

***Dactylopius coccus* un recurso biotecnológico para la producción de ácido carmínico**

María Fernanda Galindo-Hernández¹ **ID**, Julieta Mariana Muñoz-Morales² **ID**, Ximena Gordillo-Ibarra^{3*} **ID**, Jesús Mauricio Muñoz-Morales^{3**} **ID**

¹Estudiante de la Licenciatura en Biología, Facultad de Ciencias Biológicas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, México. ²Estudiante de Maestría en el Posgrado en Semidocutores, Instituto de Ciencias, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, México. ³Alianzas y Tendencias BUAP, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, México.

Email de autores para correspondencia: *ximena.gordillo@aytbuap.mx;
**mauricio.munoz@aytbuap.mx

Recibido: 18 septiembre 2024. **Aceptado:** 30 septiembre 2024

RESUMEN

Dactylopius coccus, o cochinilla del carmín, ha sido un recurso de gran valor histórico y sigue siendo relevante en la actualidad como fuente de ácido carmínico, un colorante natural ampliamente utilizado en la industria alimentaria, cosmética y textil. A pesar de que se ha estudiado y explotado durante siglos, aspectos importantes como su domesticación y orígenes geográficos, particularmente en Oaxaca, México, permanecen relativamente inexplorados. Su alta eficiencia en la producción de pigmento, en comparación con otras especies del género *Dactylopius*, y la versatilidad del ácido carmínico en función del pH, lo convierten en un producto esencial para diversas aplicaciones. Además, el desarrollo de nuevas técnicas de extracción promete optimizar su producción, asegurando su relevancia futura como una alternativa natural frente a los colorantes sintéticos. En *Alianzas y Tendencias BUAP* 9(35) se muestra una versión de arte digital de la interacción de la cochinilla del carmín con los cladodios de *Opuntia*.

Palabras clave: *Dactylopius coccus*; *Opuntia*; ácido carmínico; cochinilla del carmín; colorante natural.

ABSTRACT

Dactylopius coccus, or cochineal, has been a valuable historical resource and remains relevant today as a source of carminic acid, a natural dye widely used in the food, cosmetic, and textile industries. Despite being studied and exploited for centuries, important aspects such as its domestication and geographical origins, particularly in Oaxaca, Mexico, remain relatively unexplored. Its high efficiency

in pigment production compared to other species of the *Dactylopius* genus, and the versatility of carminic acid depending on pH, make it an essential product for various applications. Moreover, the development of new extraction techniques promises to optimize its production, ensuring its continued relevance as a natural alternative to synthetic dyes. In *Alianzas y Tendencias BUAP* 9(35), a digital art representation of the interaction between the cochineal and *Opuntia* cladodes is featured.

Keywords: *Dactylopius coccus*; *Opuntia*; carminic acid; carmine cochineal; natural colorant.

INTRODUCCIÓN

Dactylopius coccus, conocida también como cochinilla del carmín o grana cochinilla, es un insecto pequeño de la familia Dactylopiidae y se considera un parásito del cactus *Opuntia* (nopal) [1, 2]. Los insectos adultos miden entre 2 y 5 milímetros, las hembras suelen ser más grandes que los machos, tienen un cuerpo blando y segmentado [3, 4]. Las hembras adultas son de forma ovalada y sin alas, mientras que los machos tienen alas pero viven solo unos pocos días; los machos no se alimentan y su única función es fertilizar a las hembras [3, 5]. A simple vista, suelen verse de un color grisáceo o blanquecino debido a una capa cerosa que cubre sus cuerpos [1]. Sin embargo, al aplastarlos, liberan un pigmento rojo intenso, el ácido carmínico; un colorante orgánico que se utiliza para tinción de productos artesanales del área textil [6]. Los insectos de la especie *D. coccus* viven en las almohadillas (o cladodios) de los cactus del género *Opuntia*, a los que parasitan para alimentarse de la savia, se adhieren a las plantas y chupan sus nutrientes a través de estructuras

bucles especializadas [7]. La cochinilla tiene un ciclo de vida corto, las hembras son ovovíparas, dando lugar a la eclosión de las crías que rápidamente comienzan a buscar un lugar en la planta para alimentarse [8]. Este insecto ha sido cultivado durante siglos para producir el tinte de carmín, especialmente en regiones como México, Perú, las Islas Canarias y Chile [9].

El género *Dactylopius* y especies que producen ácido carmínico

El género *Dactylopius* incluye varias especies de cochinillas que parasitan cactus del género *Opuntia* [10]. Aunque el *D. coccus* es la especie más conocida por su uso en la producción de carmín, otras especies dentro de este género incluyen a: *D. ceylonicus*, *D. confusus*, *D. opuntiae*, *D. tomentosus*, *D. austrinus*, *D. zimmermanni*, *D. bassi*, *D. salmianus*, *D. gracilipilus*, *D. costa*, *D. vastator* [11, 12]. Cada una de estas especies se alimenta de diferentes tipos de cactus *Opuntia*, y muchas de ellas no son utilizadas para la producción de carmín, ya que su contenido de ácido carmínico

es más bajo o no resulta económicamente viable. Algunas especies que han sido utilizadas en menor medida para la producción de grana cochinilla incluyen a *D. opuntiae* y *D. tomentosus*; aunque no son tan eficientes como *D. coccus* en la producción de ácido carmínico [12, 13]. Sin embargo, *D. opuntiae* se le considera más como una plaga en algunas áreas, ya que daña severamente las plantaciones de cactus [12]. *D. coccus* sigue siendo la especie preferida por su alta concentración de ácido carmínico, lo que la hace mucho más eficiente y económica para la producción de colorante y su producción varía en función del estadio de vida del insecto [14].

El ácido carmínico

El proceso de obtención del colorante consiste en recolectar los insectos, secarlos y triturarlos [15, 16]. El compuesto principal que proporciona el color es el ácido carmínico

(Figura 1), que puede producir diferentes tonos de rojo, rosado y púrpura; en función del pH en el que se encuentre el colorante [17]. En soluciones ácidas, el ácido carmínico tiende a dar un color naranja, a medida que aumenta el pH se torna rojo brillante, mientras que en medios más alcalinos puede adquirir tonos morados o azules hasta llegar a tonos rosas [18]. Este colorante es soluble en alcohol etílico, alcohol metílico, cetona e incluso en agua caliente, sin embargo, la eficiencia de extracción variará en función del solvente usado [18]. Las formas más eficientes de extracción es usar una mezcla de solvente:agua, por ejemplo metanol:agua [19]. Recientemente, se han propuesto nuevos métodos para la extracción del ácido carmínico como la extracción presurizada de líquido y la extracción supercrítica de fluidos; técnicas que proveen alta selectividad y tiempos cortos de extracción [16].

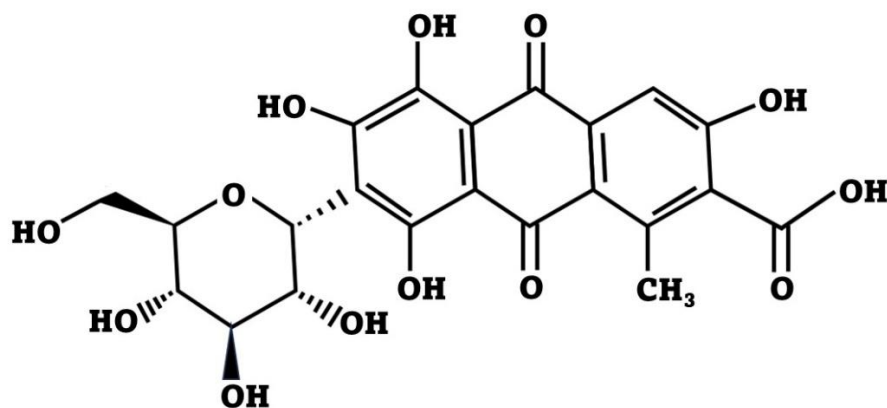


Figura 1. Representación de la estructura química del ácido carmínico.

La grana cochinilla fue un recurso muy valioso durante la época colonial, el extracto derivado se utilizó en textiles, pinturas y cosméticos. Actualmente, se sigue utilizando en alimentos, cosméticos y productos textiles como un colorante natural, bajo la etiqueta de E120 en los productos alimenticios [20]. Este colorante es especialmente apreciado por ser una alternativa natural a los tintes sintéticos.

Usos del ácido carmínico

El pigmento es ampliamente utilizado como un colorante natural en alimentos y bebidas bajo el código E120 [18, 21]. Se encuentra en productos como yogures, jugos, golosinas, salsas y productos cárnicos, proporcionando un color rojizo o rosado. El ácido carmínico también se usa en la industria cosmética [22, 23]; en labiales, rubores y otros productos de maquillaje debido a su capacidad de proporcionar tonos vibrantes de rojo y rosado. Históricamente, el ácido carmínico se utilizaba para teñir telas y prendas. Fue uno de los colorantes más valiosos en la industria textil antes de la aparición de colorantes sintéticos y aún sigue usándose para la tinción de productos textiles [24].

La producción de ácido carmínico a partir de *D. coccus* se lleva a cabo en varias regiones del mundo, especialmente en países donde se cultivan cactus *Opuntia* que se utilizan para la producción de grana cochinilla [25]; entre esos países destacan México y Perú.

Portada Alianzas y Tendencias BUAP

A pesar de la relevancia mundial de *D. coccus* para la obtención del ácido carmínico, el proceso de su domesticación y sus orígenes geográficos han sido poco explorados. Sin embargo, la evidencia ecológica sugiere que Oaxaca, México, es el lugar de origen de esta especie [15]. Por la relevancia biotecnológica de la grana cochinilla para la producción de un colorante natural, en el número de 9(35) de *Alianzas y Tendencias BUAP* se decidió dedicar la portada a una representación de arte digital de la grana cochinilla en interacción con cladodios de nopal (figura 2).

CONCLUSIONES

La cochinilla del carmín (*D. coccus*) ha sido cultivada durante siglos para la producción de ácido carmínico, un pigmento natural muy valorado. A pesar de la importancia de este insecto en industrias como la alimentaria, cosmética y textil, sus orígenes geográficos y el proceso de domesticación aún no han sido ampliamente investigados, aunque se sugiere que su origen está en Oaxaca, México. Mientras que otras especies del género *Dactylopius* también parasitan cactus del género *Opuntia*, *D. coccus* es la más eficiente en la producción de carmín debido a su alta concentración de ácido carmínico. El método tradicional de obtención del colorante sigue vigente, aunque nuevas técnicas de extracción buscan mejorar la eficiencia. En el contexto actual, la cochinilla del carmín mantiene su relevancia como una alternativa natural frente a los tintes sintéticos,

siendo especialmente apreciada por su capacidad de generar una amplia gama de colores dependiendo del pH. La portada de Alianzas y Tendencias BUAP del número 9,

volumen 35 muestra una versión de arte digital de la grana cochinilla y su interacción con los cladodios de *Opuntia*, con el fin de resaltar la importancia biotecnológica de ésta.



Figura 2. Representación artística de la grana cochinilla o cochinilla del carmín, que es un insecto plaga del nopal. Este insecto se usa desde la época prehispánica para obtener un pigmento natural y en la actualidad se ha convertido en un producto internacional (<https://www.aytbuap.mx/aytbuap-935/portada-935>).

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores confirman que no tienen ningún conflicto de intereses.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la VIEP BUAP por el apoyo para continuar con nuestras investigaciones. María Fernanda Galindo-Hernández es becaria de proyecto VIEP y Julieta Mariana Muñoz-Morales es becaria CONAHCyT, por lo que agradecen a estas instituciones por las becas otorgadas.

REFERENCIAS

- [1]. Longo S, Beltramini M. *Dactylopius coccus* [Internet]. Monaco Nature Encyclopedia. [cited 2024 Sep 20]. Available from: <https://www.monaconatureencyclopedia.com/dactylopius-coccus/?lang=en>
- [2]. Ramírez-Cruz A, Llanderal-Cázares C, Racotta R. Ovariole structure of the cochineal scale insect, *Dactylopius coccus*. J Insect Sci [Internet]. 2008 Jan 1;8(1):20. Available from: <https://doi.org/10.1673/031.008.2001>
- [3]. Hernández Amasifuen AD, Matos Lanfranco LA, Rojas Chávez JA, Cruz Ventura AP, Cortez Lázaro AA, Alberto HDL. Utilización de la técnica Nopaloteca para la crianza de *Dactylopius coccus* Costa bajo condiciones controladas. Infinitum. [Internet]. 2017;7(2):1–8. Available from: <http://190.116.38.202/index.php/INFINITUM/article/view/420>
- [4]. Deveoglu O. A review on cochineal (*Dactylopius coccus* Costa) dye. Res J Recent Sci [Internet]. 2020;9(3):37–43. Available from: <https://www.isca.in/rjrs/archive/v9/i3/6.ISCA-RJRS-2019-051.php>
- [5]. Cruz Velázquez S. Determinación de la relación beneficio - costo en una unidad de producción de grana cochinilla (*Dactylopius coccus*) ubicada en el Municipio de Villanueva, Zacatecas [Internet]. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro; 2014. Available from: <https://repositorio.uaaan.mx/handle/123456789/3850>
- [6]. Urbina Frías AR, Arroyo Figueroa G, Tarsicio Medina S. Grana cochinilla: producción, calidad y aplicación. JÓVENES EN LA Cienc [Internet]. 2018 Nov 26;4(1 SE-INGENIERÍAS Y TECNOLOGÍAS):2446–51. Available from: <https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/2679>
- [7]. Padilla Miranda RG. Estudio de la interacción estilete-capas 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. [Internet]. Centro De Investigación Y De Estudios Avanzados Del Instituto Politécnico Nacional. Instituto Politécnico Nacional; 2018. Available from: <https://repositorio.cinvestav.mx/bitstream/handle/cinvestav/1647/SSIT0009921.pdf?sequence=1>

- [8]. De La Cruz F, García F, Del Río I, Mendoza H. La cochinilla fina del nopal, colorante mexicano para el mundo. *Cienc - Acad Mex Ciencias* [Internet]. 2005;56(4):78–87. Available from: https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/56_4/cochinilla.pdf
- [9]. Aldama-Aguilera C, Llanderal-Cázares C, Soto-Hernández M, Castillo-Márquez LE. Cochineal (*Dactylopius coccus* Costa) production in prickly pear plants in the open and in microtunnel greenhouses. *Agrociencia*. 2005;39(2):161–71. Available from: <https://www.redalyc.org/pdf/302/30239204.pdf>
- [10]. Ramírez-Puebla ST, Rosenblueth M, Chávez-Moreno CK, Catanho Pereira de Lyra MC, Tecante A, Martínez-Romero E. Molecular Phylogeny of the Genus *Dactylopius* (Hemiptera: Dactylopiidae) and Identification of the Symbiotic Bacteria. *Environ Entomol* [Internet]. 2010 Aug 1;39(4):1178–83. Available from: <https://doi.org/10.1603/EN10037>
- [11]. Chávez-Moreno CK, Tecante A, Casas A. The *Opuntia* (Cactaceae) and *Dactylopius* (Hemiptera: Dactylopiidae) in Mexico: a historical perspective of use, interaction and distribution. *Biodivers Conserv* [Internet]. 2009;18(13):3337–55. Available from: <https://doi.org/10.1007/s10531-009-9647-x>
- [12]. Torres JB, Giorgi JA. Management of the false carmine cochineal *Dactylopius opuntiae* (Cockerell): perspective from Pernambuco state, Brazil. *Phytoparasitica* [Internet]. 2018;46(3):331–40. Available from: <https://doi.org/10.1007/s12600-018-0664-8>
- [13]. Chávez-Moreno CK, Tecante A, Fragoso-Serrano M, Pereda-Miranda R. Metabolic profiling of *Dactylopius* (Hemiptera: Dactylopiidae) species pigments by geographical origin and hosts using multivariate data analysis. *Biochem Syst Ecol* [Internet]. 2010;38(4):671–9. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0305197810000852>
- [14]. Flores-Alatorre HL, Abrego-Reyes V, Reyes-Esparza JA, Angeles E, Alba-Hurtado F. Variation in the Concentration of Carminic Acid Produced by *Dactylopius coccus* (Hemiptera: Dactylopiidae) at Various Maturation Stages. *J Econ Entomol* [Internet]. 2014 Aug 1;107(4):1700–5. Available from: <https://doi.org/10.1603/EC13475>
- [15]. Van Dam AR, Portillo Martinez L, Chavez AJ, May BP. Range Wide Phylogeography of *Dactylopius coccus* (Hemiptera: Dactylopiidae) . *Ann Entomol Soc Am* [Internet]. 2015 May 1;108(3):299–310. Available from: <https://doi.org/10.1093/aesa/sav017>
- [16]. Borges ME, Tejera RL, Díaz L, Esparza P, Ibáñez E. Natural dyes extraction from cochineal (*Dactylopius coccus*). New extraction methods. *Food Chem* [Internet]. 2012;132(4):1855–60. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814611017730>
- [17]. Guillermin D, Debrouse T, Trigueiro P, de Viguier L, Rigaud B, Morlet-Savary F, *et al.*

New pigments based on carminic acid and smectites: A molecular investigation. *Dye Pigment* [Internet]. 2019;160:971–82. Available from:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0143720818309938>

[18]. Ferreyra-Suarez D, Paredes-Vargas L, Jafari SM, García-Depraect O, Castro-Muñoz R. Extraction pathways and purification strategies towards carminic acid as natural-based food colorant: A comprehensive review. *Adv Colloid Interface Sci* [Internet]. 2024;323:103052. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0001868623002191>

[19]. González M, Méndez J, Carnero A, Lobo MG, Afonso A. Optimizing Conditions for the Extraction of Pigments in Cochineals (*Dactylopius coccus* Costa) Using Response Surface Methodology. *J Agric Food Chem* [Internet]. 2002 Nov 1;50(24):6968–74. Available from: <https://doi.org/10.1021/jf025756r>

[20]. Cruz Mojica K, León Santiago M, Varela García E, Reyes Lezama M, Tapia Mendoza E. New progress in the extraction and identification of Mexican cochineal (*Dactylopius coccus*) in fresh dyed wool and dyed wool with artificially accelerated aging and color description. *Color Res Appl* [Internet]. 2023 Jan 1;48(1):151–64. Available from: <https://doi.org/10.1002/col.22828>

[21]. (ANS) EP on FA and NS added to F. Scientific Opinion on the re-evaluation of cochineal, carminic acid, carmines (E 120) as a food additive. *EFSA J* [Internet]. 2015 Nov 1;13(11):4288. Available from: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2015.4288>

[22]. Cabrera RB. Downstream Processing of Natural Products: Carminic Acid [Internet]. 2005. Available from: <http://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:101:1-201305171154>

[23]. Kim Y, Lee J. Cosmetic Coloration: A Review. *J Cosmet Sci* [Internet]. 2021;72(4):442–98. Available from: <http://europepmc.org/abstract/MED/35262484>

[24]. Viguera AL, Portillo L. Teñido de fibras con grana cochinilla y otros colorantes naturales. *Cactusnet Newsl* [Internet]. 2012;(13):13–8. Available from: <https://www.cactusnetwork.org/wp-content/uploads/2016/12/Issue13January2013.pdf#page=166>

[25]. Serrato López JJ, Arroyo Figueroa G, Rojas R. Producción y control de calidad del insecto grana cochinilla. *JÓVENES EN LA Cienc* [Internet]. 2017 Jan 11;2(1 SE-CIENCIAS AGROPECUARIAS):1444–9. Available from: <https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/1297>