desventaja respecto a la producción en otros países. Por esta razón, se infestaron plantas de nopal a cielo abierto y bajo protección en dos tipos de microtúneles. Se evaluó el peso fresco y seco, contenido de ácido carmínico, la duración del ciclo biológico y la presencia de enemigos naturales de la cochinilla, así como la resistencia de la planta de nopal a varios ciclos. El microtúnel con plástico transparente fue el mejor tratamiento para producir grana cochinilla. La planta resistió tres ciclos en el microtúnel con plástico transparente, contra sólo dos en el de lona de rafia. El ciclo biológico se acortó cuando la temperatura aumentó y fue menor dentro de los microtúneles que a cielo abierto. El contenido de ácido carmínico varió de 19.4 a 22.9%. Los enemigos naturales de *Dactylopius coccus* encontrados fueron *Baccha* sp., *Laetilia coccidivora* Comstock, *Hyperaspis trifurcata* Shaeffer, *Symphorobius* sp., además de *Dactylopius opuntiae* Cockerell un competidor de la grana cochinilla.

**Palabras clave:** *Dactylopius coccus*, *D. opuntiae*, ácido carmínico, enemigos naturales.

### INTRODUCCIÓN

Las hembras adultas de la grana-cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa) contienen 19 a 24% de ácido carmínico (en peso seco), una sustancia química natural de alta calidad usada como colorante rojo en la industria alimenticia, farmacéutica y cosmetológica (Flores-Flores y Tekelenburg, 1995). La comercialización importante de este insecto terminó en 1875, cuando se introdujeron los colorantes sintéticos (Borror *et al.*, 1989). A inicios de la década de 1970, la demanda de cochinilla aumentó debido a la prohibición de algunos

Recibido: Julio, 2003. Aprobado: Diciembre, 2004.

Publicado como ENSAYO en *Agrociencia* 39: 161-171. 2005.

### ABSTRACT

Some countries produce cochineal in the open in order to obtain carminic acid as a natural red dye. In México, this is done on protected cut cladodes because of the environmental conditions, natural enemies, and competitors. This results in a disadvantage when compared to production in other countries. For this reason, prickly pear plants found in the open and protected in two types of microtunnel greenhouses were infested. Fresh and dry weight, carminic acid content, length of the biological cycle, the presence of natural enemies of the cochineal, as well as the resistance of the plant in various cycles were evaluated. The microtunnel made of transparent plastic was the best treatment to produce cochineal. The plants in this microtunnel resisted three cycles, the ones in the green raffia canvas resisted two cycles. The length of the biological cycle decreased when the temperature increased and was lower in the greenhouses than in the open. The carminic acid content ranged between 19.4 and 22.9%. The predators of *Dactylopius coccus* found were *Baccha* sp., *Laetilia coccidivora* Comstock, *Hyperaspis trifurcata* Shaeffer, *Symphorobius* sp. and the competitor *Dactylopius opuntiae* Cockerell.

**Key words:** *Dactylopius coccus*, *D. opuntiae*, carminic acid, natural enemies.

### INTRODUCTION

The adult females of cochineal (*Dactylopius coccus* Costa) contain 19 to 24% carminic acid (in dry weight), a natural chemical substance of high quality used as red coloring in food, pharmaceutical and cosmetic industry (Flores-Flores and Tekelenburg, 1995). The important commercialization of this insect ended in 1875, when synthetic colors were introduced (Borror *et al.*, 1989). At the beginning of the 70s, the demand of cochineal increased due to the prohibition of some artificial chemical colors producing carcinogenic effects, the reason why FAO, OMS, and UNICEF recommend the use of carmine (Condeña, 1997). Owing to this demand, Peru has increased its production six-fold in the last 23 years, until reaching a production of 650 t per

colorantes químicos artificiales que producen efectos cancerígenos, por lo que la utilización del carmín está recomendada por la FAO, la OMS y la UNICEF (Condeña, 1997). Debido a esta demanda, Perú ha sextuplicado su producción en los últimos 23 años hasta llegar a producir 650 t por año, que junto con la producción de las Islas Canarias, Chile, Bolivia y Ecuador hacen un total de 850 t por año aunque la demanda es casi el doble de esa cantidad (V. Flores, comunicación personal)<sup>4</sup>.

En Perú, la recolección de cochinilla se hace sobre poblaciones silvestres de nopal que crecen en asociación con árboles podados intencionalmente para mantener un microclima y proteger las infestaciones naturales de cochinilla. En Bolivia y Perú, los huertos de *Opuntia* sp. se establecen como cercos vivos alrededor de las casas para protección, y son utilizados para producir cochinilla (Flores-Flores y Tekelenburg, 1995). Condeña (1997) recomienda, para los valles interandinos de la sierra peruana, utilizar los huertos comerciales de fruto con doble propósito, para producir tuna y cochinilla. En México la producción de grana cochinilla se dificulta debido a la existencia de especies de cochinillas silvestres, de enemigos naturales, temperaturas extremas, lluvias fuera de temporada, alta luminosidad y vientos fuertes; por tanto, se requieren ambientes acondicionados para controlar dichos factores, mediante cobertizos, microtúneles o invernaderos y obtener buenas cosechas (Llanderal y Campos, 2001).

En Texas, EEUU. se han observado enemigos naturales de *Dactylopius confusus* Cockerell: *Laetilia coccidivora* Comstock, *Hyperaspis trifurcata* Shaeffer, *Leucopis bellula* Willinston, *Symphorobius barberi* Banks, *Chrysoperla carnea* Stephens, *Nephus timberlakei* Gordon, y *Salpingogaster texana* Curran (Gilreath y Smith, 1988). En Perú y Bolivia se documenta *Allograpta* sp. (Diptera: Syrphidae) como depredador de la cochinilla fina (Flores-Flores y Tekelenburg, 1995); en México, *Baccha* sp., *Chilocorus* sp., *Hemerobius* sp., *Hyperaspis trifurcata*, *Leucopis* sp., *Laetilia coccidivora*, *Symphorobius* sp.; en Argentina *Salambona anallamprella* (Dyar), *Salpingogaster* sp., *Baccha* sp. y *Symphorobius* sp. (Vigueras y Portillo, 2001).

Las temperaturas extremas pueden causar alta mortalidad, sobre todo en ninfas recién emergidas que son las más susceptibles; el granizo causa un daño físico al caer sobre los cuerpos frágiles de las ninfas o adultos; la radiación solar o luminosidad tiene relación estrecha con la temperatura y se recomienda regularla con sombreado en ambientes semicontrolados, a mayor temperatura mayor sombreado (Vigueras y Portillo, 2001). La lluvia puede desprender los insectos del cladodio; el viento

year; together with Canary, Chile, Bolivia, and Ecuador a total of 850 t per year are produced though the demand nearly doubles this quantity (V. Flores, personal communication)<sup>4</sup>.

In Perú, cochineal collection is carried out in wild populations of prickly pear plants growing in association with trees intentionally trimmed in order to maintain a microclimate and protect natural cochineal infestation. In Bolivia and Peru, plantations of *Opuntia* sp. are grown as live fences around the houses for protection and utilized to produce cochineal (Flores-Flores and Tekelenburg, 1995). Condeña (1997) recommends, for the inter-Andean valleys of the Peruvian mountains, to utilize the commercial orchards with double purpose: for the production of prickly pear and cochineal. In México, the existence of wild cochineal species, natural enemies, extreme temperatures, rainfalls out of season, high luminosity, and strong winds make cochineal production difficult; therefore, environmental conditioning is required to control these factors by means of sheds, microtunnels or greenhouses to obtain good yields (Llanderal and Campos, 2001).

In Texas, U.S.A., natural enemies of *Dactylopius confusus* Cockerell have been observed: *Laetilia coccidivora* Comstock, *Hyperaspis trifurcata* Shaeffer, *Leucopis hellula* Willinston, *Symphorobius barberi* Banks, *Chrysoperla carnea* Stephens, *Nephus timberlakei* Gordon, and *Salpingogaster texana* Curran (Gilreath and Smith, 1988). In Perú and Bolivia, *Allograpta* sp. (Diptera: Syrphidae) is documented as predator of cochineal (Flores-Flores and Tekelenburg, 1995); in México, *Baccha* sp., *Chilocorus* sp., *Hemerobius* sp., *Hyperaspis trifurcata*, *Leucopis* sp., *Laetilia coccidivora*, *Symphorobius* sp.; and in Argentina *Salambona anallamprella* (Dyar), *Salpingogaster* sp., *Baccha* sp., and *Symphorobius* sp. (Vigueras and Portillo, 2001) are registered.

Extreme temperatures may cause high mortality, above all, in recently emerged nymphs, being the most susceptible; hail stone causes physical damage falling on the fragile bodies of nymphs and adults; solar radiation or luminosity is closely related to temperature, whose regulation by means of shading in semi-controlled environments is recommended, the higher the temperature, the more intense the shading (Vigueras and Portillo, 2001). Rain may wash away the insects from the cladode; wind influences location or transport of the cochineals since it may avoid that the recently emerged nymphs establish on the plants, it can remove insects at final stages of development and prevent the males from fertilizing the females (Méndez *et al.*, 1994).

Semi-controlled environment proposed in México corresponds to sheds requiring little investment, built with

<sup>4</sup> Víctor Flores Flores, Profesor emérito. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho, Perú. 2004.

influye en la ubicación o arrastre de las cochinillas, ya que puede evitar que las ninfas recién emergidas se establezcan en los cladodios, puede desprender insectos en etapas finales de desarrollo e impedir que los machos fertilicen las hembras (Méndez *et al.*, 1994).

Un ambiente semicontrolado propuesto en México, corresponde a cobertizos con muy poca inversión, contruidos con carrizo, adobe, palma o troncos, piso de tierra apisonada, y pueden o no tener paredes; en este último caso, los cobertizos protegen la grana cochinilla parcialmente de la insolación, alta luminosidad, precipitación y vientos, pero no de los enemigos naturales (Llenderal y Campos, 2001). También se usan microtúneles rústicos con madera o varilla en V o U invertida, sobre la cual se sujeta el material que cubre las pencas infestadas, que puede ser plástico cubierto con otros materiales para dar sombra que regule la temperatura; para sostener las pencas se usan soportes laterales de madera y una red de rafia (Méndez *et al.*, 1994). Campos-Figueroa y Llenderal-Cázares (2003) proponen el uso de invernaderos con techo de dos aguas, paredes de material plástico rígido y semitransparente con ventanas laterales y cenitales abatibles en la parte central y a lo largo del techo para regular la temperatura interior, además de poseer armazones distribuidos en tres niveles para el mantenimiento de las pencas, ya sea colgadas o bien sostenidas mediante una red de rafia .

Por tanto, en este trabajo se plantearon los siguientes objetivos: a) determinar la factibilidad de la producción de grana cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa) sobre nopal en pie a cielo abierto y bajo protección con dos tipos de microtúneles, registrando el peso fresco y seco de hembras por planta; b) evaluar la resistencia de la planta en tres ciclos de producción y su duración en tres temporadas; c) determinar el contenido de ácido carmínico y la calidad de la cochinilla en generaciones sucesivas sobre una misma planta; d) registrar la presencia de enemigos naturales y competidores de la grana cochinilla.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en el Colegio de Postgraduados (C.P.), Montecillo, Estado de México, que se encuentra a 19° 29' N y 98° 54' O, y a 2250 m. Temperatura media anual de 14.6 °C y precipitación media anual de 558.5 mm (datos de la estación agrometeorológica Montecillo).

Se utilizaron pencas de *Opuntia ficus-indica* var. Atlixco de dos años de edad para establecer una plantación de nopal con distancia entre plantas de 0.5 m y 1.5 m entre hileras. La plantación se realizó con grupos de tres pencas, la de la base enterrada hasta la mitad, con orientación norte sur, de manera que sus caras quedaran en posición este-oeste. Además del control de maleza y la aplicación de riegos, también se realizó la poda de formación, que consistió en dejar crecer dos niveles a partir de la penca madre, el primero con dos y el segundo

giant reed, adobe, palm or trunks, tamped earth floor, with or without walls; in the latter case, sheds partly protect the cochineal from insolation, high luminosity, precipitation, and winds, but not from natural enemies (Llenderal and Campos, 2001). Also rustic greenhouses are proposed, constructed with wood or rods in inverted V or U shape, which hold the material in place, covering the infested cladodes, e.g. plastic covered with other materials to provide shade and control the temperature; for sustaining the plants, lateral wooden supports and a raffia net are used (Méndez *et al.*, 1994). Campos-Figueroa and Llenderal-Cázares (2003) suggest the use of greenhouses with saddle roof, walls of semi-transparent rigid plastic, with lateral and zenithal windows in the central part and along the roof, in order to control the inner temperature; besides, they should have frames arranged in three levels for keeping the cladodes either hanging or supported by a raffia net.

In this study the following objectives were considered: a) to determine the feasibility of cochineal (*Dactylopius coccus* Costa) production on prickly pear plants in the open and under protection in two types of greenhouses, recording fresh and dry weight of females per plant; b) to evaluate plant resistance in three production cycles and their length in three seasons; c) to determine carminic acid content and cochineal quality in successive generations on the same plant; d) to register the presence of natural enemies and competitors of cochineal.

## MATERIALS AND METHODS

The present study was carried out at the Colegio de Postgraduados (C.P.) Montecillo, State of México, located at 19° 29' N and 98° 54' W, 2250 m altitude. The annual mean temperature is 14.6 °C and annual mean precipitation 558.5 mm (data of the agro-meteorological station Montecillo).

Two-year-old cladodes of *Opuntia ficus-indica* var. Atlixco were used to establish a plantation of prickly pear plants with 0.5 m distance between plants and 1.5 m between rows. Planting was done with groups of three cladodes, the base one half buried, directed north to south, so that the surfaces of the cladodes were in east-west position. Besides applying weed control and irrigation, corrective pruning was carried out, which consisted in letting grow two levels starting from the mother cladode, the first one with two, and the second with four cladodes; this way, six cladodes per plant were obtained for each infestation; the subsequently grown sprouts were eliminated.

Prickly pear plants were infested in the open and in two types of microtunnels, the first one covered with green raffia canvas and the second with transparent 50 caliber plastic, overlaid by sacks in order to provide shade and reduce inner temperature. The microtunnels were 4.0 m long per 1.1 m wide and 1.2 m high in the central part; 1.5 m-wide ways were made, crossing the tunnels. The structure of the greenhouse was built of 3.5m-long 3/8" rods in inverted U shape burying 25 cm at each end. The rods were covered with orange colored

con cuatro pencas, de manera que se obtuvieron seis pencas por planta para cada infestación; los brotes emitidos posteriormente fueron eliminados.

Se infestaron plantas de nopal a cielo abierto y en dos tipos de microtúneles, el primero cubierto con lona de rafia verde, y el segundo, con plástico transparente calibre 50, cubierto con una capa de costales para provocar sombra y disminuir la temperatura interior. Los microtúneles tenían 4.0 m de longitud por 1.1 m de anchura y 1.2 m de altura en la parte central; se establecieron calles transversales a los microtúneles de 1.5 m. La estructura del microtúnel se hizo con varilla de 3/8" en forma de U invertida de 3.5 m de longitud, y se enterraron 25 cm en cada extremo. Las varillas se cubrieron con poliducto de color anaranjado (1/2" calibre) y se espaciaron cada 2.0 m entre ellas a lo largo del microtúnel. Para sostener la cubierta se colocaron cinco hilos de alambre recocido, uno a cada 40 cm a lo largo de la varilla y cuatro hilos de rafia entre los de alambre recocido, los cuales se sujetaron a estacas ubicadas a los extremos del microtúnel. La cubierta se sujetó con hilos de rafia a la estructura.

El laboratorio de Fisiología de Insectos del Instituto de Fitosanidad del C.P. proporcionó el pie de cría y sólo se emplearon hembras en oviposición. Se introdujeron 10 hembras en oviposición, con un peso promedio de 0.5 g de cochinilla por nido, en bolsitas de tela de tul (3×3 cm). Para la infestación se fijó un nido por penca con espinas de nopal. Se realizó una infestación artificial (agosto de 2001) y dos naturales (una en diciembre de 2001 y otra en abril de 2002).

Los enemigos naturales (depredadores y parasitoides) y competidores (otras especies de *Dactylopius*), se registraron mediante muestreos mensuales, en tres plantas por cada sistema de producción, para contar los individuos identificados mediante las claves de De Lotto (1974), Gordon (1985), Vockeroth y Thompson (1987) y Borror *et al.* (1989).

La temperatura y la humedad relativa se registraron con higrómetro de cuerda (Roosbach) que midieron semanalmente la oscilación de estas variables dentro de los microtúneles. Para el registro y comparación de las oscilaciones de estas dos variables en el exterior, se tomaron datos del mismo periodo procedentes de la estación meteorológica automática Campbell Scientific CR-10, del C.P. en Montecillo.

La cosecha, 15 d después de iniciada la oviposición, consistió en desprender a las hembras de las pencas, usando pinzas elaboradas con flejes doblados, para que cayeran sobre un plástico en el suelo. Las cochinillas se mataron al ponerlas en charolas de unicel, en un congelador a -4 °C durante 24 h. Las charolas se secaron a temperatura ambiente, bajo sombra, durante 25 d. Los insectos secos fueron sacudidos en tamices con aberturas de 2.0, 1.0 y 0.2 mm de diámetro, para clasificarlos en cochinillas de primera, segunda y tercera calidad.

Para el análisis químico de las muestras se empleó el método propuesto por Mora (1996)<sup>5</sup> y modificado por Briseño (2001)<sup>6</sup>. El material seco se preparó para el análisis químico usando un sistema de

plastic hose (1/2" caliber), and a space of 2.0 m was left between them along the tunnel. To hold the covering, five pieces of wire string were fastened every 40 cm along the rod, and four cords of raffia between them, which were fastened to posts at the ends of the tunnel. The cover was attached to the structure with raffia strings.

The laboratory of Fisiología de Insectos del Instituto de Fitosanidad of the C.P. provided the breeding stock for cochineal insects, and only females in oviposition were utilized. Ten females with an average weight of 0.5 g of cochineal per nest were introduced in tulle bags (3×3 cm). For infestation one nest per cladode was fixed to it with the cactus spines. One artificial infestation (August 2001) and two natural ones (in December 2001 and another one in April 2002) were carried out.

Natural enemies (predators and parasitoids) and competitors (other species of *Dactylopius*) were registered through monthly samplings on three plants for each production system, in order to count the identified individuals based on the keys of De Lotto (1974), Gordon (1985), Vockeroth and Thompson (1987) and Borror *et al.* (1989).

Temperature and relative humidity were recorded using cord hygro-thermographs (Rossbach), which weekly measured the fluctuation of these variables inside the greenhouses. For recording and comparing the oscillation of these variables outside, data of the same period were taken from the Campbell Scientific CR-10 automatic meteorological station of the C.P. at Montecillo.

The collection, 15 d after the beginning of oviposition, consisted in removing the females from the cladodes using forceps made with metal bands so that the insects would fall on a plastic sheet on the ground. They were killed introducing them on a Styrofoam<sup>®</sup> tray into a freezer at -4 °C for 24 h. For drying, the trays were left at room temperature in the shade during 25 d. The dried insects were shaken in sieves with openings of 2.0, 1.0, and 0.2 mm diameter in order to classify the cochineals of first, second and third quality.

For the chemical analysis of the samples, the method proposed by Mora (1996)<sup>5</sup> and modified by Briseño (2001)<sup>6</sup> was employed. The dry material was prepared for chemical analysis using a Soxhlet extraction system; the samples (2 g) were put into constant contact with toluene for 1 h in order to extract fat and waxes from the insect body. Once the fat extracted and the material dried, it was ground to fine particles. Ten milligram of powdered cochineal mixed with 3 mL of HCl 2N were put into a beaker where they were kept boiling for 10 min. The precipitate was assessed at 100 mL with deionized water and filtered; the first 20 mL of the filtrate were poured away, and the following 3 mL were utilized to read the absorbancy of the solution in a spectrophotometer (UV-vis Pye Unicam<sup>®</sup> model SP8-100) at a wave length of 494 nm (spectrum of maximum carminic acid absorption). The arminic acid content was calculated with the following formula:

$$\% \text{ carminic acid} = (\text{Abs} \times 100) / 1.39$$

<sup>5</sup> Mora I., A. 1996. Extracto rojo de cochinilla: Estudio de las condiciones de extracción y su importancia como colorante natural. Tesis profesional. Facultad de Química, UNAM. México. 47 p.

<sup>6</sup> Briseño G., A. 2001. Contenido de ácido carmínico en la grana cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa) en relación con su edad y fecundación, e influencia de la clasificación y secado. Tesis de Maestría en Ciencias. Instituto de Fitosanidad. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 80 p.

extracción Soxhlet, las muestras (2 g) se pusieron en contacto constante con tolueno durante 1 h, para extraer las grasas y ceras del cuerpo de los insectos. Una vez desengrasado y seco, el material se trituró a partículas finas. En un vaso de precipitados se colocaron 10 mg de cochinilla en polvo, se mezclaron con 3 mL de HCl 2N y se hirvieron 10 min; se aforó a 100 mL con agua desionizada, se filtró; se desecharon los primeros 20 mL del filtrado y se utilizaron los siguientes 3 mL para leer la absorbancia de la solución en un espectrofotómetro (UV-vis Pye Unicam® modelo SP8-100) a una longitud de onda de 494 nm (espectro de máxima absorción del ácido carmínico). El contenido de ácido carmínico se calculó con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ ácido carmínico} = (\text{Abs} \times 100) / 1.39$$

donde Abs=absorbancia de la solución final; 1.39=absorbancia de una solución de ácido carmínico puro (100 mg L<sup>-1</sup>)

Los tratamientos fueron producción a cielo abierto, producción bajo cubierta de lona de rafia verde, y producción bajo cubierta de plástico transparente, con tres repeticiones por tratamiento en tres ciclos de producción. Se utilizó un diseño completamente al azar y las medias se compararon con la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). Los datos se procesaron usando SAS versión 6.12 (SAS, 1995). Las variables de respuesta fueron el peso fresco y seco (g) de la cochinilla por planta, registrados con una balanza de precisión OHAUS® modelo AS200 (0.01 g de aproximación), el porcentaje de ácido carmínico, duración del ciclo biológico, y clasificación de grana cochinilla seca.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La temperatura promedio (Cuadro 1) registrada varió según la época del año y fue mayor dentro de los microtúneles que a la intemperie. La temperatura máxima promedio en el microtúnel con cubierta transparente fue superior 1.7 °C respecto a la del microtúnel con lona de rafia y 4.1 °C superior a la registrada a la intemperie; es decir, durante el día, en los microtúneles, la temperatura aumenta respecto a la intemperie. La temperatura mínima promedio a la intemperie fue inferior 1.2 °C respecto a la registrada en el microtúnel con plástico transparente y 3.0 °C inferior a la del microtúnel con lona de rafia; es decir, dentro de este último los insectos estuvieron más protegidos contra bajas temperaturas.

Los ciclos de vida más cortos se registraron en el tercer ciclo de producción (Cuadro 2). La duración del ciclo biológico fue mayor a la intemperie que en los microtúneles, los cuales fueron estadísticamente mejores pero sin diferencia significativa entre ellos. Esta variación se atribuye a las diferencias de temperatura registradas en los diferentes ciclos de producción en las épocas del año, así como en los distintos sistemas de producción (Cuadro 1), Esto concuerda con Méndez (2001) quien explica que a mayor temperatura el ciclo biológico se acorta, pero a temperaturas bajas, se alarga.

where Abs = absorbancy of the final solution; 1.39 = absorbancy of a pure (100 mg L<sup>-1</sup>) carminic acid solution.

The treatments were: production in the open, production under cover of green raffia canvas, and production under transparent plastic cover, with three repetitions per treatment in three production cycles. A completely randomized design was used and means were compared with the Tukey test ( $p \leq 0.05$ ). The data were processed using SAS version 6.12 (SAS, 1995). The variables of response were: fresh and dry weight (g) of cochineal per plant, determined with an OHAUS® model AS200 precision balance (0.01g of approximation); carminic acid percentage; length of the biological cycle; and classification of dry cochineal.

## RESULTS AND DISCUSSION

The registered temperature (Table 1) varied according to the time of the year and was higher inside the greenhouse than in the open. The highest mean temperature in the microtunnel with transparent cover was 1.7 °C higher with respect to the greenhouse covered with raffia canvas, and 4 °C higher than that registered in the open; that is, during day time, the temperature in the greenhouses increases with respect to the open. The lowest mean temperature in the open was 1.2 °C lower than that registered in the microtunnel with transparent plastic cover, and 3 °C inferior to that of the greenhouse covered with raffia canvas, which means, inside the latter the insects were more protected against low temperatures.

The shortest life cycles were recorded in the third production cycle (Table 2). The biological cycle was longer in the open than in the greenhouses, which statistically showed better results, but without significant difference among each other. This variation is attributed to the differences in temperature recorded in the different production cycles in the seasons of the year as well as in the different production systems (Table 1). This is in accordance with Méndez (2001), who explains that with higher temperatures the biological cycle gets shorter, and at low temperatures it lasts longer.

The best yield was obtained in the second generation in the microtunnel covered with transparent plastic, with an average of 63.7 g fresh, and 18.8 g dry weight (Table 3). Based on these results, it was estimated that 3.54 kg of fresh cochineal are required to obtain 1 kg of dry weight, which coincides with Méndez (2001), who states that the proportion of fresh weight relative to dry weight may vary from 2.5-3.5 to 1.

In cut hanging cladodes and in one production cycle, Campos-Figueroa and Llanderal-Cázares (2003) report a yield of 7.8 g fresh weight per cladode, which is similar to the average registered in greenhouses in the first production cycle of the present experiment (7.7 g per cladode), but less than the average in production cycle II

**Cuadro 1. Temperatura (°C) y humedad relativa (HR %) registradas dentro de los microtúneles y a la intemperie. Agosto de 2001 a julio de 2002.****Table 1. Temperature (°C) and relative humidity (HR%) registered inside the microtunnels and in the open. August 2001 to July 2002.**

Sistema de producción	Ciclo	Máxima extrema		Máxima promedio		Promedio		Mínima promedio		Mínima extrema	
		°C	HR%	°C	HR%	°C	HR%	°C	HR%	°C	HR%
Microtúnel con plástico transparente	Ago-Dic	39	100	31.2	96.0	18.5	64.0	5.7	31.9	-3.0	10
	Dic-Abr	40	100	33.6	90.2	18.4	59.5	3.1	28.7	-4.0	12
	Abr-Jul	42	94	35.1	89.8	22.0	60.9	8.9	31.9	2.0	13
Microtúnel con lona de rafia verde	Ago-Dic	35	100	29.3	95.3	18.1	63.7	6.8	32.0	-2.0	11
	Dic-Abr	38	100	32.1	89.1	18.1	58.9	4.1	28.5	-3.5	12
	Abr-Jul	40	94	33.3	90.1	21.9	65.1	10.4	40.0	2.0	19
A cielo abierto (intemperie)	Ago-Dic	33	100	27.4	96.4	15.6	63.8	3.8	31.2	-6.0	4
	Dic-Abr	36	99	29.2	87.5	15.1	57.5	0.9	27.5	-8.0	13
	Abr-Jul	38	94	31.0	88.0	19.3	58.9	7.5	29.8	1.0	12

**Cuadro 2. Duración (d) de los ciclos biológicos de *D. coccus* para tres sistemas de producción, de 2001 a 2002.****Table 2. Length (d) of the biological cycles of *D. coccus* for three production systems, from 2001 to 2002.**

Sistema de producción	Ciclo I	Ciclo II	Ciclo III
	Agosto-diciembre	Diciembre-abril	Abril-julio
Microtúnel con plástico transparente	118 c	118 c	97 a
Microtúnel con lona de rafia verde	118 c	119 c	98 a
A cielo abierto (intemperie)	128 d	129 d	106 b

a, b, c, d: Medias con letras diferentes en hileras y columnas, son diferentes ( $p \leq 0.0001$ ) ♦ Means with different letters in rows and columns are different ( $p \leq 0.0001$ ).

El mayor rendimiento se obtuvo en la segunda generación en el microtúnel con plástico transparente, con un promedio de 63.7 g peso fresco y 18.8 g peso seco (Cuadro 3). Con estos resultados se calculó que se requieren 3.54 kg de grana cochinilla fresca para obtener 1 kg de grana seca, lo que concuerda con Méndez (2001), quien menciona que la proporción de peso fresco en relación con el peso seco puede variar de 2.5-3.5 a 1.

En penca cortada, colgada y en sólo un ciclo de producción, Campos-Figueroa y Llanderal-Cázares (2003) documentan un rendimiento de 7.8 g en peso fresco por penca, lo cual es similar al promedio registrado en los microtúneles en el primer ciclo de producción del presente experimento (7.7 g por penca), pero inferior al promedio en el ciclo II de producción (10.3 g por penca). Además, Aldama-Aguilera y Llanderal-Cázares (2003) reportan, en un solo ciclo de producción, rendimientos de 8.62 g en pencas colgadas y de 12.27 g en pencas colocadas verticalmente en red de rafia; en este último sistema el rendimiento por penca fue superior al obtenido en el mejor tratamiento de esta investigación.

En la producción a cielo abierto, las cochinillas cosechadas se encontraban protegidas debajo de los nidos de

(10.3 g per cladode). Furthermore, Aldama-Aguilera and Llanderal-Cázares (2003) document in one production cycle, yields of 8.62 g in hanging, and 12.27 g in vertically placed cladodes in raffia net; in the latter system, the yield per cladode was greater than that achieved in the best treatment of this research.

In the production in the open, the cochineal insects collected were protected underneath the tulle nests under the cactus spines, on the lower side of the slightly bent cladodes, or in horizontal position and in places hidden because of the overlapping of two or more cladodes. According to Viguera and Portillo (2001) and Méndez *et al.* (1994), this insect is susceptible to being washed off by rainfalls, detachment by the wind, frosts, hailstorms, and high luminosity, factors which occurred during this research. Consequently, the yield in the open was less than the amount of cochineal insects utilized for infestation.

The largest amount of first class cochineal insects was obtained in cycle I, in the three production systems, diminishing gradually for cycles II and III (Table 4). Condeña (1997) obtained 73.91, 10.52, 8.06, and 7.51% of first, second, and third class cochineal, and fine dust in 30.5 kg of cochineal in Ayacucho, Perú. First quality

**Cuadro 3. Rendimiento (g) de grana cochinilla por planta en tres generaciones sucesivas sobre la misma planta, en tres sistemas de producción, 2001 a 2002.**
**Table 3. Yield (g) of cochineal per plant in three successive generations on the same plant, in three production systems, from 2001 to 2002.**

Sistema de producción	Ciclo I Agosto-diciembre		Ciclo II Diciembre-abril		Ciclo III Abril-julio	
	Peso fresco	Peso seco	Peso fresco	Peso seco	Peso fresco	Peso seco
Microtúnel con plástico transparente	42.5 b	12.0 b	63.7 a	18.8 a	45.9 ab	13.0 b
Microtúnel con lona de rafia verde	49.7 ab	13.0 b	60.2 ab	17.1 ab	4.0 c	1.1 c
A cielo abierto (intemperie)	0.9 c	0.3 c	3.2 c	0.9 c	9.6 c	2.7 c

a, b, c, d: Medias con letras diferentes en hileras y columnas, son diferentes ( $p \leq 0.0001$ ) ♦ Means with different letters in rows and columns are different ( $p \leq 0.0001$ ).

mul, bajo las espinas del nopal, en el lado inferior de pencas ligeramente inclinadas o en posición horizontal y en lugares ocultos por el traslape de dos o más pencas. Según Vigueras y Portillo (2001) y Méndez *et al.* (1994), este insecto es susceptible al lavado por lluvias, desprendimiento por el viento, heladas, granizadas y alta luminosidad, factores presentes durante esta investigación. En consecuencia, el rendimiento a cielo abierto fue menor a la cantidad de cochinilla utilizada para infestar.

La mayor cantidad de grana cochinilla de primera calidad se obtuvo en el ciclo I, en los tres sistemas de producción y disminuyó gradualmente para los ciclos II y III (Cuadro 4). Condeña (1997) obtuvo 73.91, 10.52, 8.06 y 7.51% de cochinilla de primera, segunda, tercera y polvillo, en 30.5 kg de cochinilla en Ayacucho, Perú. La cochinilla de primera calidad representó poco más de 87% del total; por tanto, la producción fue de buena calidad.

El rendimiento en los microtúneles de lona de rafia y de plástico transparente en el ciclo II fue 17.14 y 18.83 g de cochinilla seca por planta (Cuadro 3). La cochinilla de mayor tamaño en este ciclo se obtuvo en los microtúneles con plástico transparente (Cuadro 4), es decir, la población de cochinilla fue mayor en los microtúneles con lona de rafia, probablemente debido a la menor oscilación de la temperatura comparada con los otros dos sistemas, lo que se reflejó en un mayor establecimiento de ninfas. Esto se debe probablemente a un mayor desgaste de las plantas; además, por la competencia intraespecífica, los insectos fueron de menor talla y peso, pero las plantas no resistieron la sobrepoblación de cochinilla después del ciclo II. En ambos microtúneles se interfirió con la incidencia de la radiación solar y, como lo menciona Nobel (1998), la sombra reduce la tasa fotosintética de las cactáceas.

El mayor porcentaje de ácido carmínico se obtuvo en el ciclo II (22.9%;  $p \leq 0.001$ ) en los microtúneles de

cochineal represented little more than 87% of the total, so, it can be stated that the production was of good quality.

Yield in the microtunnels with raffia canvas and transparent plastic in cycle II was 17.14 and 18.83 g of dry cochineal per plant (Table 3). Cochineal of the largest size in this cycle was obtained in the greenhouses with transparent plastic cover (Table 4), that is, the cochineal insect population was larger in the greenhouses with raffia canvas, probably owing to less temperature fluctuation compared with the other two systems which was reflected in greater nymph establishment. This was probably due to a greater plant exhaustion; besides, due to intra-specific competition, the insects were of smaller size and less weight, but the plants did not resist the overpopulation of cochineal insects after the second cycle. In both greenhouses, incidence of solar radiation was interfered, and as Nobel (1998) mentions, shade reduces the photosynthesis rate of cactaceae.

The highest percentage of carminic acid was obtained in cycle II (22.9%;  $p \leq 0.001$ ) in the greenhouses of transparent plastic (Table 5); however, in these greenhouses also the lowest percentage was registered (19.4%;  $p \leq 0.001$ ) in cycle I. According to Flores-Flores and Tekelenburg (1995), the Institute of Technological Research and Technical Norms of Peru (ITINTEC) established that carminic acid content of first quality cochineal must be at least 18%, but the Bolivia Exporta Foundation (FBE) established 20% as minimum. In the present study, all the treatments surpassed the limit of 18% and only one did not reach the 20% limit.

The populations of natural enemies of *D. coccus*, found during this research, were more numerous inside the greenhouses than in the open, owing to the quantity of food they find in each production system. Figures 1 and 2 present graphically the population fluctuation of the organisms inside the microtunnels covered with

**Cuadro 4. Clasificación de la calidad (%) de la grana cochinilla seca, cosechada en tres generaciones sucesivas sobre la misma planta y con tres sistemas de producción, de 2001 a 2002.****Table 4. Quality classification (%) of dry cochineal, collected in three successive generations on the same plant and with three production systems, from 2001 to 2002.**

Sistema de producción	Calidad	Agosto-diciembre	Diciembre-abril	Abril-julio
Microtúnel con plástico transparente	Primera	99.0 a	95.6 bc	92.8 cd
	Segunda	0.4	3.9	4.9
	Tercera	0.3	0.3	1.6
	Polvillo	0.3	0.3	0.7
Microtúnel con lona de rafia verde	Primera	99.1 a	87.3 e	92.3 d
	Segunda	0.4	10.9	4.9
	Tercera	0.3	1.1	2.1
	Polvillo	0.2	0.8	0.7
A cielo abierto (intemperie)	Primera	97.4 ab	96.4 ab	95.3 bcd
	Segunda	1.9	2.5	2.6
	Tercera	0.6	0.8	1.9
	Polvillo	0.1	0.3	0.2

a, b, c, d: Medias con letras diferentes en hileras y columnas, son diferentes ( $p \leq 0.0001$ ) ♦ Means with different letters in rows and columns are different ( $p \leq 0.0001$ ).

plástico transparente (Cuadro 5); sin embargo, en estos microtúneles también se registró el menor porcentaje (19.4%;  $p \leq 0.001$ ) en el ciclo I. De acuerdo con Flores-Flores y Tekelenburg (1995), el Instituto de Investigación Tecnológica y de Normas Técnicas de Perú (ITINTEC) estableció que el contenido de ácido carmínico de la grana cochinilla de primera calidad debe ser 18% como mínimo, pero la Fundación Bolivia Exporta (FBE) estableció como mínimo 20%. En el presente estudio todos los tratamientos superaron el límite de 18% y sólo uno no alcanzó el límite de 20%.

Las poblaciones de enemigos naturales de *D. coccus* encontrados durante esta investigación fueron más altas dentro de los microtúneles que a cielo abierto, debido a la cantidad de alimento que obtienen en cada sistema de producción. En las Figuras 1 y 2 se grafica la fluctuación poblacional de los organismos dentro de los microtúneles de plástico transparente, donde se obtuvieron tres ciclo de producción.

El género *Baccha*, o gusano tambor, fue un depredador presente desde septiembre, y con mayor incidencia

transparent plastic, where three production cycles were obtained.

Genus *Baccha* was a predator present since September and with higher incidence in November (Figure 1). The larva, like most of the diptera, does not have legs, the head is not well-defined, the mouth parts are inconspicuous, and this is the only stage of development, feeding on cochineal insects. At moving from one place to another, the larva leaves a track on the cladode adhering to the surface by a siphon-like adaptation, which grants its survival in the rainy season. Pupation occurs by contraction and eventually hardening of the larval cuticle. The pupa is 5 to 7 mm long and of the coarctate type, that is, the appendices of the body are hidden by the puparium (larval cuticle), which varies from honey color to brown. The adult feeds on pollen and nectar of the flowers, the veins of its wings are reduced. In this species the abdomen is elongate and pedicellate, shaped like a golf club (Vockeroth and Thompson, 1987).

*Laetilia coccidivora* had low incidence at the beginning, but counting on food without interruption and

**Cuadro 5. Contenido (%) de ácido carmínico en *D. coccus* en tres generaciones sucesivas sobre la misma planta en tres sistemas de producción, 2001 a 2002.****Table 5. Carminic acid content (%) in *D. coccus* in three successive generations on the same plant in three production systems, from 2001 to 2002.**

Sistema de producción	Ciclo I	Ciclo II	Ciclo III
	Agosto-diciembre	Diciembre-abril	Abril-julio
Microtúnel con plástico transparente	19.4 b	22.9 a	21.8 ab
Microtúnel con lona de rafia verde	20.0 ab	21.9 ab	20.0 ab
A cielo abierto (intemperie)	21.4 ab	21.1 ab	22.3 ab

a, b, c, d: Medias con letras diferentes en hileras y columnas, son diferentes ( $p \leq 0.0001$ ) ♦ Means with different letters in rows and columns are different ( $p \leq 0.0001$ ).



en noviembre (Figura 1). La larva, como la mayoría de los dípteros, carece de patas, la cabeza no está bien definida, las piezas bucales son inconspicuas y es el único estado de desarrollo que se alimenta de las cochinillas. Al desplazarse, la larva deja sobre la penca un sendero, al adherirse a la superficie por una adaptación como sifón, que le permite sobrevivir en la época de lluvias. La pupación ocurre por la contracción y el eventual endurecimiento de la cutícula larval. La pupa es 5 a 7 mm de longitud y de tipo coartata, es decir, los apéndices del cuerpo están ocultos por la presencia del pupario (cutícula larval), que varía de color miel a café; el adulto se alimenta del polen y néctar de las flores, con alas de venación muy reducida. En esta especie el abdomen es alargado y pedicelado, en forma palo de golf (Vockeroth y Thompson, 1987).

*Laetilia coccidivora* tuvo una baja incidencia al inicio, pero al contar con alimento sin interrupción y estar protegido en los microtúneles, la población tuvo aumento continuo (Figura 1); por tanto, se considera el enemigo natural más importante de la grana cochinilla. La población más alta de *L. coccidivora* se registró en el tercer ciclo de producción (abril, mayo, junio y julio), con nueve individuos por planta, en promedio. La larva mide 6 a 18 mm de longitud, su color varía de amarillo a verde azulado, con setas en todo el cuerpo. A este insecto se le llama gusano telero porque la larva se cubre con una capa de seda a manera de tela, que ella construye, y se le encuentra entre ésta y la superficie del nopal a lo largo del área donde se alimenta. La pupa mide 12 a 16 mm, de color café oscuro y está cubierta con la tela y con restos de algunas de las víctimas consumidas durante su estado larval. El adulto es una palomilla de color café claro, con manchas oscuras en las alas. La subfamilia Phycitinae se caracteriza por alas anteriores largas y estrechas, y las posteriores son amplias y más cortas (Borror *et al.*, 1989).

La población de la catarinita *Hyperaspis trifurcata*, otro depredador, tuvo aumento continuo en cada ciclo, pero a diferencia del gusano telero y del gusano tambor, tanto la larva como el adulto se alimentan de las cochinillas. Se observó que esta catarinita prefiere alimentarse de la cochinilla silvestre, que competía con la cochinilla fina. La larva es de color rojizo oscuro y está cubierta con pequeñas setas; el abdomen tiene 10 segmentos; la pupa es de color negro, con los apéndices visibles de color rojizo a café. El adulto es negro y presenta en la parte dorsal de los élitros, franjas longitudinales verde amarillentas y llega a medir 2 a 3 mm de longitud. Gordon (1985) señala a *Dactylopius coccus* Costa, *D. confusus* Cockerell, *D. opuntiae* Cockerell, *D. tormentosus* Lamarck y *Dactylopius* spp., como presas del género *Hyperaspis*.

Otro depredador detectado fue *Symphorobius* sp., aunque sólo en bajas poblaciones de adultos (Figura 1). Viguera y Portillo (2001) denominan a este insecto como

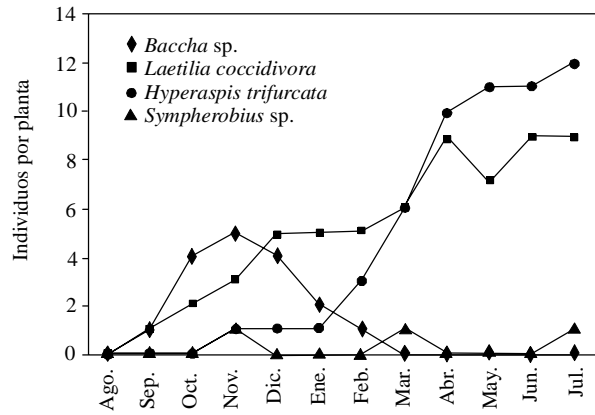


Figura 1. Fluctuación poblacional de los depredadores de la grana cochinilla del nopal en los microtúneles con cubierta de plástico transparente, de 2001 a 2002.

Figure 1. Population fluctuation of the predator of cochineal insects on prickly pear plants in micro-tunnels covered with transparent plastic, from 2001 to 2002.

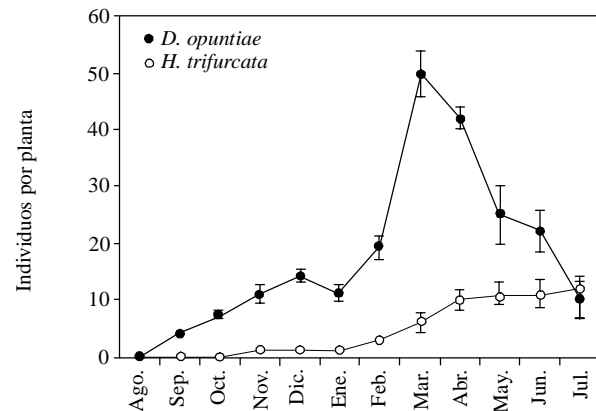


Figura 2. Fluctuación poblacional de *Dactylopius opuntiae* e *Hyperaspis trifurcata* sobre nopal, en los microtúneles con cubierta de plástico transparente, de 2001 a 2002.

Figure 2. Population fluctuation of *Dactylopius opuntiae* and *Hyperaspis trifurcata* on prickly pear plants in microtunnels covered with transparent plastic, from 2001 to 2002.

being protected in the greenhouses, the population increased continuously (Figure 1); therefore, it has been considered the most important natural enemy of cochineal insects. The highest population of *L. coccidivora* was registered in the third production cycle (April, May, June, and July), with nine individuals per plant on the average. The larva is 6-18 mm long, with setae all over its body; its color varies from yellow to bluish green. This insect is called "telero" (clothe-like) because the larva covers itself with a self-generated "silk cape" and stays between the silk cover and the surface of the cactus, along the feeding area. The pupa is 12-16 mm long and dark brown; it is covered with the same material (clothe) and remains

gusano aguja y mencionan que las larvas son difíciles de localizar. Esta especie es muy parecida a las crisopas, pero los adultos son de color marrón en lugar de verdes y son más pequeños; tienen 6 mm de longitud; la venación también es diferente, ya que los crisópidos tienen un sector radial simple, mientras que los hemeróbidos presentan dos a cuatro venas que salen de  $R_1$ , aunque la mayoría tiene tres o cuatro venas en el sector radial. Los géneros *Psectra* y *Sympherobius* tienen sólo dos ramas, por lo que se clasifican como una familia diferente: Sympherobiidae (Borror *et al.*, 1989).

La cochinilla silvestre *Dactylopius opuntiae* se presentó como competidor de la cochinilla fina (Figura 2). Aunque en los ciclos I y II su población tuvo aumento constante, en el ciclo III la población bajó debido al aumento en las poblaciones de *H. trifurcata*. Según Viguera y Portillo (2001) la cochinilla silvestre afecta la planta, ya que inserta sus estiletes para alimentarse, provoca una herida, e inyecta una toxina que causa amarillamiento y debilita a los cladodios. Esto se observó para finales del ciclo II y durante el ciclo III, donde las plantas de los microtúneles de lona de rafia verde prácticamente murieron y en los microtúneles de plástico transparente algunas pencas se desprendieron de las plantas por la alta densidad poblacional de cochinilla fina y de silvestre. Llanderal y Campos (2001) afirman que la cochinilla silvestre puede dominar a la fina cuando se presentan simultáneamente.

## CONCLUSIONES

La mayor producción de grana cochinilla se obtuvo en los microtúneles con cubierta de plástico transparente. La planta de nopal resistió tres ciclos de producción en los microtúneles con cubierta de plástico transparente, mientras que en los microtúneles con lona de rafia verde la resistencia de la planta se redujo a dos ciclos. La duración del ciclo biológico fue menor en el ciclo III, debido a que la temperatura promedio en los meses de abril a julio fue mayor que en los otros ciclos y fue aún más corta dentro de los microtúneles que a cielo abierto. El contenido de ácido carmínico en los insectos fue 19.4 a 22.9%. Las cochinillas secas clasificadas como primera calidad por su tamaño rebasaron 87% del total. Los enemigos naturales de *D. coccus* encontrados fueron los depredadores *Baccha* sp., *Laetilia coccidivora*, *Hyperaspis trifurcata*, *Sympherobius* sp; también estuvo presente *D. opuntiae* como competidor de *D. coccus*.

## LITERATURA CITADA

Aldama-Aguilera, C., y C. Llanderal-Cázares. 2003. Grana cochinilla: comparación de métodos de producción en penca cortada. *Agrociencia* 37: 11-19.

of some of the victims consumed during its larval stage. The adult is a light brown moth with dark spots on its wings. The Phycitinae subfamily is characterized by long and narrow front wings and broad shorter hind wings (Borror *et al.*, 1989).

The population of the ladybug *Hyperaspis trifurcata*, another predator, increased continuously in each cycle, but different from *L. coccidivora* and *Baccha*, the larva as well as the adult feed on cochineal insects. It was observed that this ladybug prefers to feed on wild cochineal which competed with cochineal. The larva is of dark reddish color and covered with small setae; the abdomen has ten segments; the pupa is black with visible appendices of reddish to brown color. The adult is black and presents longitudinal green yellowish stripes on the dorsal part of the elytra and reaches 2 to 3 mm length. Gordon (1985) points out *Dactylopius coccus* Costa, *D. confusus* Cockerell, *D. opuntiae* Cockerell, *D. tormentosus* Lamarck, and *Dactylopius* spp. as preys of genus *Hyperaspis*.

Another predator detected was *Sympherobius* sp. though there were only low populations of adults (Figure 1). Viguera and Portillo (2001) have called it as "needle" insect because the larvae are difficult to locate. This species is very similar to *Chrysopa*, but the adults are brown in color instead of green and smaller, they are 6 mm long. The venation is also different, since Chrysopidae have a simple radial sector, whereas Hemerobiidae have two to four veins starting from  $R_1$ , though most of them have three to four veins in the radial sector. The genera *Psectra* and *Sympherobius* have only two branches; therefore they are classified as a different family: Sympherobiidae (Borror *et al.*, 1989).

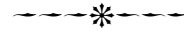
Wild cochineal *Dactylopius opuntiae* appeared as competitor of cochineal (Figure 2). Though in cycles I and II their population increased constantly, in cycle III the population diminished due to the increase of the populations of *H. trifurcata*. According to Viguera and Portillo (2001), wild cochineal affects the plant, since it inserts its stylets in order to feed, provokes a lesion, and injects a toxin, which causes yellowing and weakens the cladodes. This was observed by the end of cycle II and during cycle III, when the plants of the greenhouses covered with green raffia canvas practically died, and in the greenhouses of transparent plastic some cladodes fell off the plants because of the high population density of fine and wild cochineal. Llanderal and Campos (2001) state that wild cochineal insects can control fine cochineal when they appear simultaneously.

## CONCLUSIONS

The highest cochineal production was obtained in the microtunnels covered with transparent plastic. In these

- Borror, D. J., D. M. DeLong, and N. F. Johnson. 1989. An Introduction to the Study of Insects. 6th Edition. Saunders College Publishing. USA. 875 p.
- Campos-Figueroa, M., y C. Llanderal-Cázares. 2003. Producción de grana cochinilla *Dactylopius coccus* (Homoptera: Dactylopidae) en invernadero. *Agrociencia* 37: 149-155.
- Condeña A., F. 1997. Manejo integral de la tuna y cochinilla para los valles interandinos de la sierra peruana. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho, Perú. 66 p.
- De Lotto, G. 1974. On the status and identity of the cochineal insects (Homoptera: Coccoidea: Dactylopidae). *J. Ent. Soc. Sth. Afr.* 37: 167-193.
- Flores-Flores V., and A. Tekelenburg. 1995. Dacty (*Dactylopius coccus* Costa) dye production. *In: Agro-ecology, Cultivation and Uses of Cactus Pear. FAO Plant Production and Protection Paper 132. Rome, Italy.* pp: 167-185.
- Gilreath, M. E., and J. W. Smith. 1988. Natural enemies of *Dactylopius confusus* (Homoptera: Dactylopidae): Exclusion and subsequent impact on *Opuntia* (Cactaceae). *Environ. Entomol.* 17: 730-737.
- Gordon, R. D. 1985. The Coccinellidae (Coleoptera) of America North of Mexico. *J. New York Entomol. Soc.* 93: 1-912.
- Llanderal C., C., y M. Campos F. 2001. Sistemas de producción de la grana cochinilla. *In: Producción de Grana Cochinilla. Llanderal C., C. y R. Nieto H. (eds). Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México, México.* pp: 61-67.
- Méndez G., S. J., G. Aquino P., y J. J. Martínez H. 1994. El cultivo de la Grana Cochinilla en el Altiplano Potosino-Zacatecano. *Agroproductividad* 2: 7-14.
- Méndez G., S. J. 2001. Cultivo y manejo de grana cochinilla. *In: Producción de Grana Cochinilla. Llanderal C., C., y R. Nieto H. (eds). Colegio de Postgraduados. Montecillo, Méx., México.* pp: 69-77.
- Nobel, P. S. 1998. Los Incomparables Agaves y Cactus. Trillas. México. pp: 121-125.
- greenhouses, the prickly pear plant resisted three production cycles, whereas in those covered with green raffia canvas plant resistance diminished to two cycles. The length of the biological cycle was shorter in cycle III, due to the mean temperature in the months of April to July being higher than in the other cycles, and it was even shorter inside the greenhouses than in the open. The carminic acid content in the insects was 19.4 to 22.9%. Dry cochineal insects, classified as first quality because of their size, surpassed the total by 87%. Natural enemies of *D. coccus* detected were the predators *Baccha* sp., *Laetilia coccidivora*, *Hyperaspis trifurcata*, and *Symphorobius* sp.; *D. opuntiae* was present as competitor of *D. coccus*.

—End of the English version—



- SAS Institute. 1995. SAS/STAT. Guide for Personal Computers. Version 6.12. SAS Institute. Cary, N.C. 1028 p.
- Viguera, G., A. L., y L. Portillo M. 2001. Factores limitantes en el cultivo de la grana cochinilla. *In: Producción de Grana Cochinilla. Llanderal C., C. y R. Nieto H. (eds). Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México, México.* pp: 79-91.
- Vockeroth J. R., and F. C. Thompson. 1987. Syrphidae. *In: Manual of Nearctic Diptera. McAlpine J. F., B. V. Peterson, G. E. Shewell, H. J. Teskey, and D. M. Wood (eds). Volume 2, Monograph No. 28. Research Branch, Agriculture Canada.* pp: 713-743.