

Efecto del tamaño del hospedero (largo, ancho y grosor) sobre el porcentaje de ácido carmínico en la grana cochinilla

Effect of the size of the host (length, width and thickness) on the percentage of carminic acid in the cochineal

Gabriela Arroyo Figueroa ^{1,*}, Tarsicio Medina Saavedra¹, Jorge Gustavo Dzul Cauich¹, Carlos Hernán Herrera Méndez¹ y María Isabel García Vieyra¹

¹Universidad de Guanajuato, Campus Celaya-Salvatierra, División de Ciencias de la Salud e Ingenierías, Departamento de Ingeniería Agroindustrial, Sede Mayorazgo, Privada de Arteaga s/n, Salvatierra, Gto. Cp. 38900.

g. arroyo@ugto.mx *

Resumen

Una forma para determinar la calidad del insecto grana cochinilla es evaluando el porcentaje de ácido carmínico contenido presente en el mismo. Sin embargo, aún no se precisa qué determina la calidad misma de la grana cochinilla. Por lo que el objetivo de este trabajo fue analizar el efecto que tiene el tamaño del hospedero sobre el porcentaje de ácido carmínico. La metodología consistió en evaluar las medidas de largo, ancho y grosor del hospedero, cladodio o penca del nopal (*O. ficus-indica*), para luego infestar el mismo con el insecto *Dactylopius coccus* Costa, bajo condiciones de invernadero. Una vez desarrollado el insecto se procedió a evaluar el porcentaje de ácido carmínico, por el método espectrofotométrico, para finalmente llevarlo al paquete estadístico Statgraphics, para realizar un ANOVA simple. Se encontró que el promedio del porcentaje de ácido carmínico para el largo, ancho y grosor se comportan de la misma manera. Conforme aumentan cada uno de ellos el porcentaje de ácido carmínico incrementa, sin embargo, no hubo diferencias significativas en el comportamiento de las mediciones con respecto al porcentaje del ácido carmínico. Por lo que se concluyó que no existe efecto del largo, ancho y grosor del hospedero en el porcentaje de ácido carmínico de la grana cochinilla.

Palabras clave: Nopal. Ácido carmínico. Tamaño. Cochinilla.

Abstract

One way to determine the quality of the cochineal is by evaluating the percentage of carminic acid in the insect. However, it is not yet clear what determines the quality of the insect itself. Therefore, the objective of this work was to analyze the effect that the size of the host has on the percentage of carminic acid. The methodology consisted of evaluating the measurements of length, width and thickness of the host or cladode of the prickly pear (*O. ficus-indica*), and then infesting it with the insect *Dactylopius coccus* Costa, under greenhouse conditions. Once the insect had developed, it was proceeded to evaluate the percentage of carminic acid, by the spectrophotometric method, to finally take it to the statgraphics statistical package, to perform a simple ANOVA. It was found that the average percentage of carminic acid for length, width and thickness behaves in the same way; as each of them increases, the percentage of carminic acid increases; however, there were no significant differences in the behavior of each one of them with respect to carminic acid. Therefore, it was concluded that there is no effect of the length, width and thickness of the prickly pear on the percentage of carminic acid in the cochineal.

Palabras clave: Prickly pear. Carminic acid. Size. Cochineal.

Introducción

Los nopales son originarios de América y se les encuentra distribuidos en todo el continente desde los litorales hasta el Altiplano creciendo en forma silvestre en las planicies áridas del centro y norte de México, y aunque también se les reporta en climas subtropicales y tropicales, la mayor variación y diversidad se presenta en

las zonas semiáridas (Argentel-Martínez et al., 2023). En ellos se encuentra un insecto muy importante para México que es la grana cochinilla fina o cultivada (*Dactylopius coccus* Costa), de este se obtiene un colorante natural (ácido carmínico, AC) y requiere del hospedero para poder desarrollarse, el que mayormente se ocupa para el desarrollo del insecto es nopal (*O. ficus-indica*) (Romero et al., 2023). El insecto presenta un estilete que va creciendo a lo largo de su desarrollo (como un popote), con el que va succionando el mucilago del nopal o cladodio, del que se produce el ácido carmínico (AC) (Padilla, 2018; Govela, 2021). Es probable que entre más grande sea el cladodio, el insecto pueda desarrollar más el estilete y, por lo tanto, se podría obtener mayor cantidad de ácido carmínico. A partir del 2012, diversos proyectos se han enfocado en incentivar la producción intensiva de la grana cochinilla, por los métodos de penca cortada y colgada (Ríos-Cortés et al., 2015). En estos proyectos, la forma de producción se da por el método de penca colgada bajo invernadero usando nopalotecas, con una cantidad determinada de cladodios (Carrasco, 2021) (Figura 1). Para la cría inducida se utilizan los cladodios del nopal, ya que este insecto se alimenta de su savia, transformando está en ácido carmínico. Para la infestación se emplean varios métodos como el uso de materiales a manera de nidos que contienen a las hembras madres ovíparas (Govela, 2021; Guamán, 2022), o el de cernido, usado en producciones intensivas del insecto (Romero et al., 2023). Una vez desarrollado el insecto se desprende de la penca o cladodio y se determina su calidad, mediante el análisis de ácido carmínico (AC) (Tello y Vargas, 2015). Las concentraciones de ácido carmínico (AC) encontradas en producciones de grana cochinilla, van en un rango del 18% y 22% (Figueroa y Saavedra, 2021). Existen muchos factores que pueden afectar la calidad final del insecto, medida a través del tamaño y el contenido de ácido carmínico en el insecto (Figueroa y Saavedra, 2021). Entre los aspectos a considerar del hospedero figuran: la especie, los cultivares, la edad y la turgencia, que repercuten de manera directa en el desarrollo del insecto y por lo tanto en su calidad (Arroyo-Figueroa et al., 2020). Existen otros elementos involucrados, que afectan la calidad del insecto tales como los factores bióticos y abióticos dentro del invernadero, y la forma del cultivo o producción. Por lo que se precisa de mantener algunos de estos factores constantes e ir cambiando solo algunos, para determinar si afectan o no la calidad del insecto. Por lo que el objetivo de este trabajo fue analizar si el tamaño (largo, ancho y grosor) del hospedero (*Opuntia ficus indica*) está relacionado con el porcentaje de ácido carmínico, sin considerar los demás factores que pudieran afectar.



Figura 1. Fotografía donde se muestra la producción intensiva de grana cochinilla, mediante el método de penca cortada colgada (cladodio del nopal), en nopalotecas dentro de un invernadero (Fuente autoría propia).

Metodología



La metodología se llevó a cabo en cuatro etapas principales, primero sobre la medición de las pencas o cladodios (Largo, ancho y grosor), mediante un vernier digital. Segundo, la producción de la grana cochinilla, y tercero el manejo postcosecha de la grana cochinilla, que incluye el retiro del insecto, su limpieza y secado. Por último, la cuarta etapa que consistió en la determinación del porcentaje del ácido carmínico y el análisis estadístico de los datos. A continuación, se describen las etapas.

Producción de la grana cochinilla

La producción de la grana cochinilla se llevó a cabo por el método de penca cortada y colgada. El nopal empleado como hospedero para la producción de la grana cochinilla fue el *Opuntia ficus indica* Variedad Atlixco, de dos años. Esta se llevó a cabo dentro de un invernadero, con nopalotecas. Cada una de ellas se encontraba seccionada en tres niveles, y cada nivel a su vez dividido en secciones (tendederos) en las cuales se colgaban los cladodios o pencas del nopal, por medio de ganchos metálicos. Para la selección de cada cladodio se consideró que estos no estuvieran contaminados por algún tipo de depredador del nopal o de la grana cochinilla (silvestre), para asegurar que *Dactylopius coccus* Costa (seleccionada para infestar al cladodio) logrará completar su ciclo biológico. Se midió el largo, ancho y grosor de cada cladodio (en total 27 muestras), mismas que se llevaron a la siguiente etapa, la infestación mediante pie de cría. La infestación del pie de cría de *Dactylopius coccus* Costa se realizó por el método de gravedad, el cual consistió en colocar los cladodios no infestados de manera horizontal, en las camas de infestación (tendederos de la nopaloteca), para posteriormente colgar el cladodio infestado permitiendo la caída de las ninfas en el cladodio no infestados, con un periodo de reposo de dos a cuatro días, lo que permitió la caída de las ninfas sobre las pencas seleccionadas para su infestación, dando vuelta a la cara contraria del cladodio (Coronado-Flores et al., 2015; Ruiz, 2016). Una vez infestada la penca en ambas caras del cladodio se procedió a colgar las pencas en las nopalotecas, y permitió el desarrollo del insecto durante 90-120 días requeridos para completar el ciclo biológico del mismo y obtener hembras adultas.

Cosecha y manejo postcosecha de la grana cochinilla

Por medio de una brocha o cepillo se desprendió el insecto, cuidando de no dañarlo. Posteriormente, se separó la cera y se seleccionó la grana por tamaños por medio de cernidores. El sacrificio del insecto se realizó de acuerdo con la técnica establecida por Ruiz, (2016). Los insectos se colocaron a sol directo y bajo sombra para su deshidratación durante ocho días. Obtenido el secado de la grana cochinilla, se determinó el porcentaje de ácido AC por cada penca o cladodio.

Determinación del porcentaje de ácido carmínico

Para determinar el porcentaje de AC, se siguió el método de Marmion (1984) (Arroyo-Figueroa et al, 2020), realizando cada prueba por triplicado. Esta metodología se basa en determinar la absorbancia en un espectrofotómetro a una longitud de onda de 494 nm, usando como blanco una disolución (6 ml de ácido clorhídrico 2 N, aforado a 250 ml con agua desionizada) tomando el registro de la absorbancia (ABS) y determinando el porcentaje de AC, mediante la Ecuación 1. Una vez obtenido todos los datos se realizó un análisis de varianza ANOVA y una comparación de medias a través de una prueba de tukey con una confiabilidad de 95.0% con el paquete estadístico Statgraphics.

$$\% \text{ AC} = (\text{ABS} \times 100) / 1.39 \quad \text{Ecuación [1]}$$

Donde: %AC= porcentaje de ácido carmínico, ABS= Lectura de absorbancia, 1.39= constante de absorbancia del ácido carmínico al 100%. (ABS).

Resultados y discusiones

En la Tabla 1, se muestran los datos de la medición (largo, ancho y grosor) obtenidos de 27 muestras de pencas o cladodios usados para la producción de la grana cochinilla. Las medidas de tamaño se dividieron en tres categorías, Largo (35-39 cm, 40-44 cm, y 45-50 cm), ancho (20-23 cm, 24-27 cm, y 28-31 cm), y grosor (1.65-1.85 cm, 1.90-2.10 cm y 2.15-2.35cm). Cada una de estas categorías se correlacionaron con los valores obtenidos para el porcentaje de AC.

Tabla 1. Distribución de los datos (largo, ancho y grosor).

Largo (cm)	Muestras	Ancho (cm)	Muestras	Grosor (cm)	Muestras
35-39	6	20-23	7	1.65-1.85	12
40-44	15	24-27	16	1.90-2.10	12
45-50	6	28-31	4	2.15-2.35	3

Para el largo de las pencas, se encontró que el promedio del porcentaje de ácido carmínico va aumentando con este parámetro. Sin embargo, no hubo diferencia significativa entre los grupos ($P=0.1678$), como se observa en la Figura 2, donde se muestra el comportamiento de las categorías (T1, T2 y T3), con respecto al porcentaje de AC. También se observa la desviación estándar entre cada distribución de datos, habiendo mucha dispersión en los valores. Para el caso de los datos de la primera categoría, T1 (35 a 39 cm), tiene una dispersión similar a la de la tercera categoría T3 (45 a 50 cm), la segunda categoría T2 (40 a 44 cm) presenta una menor dispersión.

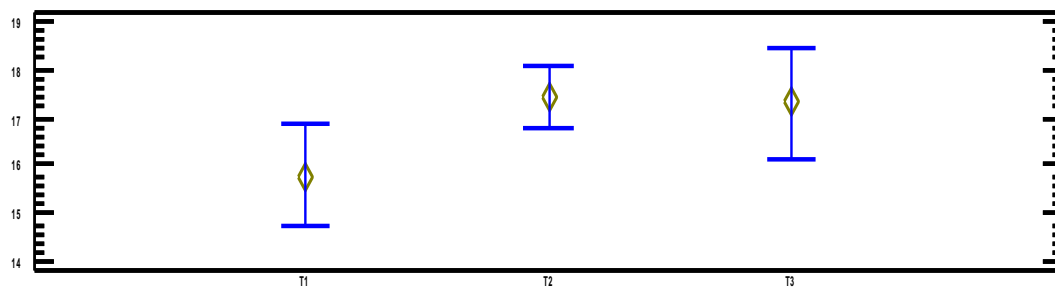


Figura 2. Gráfica que muestra el comportamiento de los datos del promedio del porcentaje de ácido carmínico y su desviación estándar, con respecto al largo de las pencas o cladodios (Fuente autoría propia).

En el caso del ancho de las pencas, sucede el mismo comportamiento que para el largo, es decir, aunque el promedio del porcentaje de ácido carmínico va aumentado de acuerdo con el ancho de los cladodios, no existe diferencia significativa entre los grupos ($P=0.2175$), como se observa en la Figura 3, donde se muestra. el comportamiento de las categorías (T1, T2 y T3), con respecto al porcentaje de AC. También se observa la desviación estándar entre cada distribución de datos, habiendo mucha dispersión en los valores. En comparación con la grafica anterior se puede ver mayor dispersión en la tercera categoría T3 (28 a31 cm) de ancho. En comparación con la primera T1 y segunda T2 categoría.

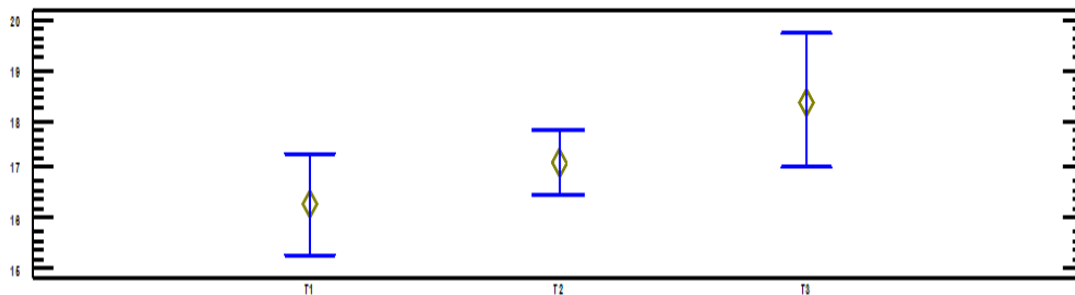


Figura 3. Gráfica que muestra el comportamiento de los datos del promedio del porcentaje de ácido carmínico y su desviación estándar, con respecto al ancho de las pencas (Fuente autoría propia).

Con respecto al grosor, curiosamente se presenta el mismo comportamiento que para el largo y ancho, el promedio del porcentaje de ácido carmínico va aumentando de acuerdo con el grosor, sin embargo, no se presenta diferencia significativa entre los grupos ($P=0.1750$), como se observa en la Figura 4, además se muetsra el comportamiento de las categorías (G1, G2 y G3), con respecto al porcentaje de AC.. En este caso la primera G1 y segunda categoría G2 presenta una dispersión similar. Sin embargo, la tercera categoría G3 se observa más dispersa para los valores de 2.15 a 2.35 cm.

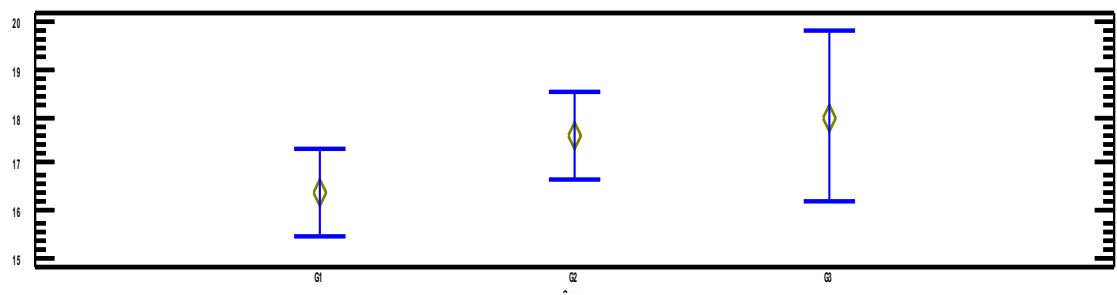


Figura 4. Gráfica que muestra el comportamiento de los datos del promedio del porcentaje de ácido carmínico y su desviación estándar, con respecto al grosor de las penca (Fuente autoría propia).

En la Tabla 2, se muestra el promedio, desviación estándar, el tamaño de muestra, el valor máximo y mínimo para cada variable (largo, ancho y grosor). En donde se pueden observar los valores de las desviaciones de cada variable, para el largo se presentó una desviación de 3.03 cm, el ancho 1.95 cm y el grosor 0.20 cm. También se muestra el valor máximo y mínimo para cada variable, el largo presenta valores de 36 a 46,5 cm, el ancho de 21 a 28.5 cm y el grosor de 1.65 a 2.3 cm. Con respecto al porcentaje de AC el valor mínimo fue de 15.08 a 22.01%. Realizando un análisis de las gráficas anteriores con respecto a los valores mostrados en la tabla, se encontró que el tamaño de la penca no define el porcentaje de ácido carmínico obtenido en la grana cochinilla cosechada de cada una, sin embargo, si se muestra una tendencia creciente en cuanto al porcentaje de AC debido al tamaño de esta. Se comprueba lo encontrado por Arroyo-Figueroa et al., (2020)., acerca de que el largo y ancho del cladodio no se correlacionan ($P>0.05$) con el contenido de AC.

Tabla 2. Valor promedio, desviación estándar, tamaño de muestra, valor máximo y mínimo para cada variable (largo, ancho y grosor).

Variable	Promedio y desviación estándar	Tamaño de muestra	Valor máximo	Valor mínimo
Largo	41.88±3.03 cm	27	46.5	36
Ancho	24.81±1.95 cm	27	28.5	21
Grosor	1.92±0.20 cm	27	2.3	1.65
% AC	17.10±1.84	27	22.01	15.08

% AC: representa el porcentaje de ácido carmínico obtenido de la grana cochinilla cosechada.

Conclusiones

Se concluyó que no existe efecto del largo, ancho y grosor de la penca en el porcentaje de ácido carmínico de la grana cosechada. Sin embargo, si existe una relación lineal de aumento del porcentaje de AC con respecto al aumento a los tres parámetros de la penca (largo, ancho y grosor). Para los productores intensivos de grana cochinilla sería de gran ayuda que se tuviera un estándar en el tipo, edad y tamaño del cladodio, con el que se pudiera lograr un buen porcentaje de AC. Este trabajo contribuye a determinar si existe o no un

efecto entre el tamaño del nopal y la calidad de la grana cochinilla, traducida esta última al porcentaje de AC. habría que realizar otras pruebas considerando otros factores.

Agradecimientos

Se agradece a la empresa de producción intensiva de grana cochinilla, por permitir la realización de este proyecto en sus instalaciones, misma que desea permanecer anónima.

Bibliografía/Referencias

- Argente-Martínez, L., Perales-Segovia, C., Gaona, E. G., Munguía, A. M. G., & Ponc, J. A. L. (2023). Introducción al cultivo del Nopal. El Nopal: ecofisiología del nopal en México, 7. Primera edición. Pantanal editora. <https://doi.org/10.46420/9786585756211cap1>
- Arroyo-Figueroa, G., Medina-Saavedra, T., Pérez-Sánchez, R. E., & Ortiz-Rodríguez, R. (2020). Morfología y edad del cladodio de *Opuntia ficus-indica* sobre la producción de *Dactylopius coccus* costa y contenido de ácido carmínico. *Nova scientia*, 12(25). <https://doi.org/10.21640/ns.v12i25.2519>
- Carrasco, C. A. C. (2021). Producción de grana cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa). *Opuntia*, 36. En: Portillo L., R. Soltero, A. L. Viguera y R. de L. Romo (editores). *Opuntia: aportaciones a su conocimiento y aprovechamiento*. Universidad de Guadalajara, México. <https://www.researchgate.net/publication/354517702>
- Coronado-Flores, V. (2019). Agroecosistemas de la grana cochinilla en la época colonial y su comparación con un sistema actual de producción en invernadero. Tesis grado doctorado en Ciencias. Colegio de Posgraduados. <http://colposdigital.colpos.mx>.
- Figueroa, G. A., & Saavedra, T. M. (2021). Manejo poscosecha de la grana cochinilla y su relación con su calidad. *Opuntia*, 44. En: Portillo L., R. Soltero, A. L. Viguera y R. de L. Romo (editores). *Opuntia: aportaciones a su conocimiento y aprovechamiento*. Universidad de Guadalajara, México. <https://www.researchgate.net/publication/354517702>
- Guamán Wallancañay, G. B. (2022). Eficacia de métodos de infestación de grana cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa) en tuna (*Opuntia ficus indica*. L) en invernadero en la estación experimental Tunshi. Tesis de licenciatura. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba. <http://dspace.espace.edu.ec/handle/123456789/18358>
- Govela Contreras, H. (2021). Producción de grana cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa) (Hemiptera: *Dactylopiidae*) con diferentes sistemas de infestación. Tesis de Maestría. <https://hdl.handle.net/20.500.12371/15423>
- Padilla Miranda, R. G. (2018). Estudio de la interacción estilete-capa de nopal en tres etapas de desarrollo de la cochinilla hembra *Dactylopius coccus* y su relación con la composición química de la capa de nopal *Opuntia ficus-indica* en la que se localiza (Master's thesis, Tesis (MC))--Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN Unidad Irapuato. Departamento de Biotecnología y Bioquímica.). <https://repositorio.cinvestav.mx/bitstream/handle/cinvestav/1647/SSIT0009921.pdf?sequence=1>

- Ríos-Cortés, A. M., López-Valdez, F., López-Gayou, V., Rosas- Morales, M., Martínez-Ayala, A.L., Ríos-Cortés, G. (2015). Grana Cochinilla. Tesoro de México. Revista Digital del IPN, CIBA Tlaxcala. 2(1). Frontera Biotecnológica. <https://www.revistafronterabiotecnologica.cibatlaxcala.ipn.mx/volumen/vol02/pdf/Revista-Octubre-2015.pdf>
- Romero, P. I. A., Wallancañay, G. B. G., Coba, C. F. C., & Lara, A. E. E. (2023). Eficacia de tres métodos de infestación de grana cochinilla (*dactylopius coccus costa*) en tuna (opuntia ficus indica l.) En invernadero. Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional, 8(3), 2635-2659. <http://doi.org/10.23857/pc.v8i3>
- Ruiz Ruiz G. (2016). Influencia de la fertilización del nopal (Opuntia ficus-indica, var. Atlxco) en la concentración de ácido carmínico de la grana cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa. Tesis para obtener el grado de Ingeniero en innovación agrícola sustentable. Instituto Tecnológico Superior de Salvatierra (ITESS). México.
- Tello, V., & Vargas, J. (2015). Efecto de la luz artificial a diferentes fotoperiodos sobre dos variables productivas de la grana cochinilla, *Dactylopius coccus* Costa (Hemiptera: *Dactylopiidae*) para su cultivo bajo condiciones controladas. Idesia (Arica), 33(3), 23-30. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292015000300004>