



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS
CAMPUS SAN LUIS POTOSÍ

POSGRADO EN
INNOVACIÓN EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES

ANÁLISIS DE LA SECRECIÓN PROTECTORA DE *Dactylopius opuntiae* COCKERELL (HEMIPTERA: DACTYLOPIIDAE) CON FINES DE CONTROL

ESPERANZA GARCÍA PASCUAL

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS

SALINAS DE HIDALGO, SAN LUIS POTOSÍ

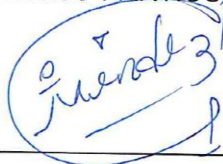
2023

La presente tesis titulada: **ANÁLISIS DE LA SECRECIÓN PROTECTORA DE *Dactylopius opuntiae* COCKERELL (HEMIPTERA: DACTYLOPIIDAE) CON FINES DE CONTROL**, realizada por la alumna: **Esperanza García Pascual**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS
INNOVACIÓN EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES

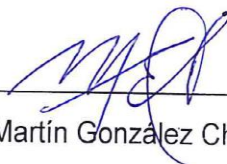
CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO: _____



Dr. Santiago de Jesús Méndez Gallegos

DIRECTOR DE TESIS: _____



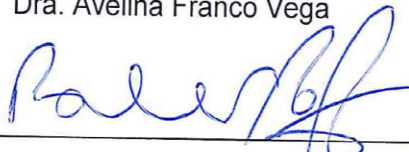
Dr. Marco Martín González Chávez

ASESORA: _____



Dra. Avelina Franco Vega

ASESOR: _____



Dr. Esteban Rodríguez Leyva

ASESOR: _____



Dr. Ángel Bravo Vinaja

Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, septiembre 2023.

ANÁLISIS DE LA SECRECIÓN PROTECTORA DE *Dactylopius opuntiae* COCKERELL (HEMIPTERA: DACTYLOPIIDAE) CON FINES DE CONTROL

Esperanza García Pascual, M. C.
Colegio de Postgraduados, 2023

RESUMEN

Dactylopius opuntiae Cockerell (Hemiptera: Dactylopiidae) es una plaga primaria del nopal *Opuntia* spp (Caryophyllales: Cactaceae) en el mundo, en donde éste se cultiva con fines comerciales o se considera parte de la vegetación no nativa pero útil para prevenir desertificación y para alimentar el ganado, especialmente en el norte de África y el Medio Oriente. Por lo anterior, es importante identificar la investigación sobre las tácticas empleadas para su control, su composición química, y las características de la secreción protectora de *D. opuntiae* a través del análisis proximal, y microfotografías por microscopía de luz y electrónica de barrido. Se realizó una revisión de la literatura, utilizando indicadores bibliométricos, en seis bases de datos. Se logró extraer 99 publicaciones científicas del periodo de 1848 a 2022. La producción científica se incrementó progresivamente durante los últimos 20 años. El control biológico, mediante depredadores y entomopatógenos, resultó la táctica más estudiada. Los marroquíes Mohamed Sbaghi y Rachid Bouharroud destacaron como líderes científicos en el tema. Las revistas que publicaron el mayor número de documentos relacionados a la temática fueron: *Biocontrol Science and Technology* y el *International Journal of Tropical Insect Science*; Marruecos, Brasil y México fueron los países con mayor contribución. Sin embargo, se observó limitada cooperación intra e interinstitucional a nivel nacional y una incipiente colaboración internacional. Por otra parte, con el análisis químico proximal de *D. opuntiae* se determinó una concentración importante de proteínas (26.75 %), cenizas (22.66 %) y cera (10.90 %); respecto a la humedad obtuvo el 7.27 %, de extracto etéreo el 4.72 % y 3.79 % de ácido carmínico. El perfil de ácidos grasos mostró la presencia de 31 compuestos, con una mayor proporción de ácidos grasos saturados, donde el ácido mirístico resultó ser el de mayor concentración. Además, se detectó la presencia del ácido linoleico, el cual es un ácido graso esencial, así como algunos ácidos no detectados en estudios previos. La secreción protectora, que cubre la totalidad del cuerpo de la hembra adulta de *D. opuntiae*, consta de tres tipos de microestructuras: filamentos elásticos, setas tubulares y material pulverulento.

Palabras clave: Análisis bibliométrico, producción científica, cochinilla silvestre, ácidos grasos.

CHARACTERIZATION OF THE MAIN CHEMICAL COMPONENTS OF THE PROTECTIVE LAYER (TEST COVER) OF DACTYLOPIUS OPUNTIAE COCKERELL (HEMIPTERA: DACTYLOPIIDAE)

**Esperanza García Pascual, M. C.
Colegio de Postgraduados, 2023**

ABSTRACT

Dactylopius opuntiae Cockerell (Hemiptera: Dactylopiidae) is considered a primary pest of *Opuntia* spp (Caryophyllales: Cactaceae) worldwide, where it is cultivated for commercial purposes or found naturalized. Therefore, it is a priority to understand the research trends on the control tactics employed, as well as analyze its chemical composition through proximal analysis, and the morphology of *D. opuntiae*'s protective secretion through microphotography focused on facilitating its control. A systematic review was conducted, using bibliometric indicators, in six databases. A total of 99 scientific publications were extracted from the period of 1848 to 2022. Scientific production has progressively increased over the past 20 years. Biological control, through predators and entomopathogens, was the most studied topic. The Moroccans Mohamed Sbaghi and Rachid Bouharroud stood out as scientific leaders in the field. The journals that published the highest number of documents related to the topic were *Biocontrol Science and Technology* and *the International Journal of Tropical Insect Science*, with Morocco, Brazil, and Mexico being the countries with the highest contribution. However, there is little intra and inter institutional cooperation at the national level and an incipient international collaboration. On the other hand, the proximal chemical analysis of *D. opuntiae* revealed a significant concentration of proteins (26.75 %), ashes (22.66 %), and wax (10.90 %), with 7.27% humidity, 4.72 % ether extract, and 3.79 % carminic acid. The acid profile showed the presence of 32 compounds, with a higher proportion of saturated fatty acids, where myristic acid was found to have the highest concentration. Additionally, the presence of linoleic acid, which is an essential fatty acid, was detected, as well as some acids not detected in previous studies. The protective secretion that covers the entire body of the adult female *D. opuntiae* consists of three types of microstructures: elastic filaments, tubular setae, and powdery material.

Keywords: Bibliometric analysis, scientific production, wild cochineal, fatty acids

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) por la beca otorgada para mis estudios de maestría (No. CVU: 1146133). Así mismo por el financiamiento recibido a través del proyecto Ciencia de Frontera No. 320298.

Al Colegio de Postgraduados, especialmente al Campus San Luis Potosí, a través del Posgrado de Innovación en Manejo de Recursos Naturales, y al Campus Montecillo, por la oportunidad de continuar con mis estudios de posgrado y contribuir a mi formación profesional.

A la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, por facilitarme el uso de su infraestructura y equipos.

A mi profesor consejero Dr. Santiago de Jesús Méndez Gallegos, por su paciencia y apoyo incondicional en todo momento a lo largo de este proceso.

A mi Codirector Dr. Marco Martín González Chávez, por aceptar integrarme a su laboratorio y dejarme participar en su grupo de trabajo, por la orientación y conocimientos brindados.

A cada uno de mis profesores integrantes del Consejo Particular: Dra. Avelina Franco Vega, Dr. Esteban Rodríguez Leyva y Dr. Ángel Bravo Vinaja, así como al Dr. Juan Ángel Morales Rueda, por su valioso apoyo, paciencia y motivación para poder concluir con mi investigación.

Al Biol. Simón Morales y al M. en C. Jorge M. Valdez del Campus Montecillo, por el apoyo y asesoramiento en la toma de microfotografías. Al Dr. Vicente Rodríguez González, del IPICYT, por facilitarnos el uso de sus instalaciones para llevar a cabo parte de esta investigación y al M. en C. Domingo por su apoyo y guía.

Al M. en C. Juan Carlos Posada, por su apoyo en la determinación de colorante. A Brayan Arias y Juan José Rodríguez, por compartir sus conocimientos y su amistad.

A todas mis amigas por formar parte de este proceso.

DEDICATORIA

Con admiración y respeto a mi madre, hermanas y sobrinas, por apoyarme en cada una de mis decisiones y ser mi motivación para lograr mis objetivos.

“Tú no eres tus circunstancias, eres posibilidades. Si sabes eso, puedes hacer lo que sea”. Oprah Winfrey

CONTENIDO

RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
LISTA DE CUADROS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	x
INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
LITERATURA CITADA.....	4
CAPÍTULO 1. <i>Dactylopius opuntiae</i> (HEMIPTERA: DACTYLOPIIDAE) CONTROL TACTICS: A LITERATURE REVIEW BASED ON BIBLIOMETRIC ANALYSIS	8
1.1. ABSTRACT	8
1.2. RESUMEN	9
1.3. INTRODUCTION.....	10
1.4. MATERIALS AND METHODS.....	11
1.4.1. Sources of information and databases used	11
1.4.2. Search strategy	11
1.4.3. Analysis of the content and scientific mapping	12
1.5. RESULTS AND DISCUSSION	12
1.5.1. Growth and behavior of scientific production	12
1.5.2. Control strategies or tactics classification	14
1.5.3 Journals of publication	16
1.5.4. Co-authorship index.....	18
1.5.5. Collaboration patterns between authors and their validity through time	18
1.5.6 Most influential authors, and institutions and countries of belonging	21
1.5.7 Most relevant contributions	23
1.6. CONCLUSIONS.....	28
1.7. REFERENCES.....	29
CAPÍTULO 2: Composición proximal y estructura de la cubierta protectora de <i>Dactylopius opuntiae</i> Cockerell (Hemiptera: Dactylopiidae).....	37
2.1. RESUMEN	37
2.2. ABSTRACT	38
2.3. INTRODUCCIÓN	39
2.4. MATERIALES Y MÉTODOS	41

2.4.1. Sitio de estudio	41
2.4.3 Caracterización química de <i>D. opuntiae</i>	42
2.4.3.1. Cuantificación de ácido carmínico	42
2.4.3.2. Análisis proximal de <i>D. opuntiae</i>	42
2.4.3.3. Perfil de ácidos grasos.....	43
2.4.5. Microscopía de luz	44
2.4.6. Microscopía electrónica de Barrido (MEB).....	44
2.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	45
2.5.1. Composición químico proximal de <i>D. opuntiae</i>	45
2.5.2. Microfotografías de la capa protectora	50
2.6. CONCLUSIONES	53
2.7. REFERENCIAS	54
CONCLUSIONES GENERALES	59
ANEXO 1. Referencias bibliográficas usada en el análisis bibliométrico, listadas por tácticas de control de <i>Dactylopius opuntiae</i>.	60

LISTA DE CUADROS

CAPÍTULO 1

Table 1.1. The 10 journals with the highest number of published articles about <i>Dactylopius opuntiae</i> control, 1848-2022.....	17
Table 1.2. Authors with highest production, visibility, countries of origin, and specialization area on <i>Dactylopius opuntiae</i> control tactics, 1848-2022.	22
Table 1.3. Top 10 of the publications about <i>Dactylopius opuntiae</i> control tactics with the highest number of citations, until July 2021.....	24

CAPÍTULO 2

Cuadro 2. 1. Análisis químico proximal de hembras adultas completas de <i>Dactylopius opuntiae</i> (g/100 g base seca).....	45
Cuadro 2. 2. Contenido, composición y concentración de ácidos grasos (%) en hembras adultas completas de <i>Dactylopius opuntiae</i>	49

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figure 1.1. Behavior and evolution of scientific production, regarding control tactics used for <i>Dactylopius opuntiae</i> 1848-2022.....	13
Figure 1.2. Control strategies of <i>Dactylopius opuntiae</i> addressed by scientific publications during the years 1848-2022.....	15
Figure 1.3. Co-authorship and collaboration networks, and their distribution throughout time, which addressed the <i>Dactylopius opuntiae</i> control tactics, 1848-2022.	20
Figure 1.4. Topic network, and their distribution throughout time, which addressed the <i>Dactylopius opuntiae</i> control tactics, 1848-2022.	26

CAPÍTULO 2

Figura 2. 1 Proceso de infestación de cladodios de nopal con <i>Dactylopius opuntiae</i> , para obtención de muestra.	42
Figura 2. 2. Figura 2. 2. Microfotografías de la capa protectora de <i>Dactylopius opuntiae</i> . (A) Acercamiento de hembra adulta con capa protectora completa; (B) Vista dorsal de hembra adulta sin capa protectora; (C) Microestructuras tubulares; (D) Filamentos; (E) Microestructuras de formas cónica (F) Acercamiento a la microestructura cónica.	51
Figura 2. 3. Microfotografías de <i>Dactylopius opuntiae</i> . (A) Vista dorsal mostrando la distribución de las estructuras productoras de la cubierta protectora; (B) Acercamiento a seta.....	52

INTRODUCCIÓN GENERAL

El nopal es un cultivo adaptado a ambientes adversos, particularmente *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. (Caryophyllales: Cactaceae) del cual se aprovecha sus frutos, flores y cladodios, los cuales son reconocidos por la presencia de compuestos de alto valor agregado al satisfacer múltiples aplicaciones en la industria alimentaria (Rodrigues *et al.*, 2023). Asimismo, por sus características organolépticas, valor nutricional y beneficios para la salud, representa un área de oportunidad para quienes buscan nuevas alternativas, explorando frutas no convencionales (Giraldo-Silva *et al.*, 2023). Lo anterior, ha renovado el interés científico por esta especie durante los últimos años (Kadda *et al.*, 2023) donde ésta se cultiva comercialmente o donde se le encuentra naturalizada.

El nopal se cultiva a nivel internacional con fines comerciales en más de 30 países; destacando por la superficie ocupada Brasil, México, Italia, y algunos países que integran la Cuenca de Mediterráneo, entre otros, ocupando una superficie aproximada de 1´ 600,500 ha (Ochoa & Barbera, 2017). Sin embargo, el nopal para la producción hortofrutícola y forrajera, al igual que otros cultivos, enfrenta amenazas fitosanitarias importantes, destacando entre éstas, la cochinilla silvestre *Dactylopius opuntiae* Cockerell (Hemiptera: Dactylopiidae) por la severidad de los daños directos e indirectos, y por las pérdidas económicas. Derivado de lo anterior, es considerada la principal plaga y una amenaza potencial de este cultivo en diversos países como México (Vanegas-Rico *et al.*, 2010), Brasil (Torres & Giorgi, 2018), España (Yousef-Yousef & Quesada-Moraga, 2020), Israel (Mendel *et al.*, 2020) y Marruecos (Sabbahi y Hock, 2022). Por otro lado *D. opuntiae* es reconocida como un eficiente agente de biocontrol de diversas especies de *Opuntia* indeseables, por su agresividad y poder destructivo (Rule & Hoffmann, 2018; Witt *et al.*, 2020).

Durante los últimos cinco años se han reportado nuevos registros de la presencia de *D. opuntiae* en diferentes países (Serrano-Montes *et al.*, 2018; Katbeth-Bader & Abu-Alloush, 2019; Ülgentürk & Hocaali, 2019; Bufaur & Bohamdan, 2020; El Bouhissi *et al.*, 2022; Al-Hindi *et al.*, 2022), que demuestra su gran capacidad de dispersión geográfica. Ante esta problemática fitosanitaria y el nivel de devastación, cada país, de acuerdo a

sus condiciones agroclimáticas y socioeconómicas, ha generado y aplicado diversas medidas para su contención, a fin de minimizar su impacto. Por lo anterior, el interés por *D. opuntiae* se ha incrementado a nivel mundial, lo que ha derivado en una alta producción científica, focalizada principalmente, en aspectos de control (Méndez-Gallegos & Bravo-Vinaja, 2022). Sin embargo, hasta dónde se conoce, no existe un estudio bibliométrico de la literatura previo que indique el comportamiento de la producción científica y la tendencia de investigación actual sobre las principales tácticas empleadas en el control de *D. opuntiae*, a nivel internacional.

El estudio de la composición química en insectos permite tener un acercamiento general para conocer las proporciones de las macromoléculas que lo constituyen (Ramos et al., 2012). La información que existe sobre la constitución química de las especies de *Dactylopius* es limitada y ésta se ha concentrado en la especie de mayor interés comercial (*D. coccus* Costa) (López, 2000; Centeno, 2003; Reyes, 2017), así como para *D. confusus* (Zheng et al., 2008). Uno de los estudios que generalmente no se realiza en insectos es un perfil de ácidos grasos, el cual es muy importante cuando se requiere establecer como recurso nutritivo. El único estudio sobre esa temática fue abordado por Pino & Ganguly (2016) en *D. coccus*. Esta especie tiene ocho ácidos grasos, destacando la presencia del ácido mirístico.

Entre las adaptaciones biológicas que integran su eficiente sistema defensivo y que favorecen la posición dominante de *D. opuntiae* como plaga de importancia económica, destaca la presencia de una secreción protectora, referida también como “lana” o “algodón”, que se va formando conforme avanza el desarrollo del insecto, hasta envolver totalmente el cuerpo de la hembra, la cual es secretada por glándulas especializadas, al igual que otros insectos escama (Lockey 1988; Foldi 1991; Claps & de Haro, 2001; Rodrigo et al., 2010). Esta característica, ha influido en mayor medida, en que las tácticas empleadas, tales como el control biológico y la aplicación de insecticidas, muestren baja eficiencia de control. El único estudio sobre la capa protectora fue realizado por Morrison (1984) quién la denominó “cubierta cerosa” y la describió a detalle para *D. opuntiae*, *D. coccus* y *D. austrinus* De Lotto. Este autor identificó que hay tres estructuras que producen esta cera: setas, poros quinqueloculares y ductos. Este mismo autor observó

en la cubierta diferentes estructuras que la conforman: para *D. coccus* son largos filamentos tubulares cerosos, mientras que en *D. austrinus* y *D. opuntiae* son largos y filamentos, aunque *D. austrinus* se diferencia de *D. opuntiae* por tener más hilos sin cera.

Considerando que la investigación mundial sobre las estrategias de control de *D. opuntiae* está fragmentada y aislada (El Aalaoui *et al.*, 2019) la información derivada del análisis bibliométrico permitirá caracterizar la evolución de la producción científica sobre las tácticas de control empleadas para *D. opuntiae*, a nivel internacional, para fortalecerla o reorientarla hacia áreas de atención prioritarias, de acuerdo con la problemática de cada región productora. Además, para facilitar el manejo y reducir el impacto de *D. opuntiae*, es importante conocer la composición química proximal del insecto, así como las características de su cubierta protectora. Por estas razones, los objetivos de este trabajo fueron:

- 1) Analizar el estado actual y la tendencia de la producción científica, relacionada al control de *Dactylopius opuntiae*, mediante indicadores bibliométricos.
- 2) Determinar la composición química proximal y el perfil de ácidos grasos de *Dactylopius opuntiae*, así como caracterizar la estructura de su capa protectora en hembras adultas.

LITERATURA CITADA

- Al-Hindi, Abdullah N., Othman S. Al-Hawshabi, Gamal M. Bawazer, Salem M. Busais, Omar A. Baeshen, Mohammed S. Al Khasha, Abdul-Qader Bin-Othman, Wathiq Awlaki, Ismail Hassan, y Faris Metwally. 2022. "A New Record of the Cochineal Insect (*Dactylopius Opuntiae*) on the Prickly Pear (*Opuntia dellenii*) in Yemen - Tur Al Baha - Lahj". *Electronic Journal of University of Aden for Basic and Applied Sciences* 3 (2): 66-74. doi:[10.47372/ejua-ba.2022.2.154](https://doi.org/10.47372/ejua-ba.2022.2.154).
- Bufaur, Mazen, y Rami Bou Hamdan. 2020. "First report of the *Opuntia* cochineal scale *Dactylopius opuntiae* (Cockerell, 1896) in Syria". *Arab Journal for Plant Protection* 38 (1): 59-63. doi:[10.22268/AJPP-38.1.059063](https://doi.org/10.22268/AJPP-38.1.059063).
- Centeno Álvarez, Mónica María. 2003. "Extracción, estabilización y evaluaciones analíticas del carmín". Tesis de Maestría en Ciencias, México: Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, Área Alimentos. Instituto Politécnico Nacional. <http://tesis.ipn.mx/xmlui/handle/123456789/960>.
- Claps, Lucia, y María Haro. 2001. "Coccoidea (Insecta: Hemiptera) Associated With Cactaceae in Argentina". *Journal of the Professional Association for Cactus Development* 4: 77-83.
- EL Aalaoui, Mohamed , Rachid Bouharroud, Mohamed Sbaghi, Mustapha EL Bouhssini, Lahoucine Hilali, y Nacera Dari. 2019. "Predatory Potential and Feeding Preference of *Cryptolaemus Montrouzieri* on *Dactylopius opuntiae* under Laboratory Conditions". *Revue Marocaine Des Sciences Agronomiques et Vétérinaires* 7(3):397-403. https://www.agrimaroc.org/index.php/Actes_IAVH2/article/view/726/872.
- El Bouhissi, Mayssara, Mohammed Ghefar, Salah Eddine Sadine, y Mustapha Gachi. 2022. "Note sur la présence de *Dactylopius opuntiae* (Cockerell, 1896) sur le figuier de Barbarie en Algérie (Hemiptera : Dactylopiidae)". *Annales de la Recherche Forestière en Algérie* 12 (1). ASJP: 1-6. <https://www.asjp.cerist.dz/en/article/182825>.
- Foldi, I. 1991. "The wax glands in scale insects : comparative ultrastructure, secretion, function and evolution (Homoptera : Coccoidea)". *Annales de la Société entomologique de France* 27 (2): 163-88.
- Giraldo-Silva, Luis, Bárbara Ferreira, Eduardo Rosa, y Alberto C. P. Dias. 2023. "*Opuntia ficus-indica* Fruit: A Systematic Review of Its Phytochemicals and Pharmacological Activities". *Plants* 12 (3): 543. doi:[10.3390/plants12030543](https://doi.org/10.3390/plants12030543).
- Kadda, Salma, Abdelmajid Belabed, Raffaele Conte, Sabir Ouahhoud, Hajar Hamdaoui, Hamza Mechchate, y Zouhair Elarbi. 2023. "Phytochemical analysis for the residues of *Opuntia ficus-indica* I seed oil of eastern region of Morocco". *Materials Today: Proceedings*, Fifth edition of

- the International Conference on Materials & Environmental Science (ICMES 2022), 72 (Part 7): 3662-68. doi:[10.1016/j.matpr.2022.08.533](https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.08.533).
- Katbeh Bader, Ahmad M., y Asem H. Abu-Alloush. 2019. "First Record of the Cochineal Scale Insect, *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) (Hemiptera: Dactylopiidae), in Jordan". *Jordan Journal of Biological Sciences* 12 (2): 155-59. <https://docslib.org/doc/9379764/first-record-of-the-cochineal-scale-insect-dactylopius-Opuntiae-cockerell-hemiptera-dactylopiidae-in-jordan>.
- Lockey, Kenneth H. 1988. "Lipids of the insect cuticle: origin, composition and function". *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry* 89 (4): 595-645. doi:[10.1016/0305-0491\(88\)90305-7](https://doi.org/10.1016/0305-0491(88)90305-7).
- López, G. 2000. "Análisis proximal de la cochinilla grana *Dactylopius coccus* Costa". *Revista de la Sociedad Química de México*. México. 44-87.
- Mendel, Zvi, Alexei Protasov, Juan M. Vanegas-Rico, J. Refugio Lomeli-Flores, Pompeo Suma, y Esteban Rodríguez-Leyva. 2020. "Classical and fortuitous biological control of the prickly pear cochineal, *Dactylopius Opuntiae*, in Israel". *Biological Control* 142 (marzo): 104157. doi:[10.1016/j.biocontrol.2019.104157](https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2019.104157).
- Méndez-Gallegos, Santiago de Jesús, y Ángel Bravo-Vinaja. 2022. "*Dactylopius opuntiae* Cockerell (Hemiptera: Dactylopiidae), an Emerging Global Threat for *Opuntia* Spp: A Bibliometric Analysis". *Journal of the Professional Association for Cactus Development* 24 (agosto): 111-38. doi:[10.56890/jpacd.v24i.487](https://doi.org/10.56890/jpacd.v24i.487).
- Morrison, J. F. 1984. "Protection from beetle-predation in cochineal insects (Dactylopiidae: Homoptera)". Dissertation for the degree of Master of Science, Department of Zoology and Entomology, Rhodes University. <https://core.ac.uk/download/pdf/145046964.pdf>.
- Ochoa M. J., & Barbera, G. 2017. "History and economic and agro-ecological importance." En *Crop Ecology, Cultivation and Uses of Cactus Pear*, Inglese, Mondragon, Ali Nefzaoui, Carmen Saenz, Mounir Louhaichi, Harinder Makkar, y Makiko Taguchi. (Eds). FAO-ICARDA, 1-12.
- Pino Moreno, J.M., y A. Ganguly. 2016. "Determination of fatty acid content in some edible insects of Mexico". *Journal of Insects as Food and Feed* 2 (marzo): 1-6. doi:[10.3920/JIFF2015.0078](https://doi.org/10.3920/JIFF2015.0078).
- Ramos Rostro, Beverly, Baciliza Quintero Salazar, Julieta Ramos-Elorduy, José Manuel Pino Moreno, Sergio C. Ángeles Campos, Águeda García Pérez, y V. Daniela Barrera García. 2012. "Análisis químico y nutricional de tres insectos comestibles de interés comercial en la zona arqueológica del municipio de San Juan Teotihuacán y en Otumba, en el estado de México". *Interciencia* 37 (12): 914-20. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33925592008>.

- Reyes Taype, Yesabeli Teresa. 2017. "Evaluación de cochinilla exhausta para su formulación como alimento balanceado para animales". Perú: Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/3399>.
- Rodrigo Santamaría, Eugènia, Marta Catalá Oltra, y M. Granero. 2010. "Estudio comparativo de la morfología y biología de "*Dactylopius coccus*" Costa y "*D. opuntiae*" (Hemiptera: Dactylopiidae), dos especies presentes en la Comunidad Valenciana". *Boletín de sanidad vegetal. Plagas* 36 (1): 23-35. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3321570>.
- Rodrigues, Carolina, Camila Damásio de Paula, Soufiane Lahbouki, Abdelilah Meddich, Abdelkader Outzourhit, Mohamed Rashad, Luigi Pari, Isabel Coelho, Ana Luísa Fernando, y Victor G. L. Souza. 2023. "Opuntia Spp.: An Overview of the Bioactive Profile and Food Applications of This Versatile Crop Adapted to Arid Lands". *Foods* 12 (7): 1465. doi:[10.3390/foods12071465](https://doi.org/10.3390/foods12071465).
- Rule, Nicola Frances, y John Hoffmann. 2018. "The Performance of *Dactylopius opuntiae* as a Biological Control Agent on Two Invasive *Opuntia* Cactus Species in South Africa". *Biological Control* 119: 7-11. doi:[10.1016/j.biocontrol.2018.01.001](https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2018.01.001).
- Sabbahi, Rachid, y Virginia Hock. 2022. "Control of the Prickly Pear Cochineal, *Dactylopius opuntiae* (Cockerell), in Morocco: An Overview". *Journal of Plant Diseases and Protection* 129 (6): 1323-30. doi:[10.1007/s41348-022-00655-y](https://doi.org/10.1007/s41348-022-00655-y).
- Serrano-Montes, José, Olmedo-Cobo José Antonio, José Gómez-Zotano, y Emilio Martínez Ibarra. 2018. "*Dactylopius opuntiae*" vs. "*Opuntia ficus-indica*" en España: análisis espacio-temporal y repercusiones paisajísticas a través de los medios de comunicación on-line". *Anales de Geografía de la Universidad Complutense* 38(1):195-217. doi:[10.5209/aguc.60474](https://doi.org/10.5209/aguc.60474).
- Torres, Jorge Braz, y José Adriano Giorgi. 2018. "Management of the False Carmine Cochineal *Dactylopius opuntiae* (Cockerell): Perspective from Pernambuco State, Brazil". *Phytoparasitica* 46 (3): 331-40. doi:[10.1007/s12600-018-0664-8](https://doi.org/10.1007/s12600-018-0664-8).
- Ülgentürk, S., y Sema Hocaali. 2019. "Pest Status Of *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) (Hemiptera: Dactylopiidae) And New Records Of Scale Insects From Northern Turkish Republic Of Cyprus". *Munis Entomology and Zoology Journal* 14 (1): 294-300.
- Vanegas-Rico, J. M., J. R. Lomeli-Flores, E. Rodríguez-Leyva, G. Mora-Aguilera, y J. M. Valdez. 2010. "Enemigos naturales de *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) en *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller en el centro de México". *Acta zoológica mexicana* 26(2):415-33. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0065-17372010000200007&lng=es&nrm=iso&tlng=es.

- Witt, Arne B. R., Winnie Nunda, Fernadis Makale, y Kathryn Reynolds. 2020. "A Preliminary Analysis of the Costs and Benefits of the Biological Control Agent *Dactylopius opuntiae* on *Opuntia stricta* in Laikipia County, Kenya". *BioControl* 65 (4): 515-23. doi:[10.1007/s10526-020-10018-x](https://doi.org/10.1007/s10526-020-10018-x).
- Yousef-Yousef, Meelad, y Enrique Quesada-Moraga. 2020. "Towards *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) (Hemiptera: Dactylopiidae) biological and integrated management at field conditions in Cadiz province (Spain)". *Biocontrol Science and Technology* 30 (9): 951-61. doi:[10.1080/09583157.2020.1771280](https://doi.org/10.1080/09583157.2020.1771280).
- Zheng Hua, Tang Liying, L. U. Yanmin, y Zhang Hong. 2008. "Determination of Main Chemical Constituents in Dried Body of Cochineal". *Shipin Kexue* 29 (11): 510-13. https://jglobal.jst.go.jp/en/detail?JGLOBAL_ID=200902254220466926.

CAPÍTULO 1. *Dactylopius opuntiae* (HEMIPTERA: DACTYLOPIIDAE) CONTROL TACTICS: A LITERATURE REVIEW BASED ON BIBLIOMETRIC ANALYSIS

1.1. ABSTRACT

Objective

Identify the status and emerging trends of scientific production and regularities of scientific production related to control strategies of *Dactylopius opuntiae* Cockerell (Hemiptera: Dactylopiidae) using bibliometric indicators.

Methodology

To recover the relevant academic articles on the topic, six referential databases were consulted. The keyword used to retrieve bibliographic information was: “*Dactylopius opuntiae*” in the search fields: title, abstract and keywords. Bibliographic information from 99 publications of the period 1848 to 2022 were systematized in Zotero software, which were processed through nine unidimensional and multidimensional bibliometric indicators using Excel and VOSviewer.

Results

The dynamics of scientific production was more evident during the last seven years. Biological control, through predators and entomopathogens, was the most studied emergent research theme. Among the most influential authors, those from Morocco stood out: Sbaghi, Mohamed and Bouharroud. Morocco, Brazil and Mexico showed a high contribution, generating the highest number of documents on the topic. They also made-up groups of specialists to face the challenge of control, which stimulated their visibility. The most mentioned research topic was “biological control.”

Conclusions

The bibliometric analysis allowed us to have a more complete vision of the state of scientific research on the tactics used to control *D. opuntiae*.

Keywords: Bibliometric analysis, pest control, wild cochineal, scientific production.

1.2. RESUMEN

Objetivo

Identificar el estado y tendencias emergentes de la producción científica relacionadas con las estrategias de control de *Dactylopius opuntiae* utilizando indicadores bibliométricos.

Metodología

Para recuperar los datos bibliográficos de artículos relevantes, se consultaron seis bases de datos referenciales. La palabra clave utilizada para recuperar la información fue: “*Dactylopius opuntiae*” en los campos de búsqueda: título, resumen y palabras clave. Se sistematizó la información de 99 publicaciones del período 1848 a marzo de 2022 en Zotero, las cuales fueron analizadas con nueve indicadores bibliométricos unidimensionales y multidimensionales utilizando Excel y VOSviewer.

Resultados

La dinámica de la producción científica fue más evidente durante los últimos siete años. El control biológico, a través de depredadores y entomopatógenos, fue el tema de investigación emergente más estudiado. Entre los autores más influyentes destacaron los marroquíes: Sbaghi, Mohamed y Bouharroud. Marruecos, Brasil y México mostraron una alta contribución. También conformaron grupos de especialistas para enfrentar el desafío del control, lo que estimuló su visibilidad. El tema de investigación más mencionado fue “control biológico”.

Conclusiones

El análisis bibliométrico permitió tener una visión más completa del estado de la investigación científica sobre las tácticas utilizadas para el control de *D. opuntiae*.

Palabras clave: Análisis bibliométrico, control de plagas, cochinilla silvestre, producción científica.

1.3. INTRODUCTION

At the national and international level, the regions, or countries where cactus pear, *Opuntia* spp (Caryophyllales: Cactaceae), particularly *O. ficus-indica* (L.) Mill., is used or cultivated for human and animal diets, or for the incipient industry, present a critical phytosanitary situation because of the recent invasion of *Dactylopius opuntiae* (Hemiptera: Dactylopiidae). This insect is considered the main pest of cactus pear, due to its reproductive capacity, the severity of its damage in cladodes and fruits, and the socioeconomic impact (Vanegas-Rico et al. 2010, 2016; Mazzeo et al. 2019). In Mexico, one of the centers of origin of *O. ficus-indica* (Griffith 2004) and its plant feeders, it is distributed in more than 20 states, where it infests 15 species of cacti (Chávez-Moreno et al. 2011); worldwide, it has been found in more than 29 countries (Méndez-Gallegos and Bravo-Vinaja 2022), and has caused devastating damages from its recent expansion in the basin of the Mediterranean, mainly in northern Africa and the Middle East (Bouharroun et al. 2016; Moussa et al. 2017; Katbeh and Abu-Alloush 2019; Mazzeo, et al. 2019; Ülgentürk and Hocaali 2019; Bufaur and Bohamdan 2020; El Bouhissi et al. 2022), as well as from its potential expansion to new areas in northeastern Brazil (Torres and Giorgi 2018).

Because of the damages caused by *D. opuntiae* on *Opuntia* spp., particularly in Brazil, and more recently in northern Africa and the Middle East, the scientific production about the methods to combat this pest has increased during the last 15 years. In a recent study, Méndez-Gallegos & Bravo-Vinaja (2022) found that during the last decade, more than 50% of the scientific production related to *D. opuntiae* was focused on the application of tactics for its control, it was considered important to identify the type of control tactics that have been carried out to date to focus future lines of research.

The bibliometric analysis allows analyzing large volumes of scientific documents; identifies the evolutionary changes of a specific field; and provides information on emerging research trends (Donthu et al. 2021). Likewise, bibliometrics, defined by Pritchard (1969) represents an essential tool to evaluate and analyze scientific production (Moral-Muñoz et al. 2020). This has been reflected in an increase of this type of studies

in different disciplines, of which the phytosanitary context has not escaped (Orjuela-Garzón et al. 2020; Salustino et al. 2021; Rajna et al. 2021; Stopar et al. 2021).

Facing the threat represented by the expansion of *D. opuntiae* in the world, and considering that no previous research study was identified that allows identifying the emerging research trends that contribute innovative solutions, this study had the objective of analyzing and visualizing the trends of scientific production on the control tactics for the specie, in order to facilitate decision making regarding the integrated management strategy of this pest, to decrease or minimize the damage it causes.

1.4. MATERIALS AND METHODS

1.4.1. Sources of information and databases used

To identify the trends in scientific production related to the strategies used in the control of *Dactylopius opuntiae*, the following databases were consulted: Cab Abstracts, Crossref, Google scholar, Dimensions, Science Citation Index Expanded (SCIE) and Scopus.

1.4.2. Search strategy

The descriptor used for the search and extraction of the published documents was: “*Dactylopius opuntiae*”. The search was performed in the search fields of title, abstract and keywords, to ensure that it had as main theme the topics of interest. With the search applied, 1,121 documents were recovered; then, these were subjected to a search refining process, to eliminate duplicated documents or those that did not address the theme. The final database used in the analysis had 99 documents published and indexed until march 2022.

The documents were sent a database, using the Zotero software. These were grouped into five predefined thematic areas: 1) Biological control; 2) Conventional chemical control; 3) Non-conventional chemical control (plant oils, extracts, essential oils, fatty acids and detergents, among others); 4) Plant resistance; and 5) Others (where legal control, physical control, mechanical control, cultural control and ethological control were included).

1.4.3. Analysis of the content and scientific mapping

The documents were processed through unidimensional and multidimensional bibliometric indicators: Growth and behavior of scientific production, Control strategies or tactics classification, Publication journals, Co-authorship index, Patterns of collaboration between authors and their validity through time, Most influential authors and institutions and countries of belonging, Most relevant contributions, and Research themes through time (1884-2022), mapping the scientific production using the co-words methodology on keywords or descriptors (van Raan 1993) using the VOSviewer software (van Eck and Waltman 2011).

For the generation of unidimensional indicators, the Excel[®] software was used and for the multidimensional VOSviewer was used. A database of bibliographic records was created in Zotero, these records were imported into VOSviewer in RIS format which allowed creating and visualizing maps. These maps show networks of documents and scientific journals, researchers, institutions, countries and/or keywords related. The elements that make up these networks were created by co-authorship and co-occurrence of words (van Eck and Waltman 2007).

1.5. RESULTS AND DISCUSSION

1.5.1. Growth and behavior of scientific production

According to the search strategy used, 99 publications were identified and extracted. Scientific production about *D. opuntiae* control tactics and their regularity increased in a progressive and sustained manner during the last seven years, since publications quadrupled in this period; this reflects the growing scientific interest for the theme (Fig. 1.1). This could be associated to the recent invasion of *D. opuntiae* in Brazil in 2001 (Torres and Giorgi 2018), and successively in northern Africa and the Middle East and in other countries that exploit *Opuntia* spp. commercially, among which Israel and Lebanon stand out, where it was detected at the end of 2013 (Spodek et al. 2014), and in Morocco in 2015 (Boharroud et al. 2016). The highest peak in number of publications was reached in 2019, with 16 documents, to later decrease during the next two years (2020 with 10 and 2021 with 13), perhaps derived from the impact of the appearance of COVID-19 in

the world. During 2021 only one article was considered because the data collection ended in April 2022.

During the period of 1848 to 2000, only 12 documents were found, most of them published during the last two decades. This trend coincides with the importance that *Opuntia* spp. acquired at the international level, driven by different international agencies during the last 30 years (Méndez-Gallegos & Bravo-Vinaja 2022), as a strategy to combat poverty, for food safety and the reduction of desertification; likewise, the discovery of new properties and applications of cactus pear and its byproducts, which motivated the expansion of its cultivation and exploitation (Castellano et al. 2021; Silva et al. 2021; Vicidomini et al. 2021). However, in some regions, cactus pear is considered an invading weed, due to its fast propagation outside cultivation zones, so *D. opuntiae* was introduced as a tactic for biological control, fostering its expansion as a pest (Zimmermann and Moran 1982; Githure et al. 1999; Hoffmann et al. 2002; Torres and Giorgi 2018).

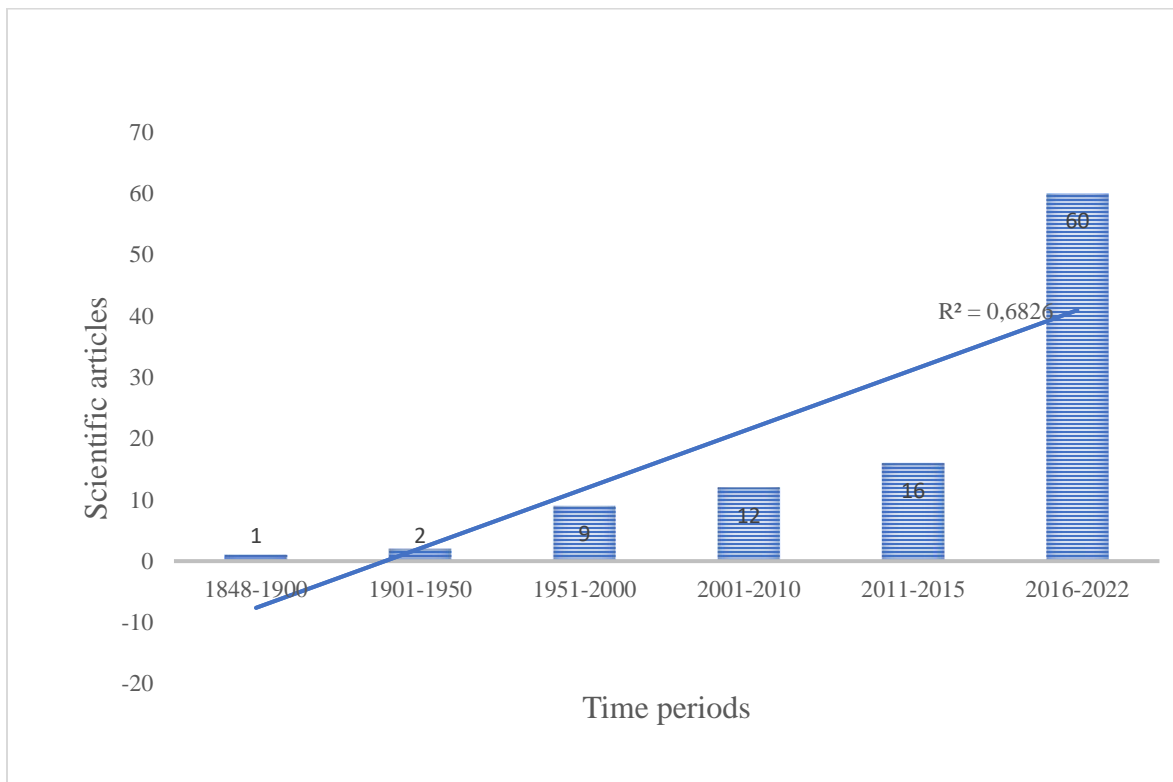


Figure 1.1. Behavior and evolution of scientific production, regarding control tactics used for *Dactylopius opuntiae*. 1848-2022.

1.5.2. Control strategies or tactics classification

Regarding the thematic areas of research addressed by the scientific publications, almost all the control tactics were mentioned in the 99 publications (20 of them were grouped into two research fields). However, there was an emphasis on the application of less invasive tactics which could be more sustainable than the conventional chemical control (Fig. 1.2). The most outstanding areas were focused, primarily, on biological control through predators and entomopathogens (48 %), with the following standing out among them: Vanegas-Rico et al. (2010); Vanegas-Rico et al. (2016); Carneiro-Leão et al. (2017); Lopes et al. (2018); Bouharroun et al. (2018); El Aalaoui et al. (2019); Velez et al. (2019); Ramírez-Sánchez et al. (2019); Oliveira et al. (2020); Gonçalves et al. (2020); Mendel et al. (2020) and El Aalaoui et al. (2022), among others. This topic was followed by non-conventional chemical control using various products such as: oils, plant extracts, soaps, and detergents, which represented 21 % (Palacios et al. 2004; Viguera-Guzmán et al. 2009; Pérez-Ramírez et al. 2014; Borges et al. 2013; El Aalaoui et al. 2021; Gonçalves et al. 2020; Rodríguez et al. 2021; Ramdani et al. 2021). An important number of documents (14%) corresponded to the use of organo-synthetic insecticides, derived from the urgency of reducing the impact of damage immediately (Pretorius and van Ark 1992; Hernández-Pérez et al. 2019; Zeitoun et al. 2020).

After the tactics reported as most frequent, studies about plant resistance also stood out, with 13% (Silva et al. 2009; Borges et al. 2013; Sbaghi et al. 2019; Matos et al. 2021; Akroud et al. 2021; Silva et al. 2021). It is important to highlight that some essential tactics such as legal control, ethological control, and mechanical control, were also found, which are common practices in many areas (Moran and Hoffmann 1987; Macêdo et al. 2014; Silva et al. 2010; El Aalaoui and Sbaghi 2021).

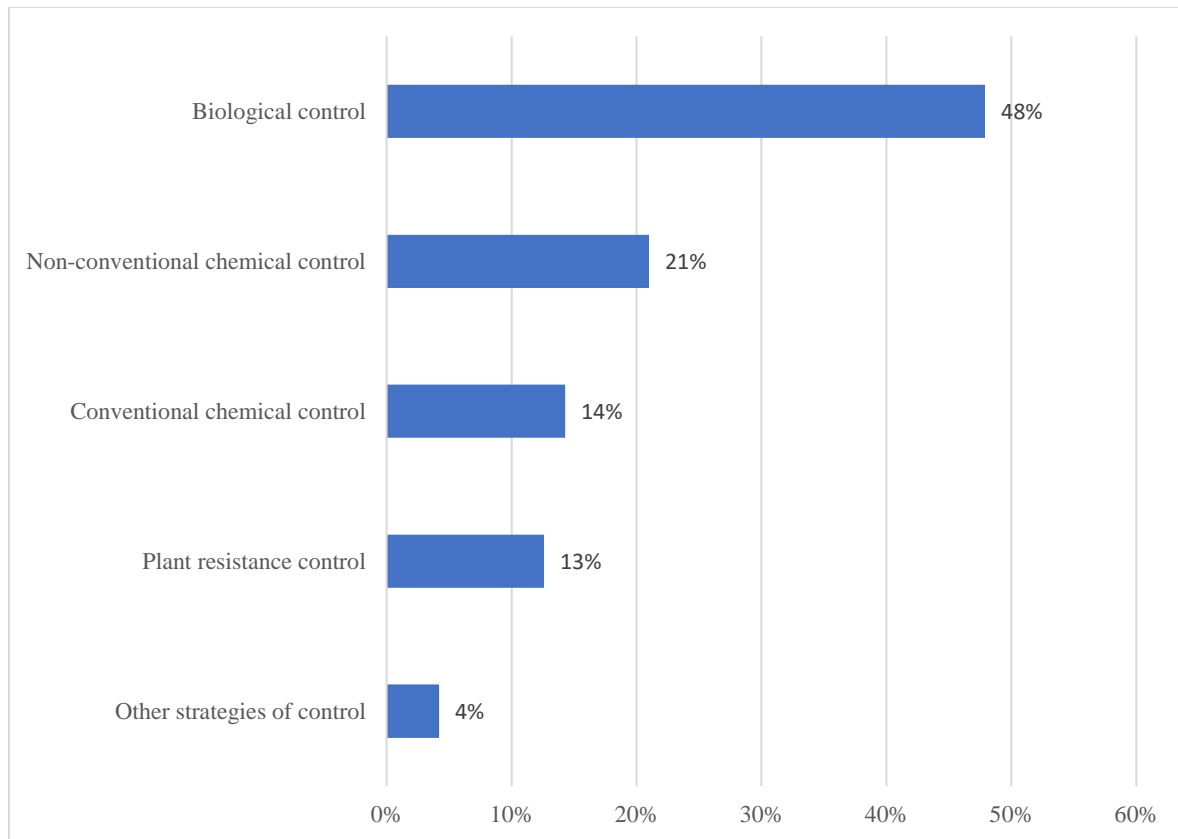


Figure 1.2. Control strategies of *Dactylopius opuntiae* addressed by scientific publications during the years 1848-2022.

The bibliometric analysis of scientific literature showed that two control tactics used for *D. opuntiae* could be the most sustainable: 1) the selection and improvement of resistant varieties represent the most important tactic for management proposals of *D. opuntiae* in the world (Akroud et al. 2021), although the reproduction and replanting of these varieties is still a problem, particularly in northern Africa; on the other hand, the process of selection and improvement of varieties that are not destined to fodder, as in Brazil, northern Africa and most of the Middle East can be longer and more complicated. For example, the case of Mexico where the selection for consumption as fresh vegetable, or fruit cultivars with particular characteristics, can make the improvement process with resistance to *D. opuntiae* more complicated and longer; and 2) classical biological control with the example of Israel (Mendel et al. 2020), or from conservation in Mexico (Vanegas-Rico et al. 2010; 2015; 2016; Cruz-Rodríguez et al. 2016; Barreto-García et al. 2020), represent

the best alternatives. The use of chemical control, particularly non-conventional, represents one of the complementary tactics of highest impact in the strategy of integrated management, together with the legal and mechanical control, which should not be dismissed. The preoccupation over environmental conservation and health of producers and consumers, as well as the way of maintaining the production systems of *Opuntia* spp. in the world, should continue to focus on the tactics that can provide results in the medium and long term, such as genetic control and biological control, and which should be considered as the basis for the development of the integrated management strategy in each region.

1.5.3 Journals of publication

The scientific production on control tactics for *D. opuntiae* was analyzed with indicators such as: visibility, through the impact factor (IF) (Garfield 2006), the CiteScore (SC) (Ziljstra and McCollough 2016), or the CRMICYT classification (<https://www.revistascytconacyt.mx/>), as well as from the authors' affiliation to understand their distribution in the world (Table 1.1). The results showed that from 66 journals, 10 (15.15 %) published 37 (37.38 %) articles about the theme of interest, while 52 (78.8 %) journals published 63 % of the articles. Likewise, researchers from 11 countries participated in the publications, which indicates a high concentration of research published in few journals.

Table 1.1. The 10 journals with the highest number of published articles about *Dactylopius opuntiae* control, 1848-2022.

Journal	Database and impact measure (2021)	Thematic category, position, and quartile (Q)	Articles	%
<i>Biocontrol Science and Technology</i>	SCIE, JIF 1.81	Entomology, (Q2)	46/100 6	6.06%
<i>International Journal of Tropical Insect Science</i>	SCIE, JIF 1.02	Entomology, (Q3)	73/100 5	5.05%
<i>Acta Horticulturae</i>	SCOPUS CS 0.5	Horticulture, (Q4)	80/94 4	4.04%
<i>Acta Zoológica Mexicana</i>	CRMICYT, 48.31 CN	Biology and Chemistry	4	4.04%
<i>Pesquisa Agropecuária Pernambucana</i>	ND	Agronomy	4	4.04%
<i>Environmental Entomology</i>	SCIE, JFI 2.387	Entomology, (Q2)	34/100 3	3.03%
<i>EPPO Bulletin</i>	SCOPUS, 1.9 CS	Horticulture, (Q2)	43/94 3	3.03%
<i>Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade</i>	ND	Exact and Earth Sciences	3	3.03%
<i>Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas</i>	CRMICYT, 42.25 CN	Agricultural and Biological Sciences	3	3.03%
<i>Archives of Phytopathology and Plant Protection</i>	SCOPUS, 1.3 CS	Agronomy and Crop Science, 244/370 (Q3)	2	2.02%
Other journals			62	62.799%
Total			99	100%

SCIE= Science Citation Index Expanded; **CRMICYT**= Classification System of Mexican Science and Technology Journals; **JIF**= Journal Impact Factor; **CS**= Cite Score; **CN**= National competence; **ND**= No data available.

It was found that there is no preference in terms of publishing in a specific journal, since between three and six documents were published in most of them, with the following standing out among them: *Biocontrol Science and Technology*, from the United Kingdom, which concentrates 6.06% of the publications; this could possibly be associated to the

topic of biological control, although this journal does not have the best impact factor (FI, 1.6). The journal that stood out for this indicator is *Journal of Pest Science* (FI, 5.9), in which only two documents were published (not included in Table 1). The five journals with highest number of articles were: *Biocontrol Science and Technology*, *International Journal of Tropical Insect Science*, *Acta Horticulturae*, *Acta Zoológica Mexicana* and *Pesquisa Agropecuária Pernambucana*. Among them, the journals with emphasis in entomology, horticulture, biology and chemistry, and agronomy stand out.

It should be emphasized that scientific production on the theme did not show a trend to publish in journals located in the first quartile of their category, since there are no articles published in journals within the top 10, but rather the publications are concentrated in journals located in the quartiles 2, 3 and 4. Likewise, it should be highlighted that there is a trend to publish in national journals, mainly in Mexico and Brazil, which reflects that many authors are not worried about the high visibility of their publications, or about the potential impact of the research. This could also be associated to the social appropriation of knowledge and the access to such information in their countries of origin.

1.5.4. Co-authorship index

The number of researchers that intervene in the scientific publications about *D. opuntiae* control tactics was differentiated throughout time. The average co-authorship index in the period of study, 1848-2022, was 4.44 participants per document. However, it was found that the participation increased consistently from 1.63 in the period of 1946-1990 to 5.13 co-authors per publication, between 2020 and 2022. This could somehow reflect the team and interdisciplinary work with the aim of addressing and facilitating the resolution of the sanitary problem.

1.5.5. Collaboration patterns between authors and their validity through time

The collaboration patterns of the researchers indicated how these are related and participate in processes of research and publication (Fig. 1.3). For practical purposes, the scientific production was concentrated in three countries, primarily Brazil, Morocco and Mexico. This could be associated to the fact that they are the countries where damage from *D. opuntiae* on *Opuntia* spp. caused the greatest socioeconomic impact in the last 15 years. In Brazil, the presence of four important research groups was found; likewise,

this country also stood out for the highest number of participating researchers, and because they have published constantly since 2010. All of these are part of a consortium of teaching and research institutions of the state of Pernambuco, main producing zone of cactus pear for fodder, and with the highest impact from *D. opuntiae*.

In Mexico, the research involved mainly four institutions: Colegio de Postgraduados, Universidad Autónoma Chapingo, Universidad de Guadalajara and Instituto de Investigaciones Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). It is also important to highlight that one of the active work groups is represented by Rodríguez-Leyva, and Lomelí-Flores, from Colegio de Postgraduados, which maintains close collaboration links with the rest of the researchers in Mexico, such as: Vanegas-Rico, Méndez-Gallegos, Mena-Covarrubias, and Portillo. All of them are considered pioneers in the theme and with current permanence, evidencing cooperation between the four institutions in Mexico. Likewise, Rodríguez-Leyva and Lomelí-Flores make up a working team with a considerable number of publications and citations. In addition, they are the researchers that have established, together with Dr. Zvi Mendel and Colegio de Postgraduados, the first international program of classical biological control of *D. opuntiae* in Israel (Mendel et al. 2020); this program seems to evidence success that should be corroborated and disseminated among the rest of the countries of the Mediterranean and the Middle East. This shows that the connection between authors and institutions could generate a greater impact in the resolution of the problem.

In Morocco, the collaboration pattern is constituted by the network of authors of more recent appearance (mainly Bourrahoud, Sbaghi and El Aalaoui) concentrated particularly in two institutions: Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) and the International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA). These maintain a close collaboration network that is reflected in a high number of publications and high visibility, in their scientific production. The group began to publish less than six years ago due to the invasion of *D. opuntiae* in that country (Boharround et al. 2016), due to the social and economic importance of *Opuntia* spp. (Fig. 1.3) The research groups from Brazil and Mexico have remained in force for a longer period, perhaps due to the severity of the damage caused by *D. opuntiae* in those countries and the economic and social importance of *Opuntia* spp.

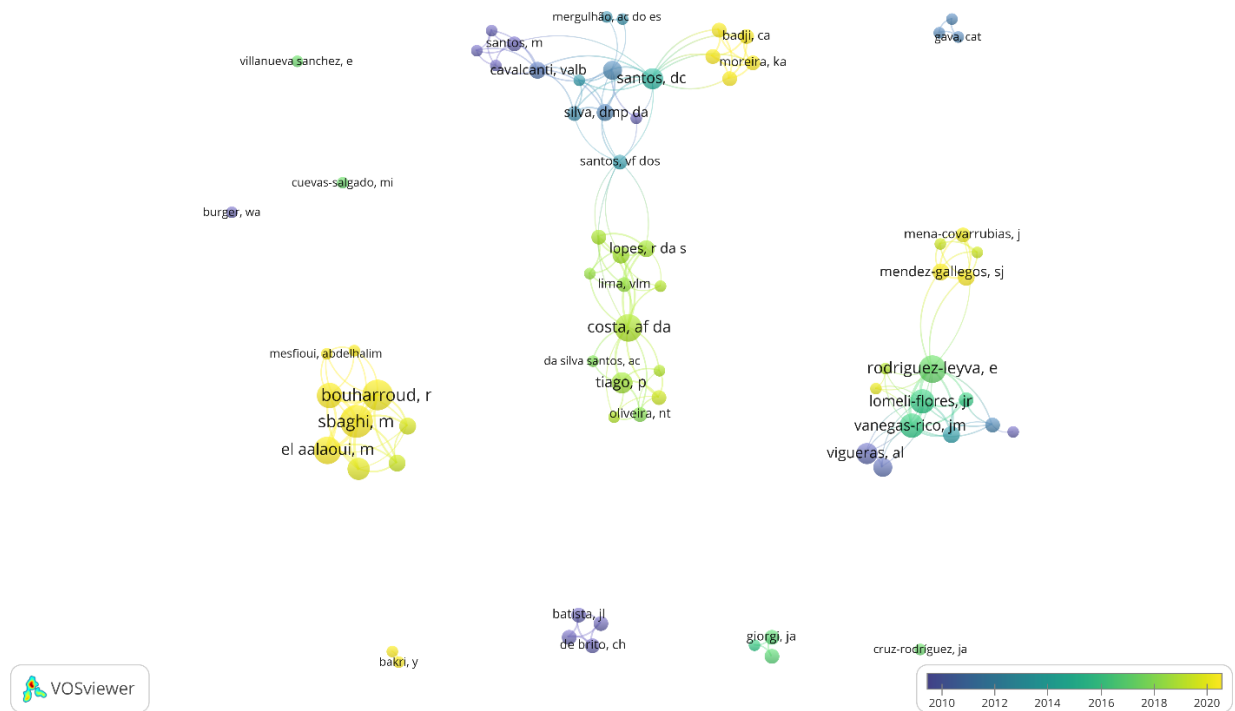


Figure 1.3. Co-authorship and collaboration networks, and their distribution throughout time, which addressed the *Dactylopius opuntiae* control tactics, 1848-2022.

Although a collaboration pattern of working groups between education and research institutions at the national level, which allowed establishing collaboration networks to address this problem and take better advantage of the capacities and infrastructure was found, particularly in Brazil and Mexico, it was observed that there is a reduced rate of international collaboration and of publication in high-impact journals. The most recent example of international collaboration, and apparently the most successful, is the program for classical biological control of *D. opuntiae* between Mexico and Israel (Mendel et al. 2020). This could represent an opportunity area to increase the visibility of countries, institutions, and academic bodies, which would allow taking advantage of synergies, sharing advances and results, not duplicating efforts, and facilitating the development and application of knowledge, in a shorter period. This collaborative work, although incipient, also reflects the interest in the search for joint solutions to this problem.

1.5.6 Most influential authors, and institutions and countries of belonging

Since 1848, 262 researchers have participated in the generation of scientific knowledge related to *D. opuntiae* control tactics, although the high number of articles does not imply a direct relationship with a high rate of citation, or greater visibility, or a high H index (Hirsch, 2005). According to the number of publications, the highest scientific production was concentrated in Morocco, since they produced the highest number of publications, although *D. opuntiae* was found for the first time in 2015. Likewise, four of the ten most productive first authors are from this country. Authors from Brazil and from Mexico also contributed relevantly, both with three authors within the top 10 (Table 1.2). Considering the average number of citations and the H index, the most influential authors in the theme were: Mohamed Sbaghi and Rachid Mustufa Bouharroud, who contributed with 15 and 13 documents, respectively; although they were not the authors who obtained the highest H index (obtained from Research Gate (RG) 23), which was by El Bouhssini, derived from his high number of citations obtained (1948); however, it is important to clarify that not all of his scientific contribution is directly related to the theme at hand.

Table 1.2. Authors with highest production, visibility, countries of origin, and specialization area on *Dactylopius opuntiae* control tactics, 1848-2022.

Author / Country	Documents	Cites (DB/h-index)	Institution	Specialization area
Sbaghi, Mohamed / Morocco	15	1261 (Scopus/12)	Institut National de la Recherche Agronomique	Plant protection
Bouharroud, Rachid / Morocco	13	413 (RG/10)	Institut National de la Recherche Agronomique	Integrated pest management
da Costa Antonio Félix / Brazil	11	188 (Scopus/9)	Instituto Agronómico de Pernambuco	Plant health
Rodríguez-Leyva, Esteban / Mexico	11	608 (RG/14)	Colegio de Postgraduados	Biological Control
El Aalaoui, Mohamed / Morocco	10	109 (GA/4)	Institut National de la Recherche Agronomique	Biological Control
El Bouhssini, Mustapha / Morocco	9	1948 (RG/23)	International Center for Agricultural Research in the Dry Areas	Integrated pest management
Lomelí-Flores, José Refugio / Mexico	8	325 (Scopus/12)	Colegio de Postgraduados	Biological Control
Vanegas-Rico, Juan Manuel / Mexico	8	64 (RG/5)	Colegio de Postgraduados	Integrated pest management
Hilali, Lahoucine / Morocco	7	137 (Scopus/6)	Faculté des Sciences et Techniques Settat.	Biological Control
dos Santos Djalma Cordeiro / Brazil	6	575 (Scopus/14)	Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuaria	Agronomy

RG=Research Gate, GA= Google scholar, DB= Database

Regarding the institutional productivity, the following stood out in scientific production: Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA), and Faculté des Sciences et Techniques Settat (Morocco). For its part, three institutions also participated in Brazil: Instituto Agronómico de Pernambuco, Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuaria (IPA), and Universidad Federal de Pernambuco. Finally, in Mexico, the scientific production was focalized in Colegio de Postgraduados and Universidad de

Guadalajara. This reflected the existence of a reduced number of countries that participated in the study about *D. opuntiae* and it was also concentrated in small groups of researchers, which are the ones that contributed the highest number of publications, showing important scientific leadership.

1.5.7 Most relevant contributions

The number of citations of a publication is an indicator that facilitates understanding the impact, the visibility, and their influence in the theme. Ten articles were identified which received the highest number of citations, according to Google Scholar (Table 1.3). Among the most important publications, the following stood out: Vanegas-Rico et al. (2010) with 96 citations and Vasconcelos et al. (2009) in second place, with 87, both published more than 10 years ago. The oldest go back to 1987 and 1988 and corresponded to V. C. Moran and J. H. Hoffman, and M. Gilreath and J. Smith, respectively. The most recent publication, which has a high frequency of citations, is Mazzeo et al. (2019), with 34. Within the top 10 there are two documents by JM. Vanegas-Rico, related to the natural enemies of *D. opuntiae*, both of which have received a high number of citations, reflecting the importance of biological control of *D. opuntiae*. Mexico and Brazil are the countries which apparently have a higher interest in the theme, and the first of these contributed the highest number of scientific documents. The publications about this theme in Morocco are considered of recent appearance, since 2016, which is why in the future they could have a higher impact and visibility, given the broadness of their application.

Table 1.3. Top 10 of the publications about *Dactylopius opuntiae* control tactics with the highest number of citations, until July 2022.

Authors	Year	Article title	Cites
Vanegas-Rico et al.	2010	Enemigos naturales de <i>Dactylopius opuntiae</i> (Cockerell) en <i>Opuntia ficus-indica</i> (L.) Miller en el centro de México.	96
Vasconcelos et al.	2009	Selection of forage palm clones resistant to carmine cochineal (<i>Dactylopius</i> sp).	87
Gilreath and Smith	1988	Natural Enemies of <i>Dactylopius confusus</i> (Homoptera, Dactylopiidae)—Exclusion and Subsequent Impact on <i>Opuntia</i> (cactaceae).	49
Moran and Hoffman	1987	The effects of simulated and natural rainfall on cochineal insects (Homoptera: Dactylopiidae): colony distribution and survival on cactus cladodes	41
da Silva Santos et al.	2016	Controlling <i>Dactylopius opuntiae</i> with <i>Fusarium incarnatum–equiseti</i> species complex and extracts of <i>Ricinus communis</i> and <i>Poincianella pyramidalis</i>	38
Palacios Mendoza et al.	2004	Efectividad biológica de productos biodegradables para el control de la cochinilla silvestre <i>Dactylopius opuntiae</i> (Cockerell) (Homoptera: Dactylopiidae)	38
Mazzeo et al.	2019	<i>Dactylopius opuntiae</i> , a new prickly pear cactus pest in the Mediterranean: An overview.	34
Vanegas-Rico et al.	2016	Biology and life history of <i>Hyperaspis trifurcata</i> feeding on <i>Dactylopius opuntiae</i> .	29
Vigueras-Guzmán, Cibrían-Tovar, and Pelayo-Ortiz	2009	Use of botanicals extracts to control wild cochineal (<i>Dactylopius opuntiae</i> Cockerell) on cactus pear.	29
Silva et al.	2010	Anatomy of different forage cacti with contrasting insect resistance	28

Three publications that correspond to reviews were also identified in this line-up, which include information about aspects for control of *D. opuntiae*; the first of them is for Brazil (Torres and Giorgi 2018), another one focalized on the threat that the species represents in the Mediterranean basin (Mazzeo et al. 2019), and the most recent on control strategies applied in Morocco (Sabbahi and Hock 2022). In this listing, the absence of publications related with conventional organo-synthetic insecticides stands out; although they are used, they indicate that they would not be the solution, and in addition there is worry over not damaging the environment and health, and the search for sustainability.

1.5.8 Research topics through time (1848-2022)

The analysis of co-occurrence of words in the publications allowed establishing a complete outlook on *D. opuntiae* control tactics, as well as a relationship established between the descriptors. To ease the understanding of Fig. 1.4, the terms recorded with the highest frequency are shown in the largest circles; in the same way, the closeness between the words determine the degree of association, and the lines connecting the words indicate that the terms are related regardless of their closeness or distance. For their part, darker or lighter colors indicate closeness in terms of the time the documents containing them were published throughout the study period. From the 400 terms obtained, 55 were found that they appear at least 5 times, during the period of 1848 to 2022 (Fig. 1.4).

The co-occurrence analysis of words allowed the visualization of the research trends related to the topics of study; this visualization showed that the term that appeared cited most frequently refers precisely to the scientific name of the species, *D. opuntiae*. The next term that had a high frequency was 'biological control', primarily predators and entomopathogens, which indicates the importance of this tactic in insect control in the world; in addition, it is a term that has remained current through time. Other outstanding nodes refer to the countries which have focused on the theme, with USA, Spain and Africa standing out initially, and continuing with Mexico, Brazil, and the most recently countries incorporated to the development of the theme: Morocco and Israel. The latter stand out precisely for being countries where the highest scientific productivity about *D. opuntiae* control has been generated.

products of lower environmental impact. Finally, the visualization showed that the highest correlations between the terms used were recorded between 2017 and 2019. Derived from this, the strategy for pest control could include some of the tools previously mentioned for their control and which is adaptable and replicable in the various regions with this phytosanitary problem.

The research themes with high potential for application could be focalized on the technological development of: new low-toxicity and residual, biodegradable molecules, with low risk for health and the environment, and a greater selectivity to non-target organisms; identification of secondary metabolites with insecticide activity; selection of entomopathogenic strains and natural enemies, according to each environment in particular where cactus pear is cultivated; and improvement and multiplication of clones with resistance to *D. opuntiae*, primarily.

1.6. CONCLUSIONS

The systematic study of scientific production on *D. opuntiae* control tactics was a relevant, appropriate theme and of interest for the international community, evidenced by the increase of publications in the last 12 years. The countries that showed leadership regarding scientific production were Morocco, Brazil and Mexico.

The emerging themes were concentrated in the search and evaluation of biological control agents (predators and entomopathogens), which was the most studied topic; plant resistance also stood out as the tactic that could be most sustainable. After these two, non-conventional chemical control (oils, plant extracts, soaps, and detergents) was the most reported emergent tactic, which agrees with what is mentioned by Sabbahi and Hock (2022) for the case of Morocco.

The analysis of the scientific information allowed us to detect a common control tactic applicable to all the regions that suffer from this problem, since each region presents diverse conditions and the control agents used would not have the expected successful results.

Considering the imminent globalization of knowledge as a priority, promoting collaboration networks between researchers and institutions at the national and international level is an area of opportunity, which facilitates the adoption and validation of management technologies; they could promote and disseminate the scientific development related to *D. opuntiae* control strategies, and which allows taking advantage of synergies, capacities, and resources.

Finally, facing the critical current phytosanitary situation of cactus pear at the international level requires implementing a multidimensional intervention strategy, adaptable and replicable, for the management of *D. opuntiae*, which should consider the productive, social and climate conditions of each region.

The creation of clusters or research consortia, through the intervention of various institutions related to the subject, could facilitate the generation of common control alternatives for *D. opuntiae* in less time and with greater impact, such as the one established in Brazil.

1.7. REFERENCES

- Akroud, H., Sbaghi, M., Bouharroud, R., Koussa, T., Boujghagh, M. y Bouhssini M. 2021. "Antibiosis and Antixenosis Resistance to *Dactylopius opuntiae* (Hemiptera: Dactylopiidae) in Moroccan Cactus Germplasm". *Phytoparasitica* 49(4): 623-31. doi:[10.1007/s12600-021-00897-w](https://doi.org/10.1007/s12600-021-00897-w).
- Barreto-García, Oscar A., Esteban Rodríguez-Leyva, J. Refugio Lomeli-Flores, Juan M. Vanegas-Rico, Ana Lilia Viguera, y Liberato Portillo. 2020. "Laetilia coccidivora Feeding on Two Cochineal Insect Species, Does the Prey Affect the Fitness of the Predator?" *BioControl* 65 (6): 727-36. doi:[10.1007/s10526-020-10047-6](https://doi.org/10.1007/s10526-020-10047-6).
- Borges, L.R., D.C. Santos, V.A.L.B. Cavalcanti, E.W.F. Gomes, HM Falcao, y D.M.P. Da Silva. 2013. "Selection of cactus pear clones regarding resistance to carmine cochineal *Dactylopius opuntiae* (Dactylopiidae)". *Acta Horticulturae* 995 (Query date: 2020-07-24 18:07:25): 359-66. doi:[10.17660/actahortic.2013.995.47](https://doi.org/10.17660/actahortic.2013.995.47).
- Bouharroud, R., A. Amarraque, y R. Qessaoui. 2016. "First report of the Opuntia cochineal scale *Dactylopius opuntiae* (Hemiptera: Dactylopiidae) in Morocco". *EPPO Bulletin* 46 (2): 308-10. doi:[10.1111/epp.12298](https://doi.org/10.1111/epp.12298).
- Bouharroud, R., M. Sbaghi, M. Boujghagh, y M. El Bouhssini. 2018. "Biological Control of the Prickly Pear Cochineal *Dactylopius opuntiae* Cockerell (Hemiptera: Dactylopiidae)". *EPPO Bulletin* 48 (2): 300-306. doi:[10.1111/epp.12471](https://doi.org/10.1111/epp.12471).
- Bufaur, M., y R. Bohamdan. 2020. "First report of the Opuntia cochineal scale *Dactylopius opuntiae* (Cockerell, 1896) in Syria". *Arab Journal of Plant Protection* 38 (1): 59-63. doi:[10.22268/AJPP-38.1.059063](https://doi.org/10.22268/AJPP-38.1.059063).
- Carneiro-Leão, M., P. Tiago, L. Medeiros, A. Félix, y N. Oliveira. 2017. "*Dactylopius opuntiae*: control by the *Fusarium incarnatum–equiseti* species complex and confirmation of mortality by DNA fingerprinting". *Journal of Pest Science* 90 (junio). doi:[10.1007/s10340-017-0841-4](https://doi.org/10.1007/s10340-017-0841-4).
- Castellano, Jessica, María D. Marrero, Zaida Ortega, Francisco Romero, Antonio N. Benitez, y Myriam R. Ventura. 2021. "Opuntia spp. Fibre Characterisation to Obtain Sustainable Materials in the Composites Field". *Polymers* 13 (13). Multidisciplinary Digital Publishing Institute: 2085. doi:[10.3390/polym13132085](https://doi.org/10.3390/polym13132085).
- Chávez-Moreno, C. K., A. Tecante, A. Casas, y L. E. Claps. 2011. "Distribution and Habitat in Mexico of *Dactylopius* Costa (Hemiptera: Dactylopiidae) and Their Cacti Hosts

- (Cactaceae: Opuntioideae)". *Neotropical Entomology* 40 (febrero). Sociedade Entomológica do Brasil: 62-71. doi:[10.1590/S1519-566X2011000100009](https://doi.org/10.1590/S1519-566X2011000100009).
- Cruz-Rodríguez, J.A., E. Gonzalez-Machorro, A.A. Villegas Gonzalez, M.L. Rodríguez Ramírez, y F. Mejía Lara. 2016. "Autonomous Biological Control of *Dactylopius opuntiae* (Hemiptera: Dactylopiidae) in a Prickly Pear Plantation With Ecological Management". *Environmental Entomology* 0 (0): 1-7. doi:[10.1093/ee/nvw023](https://doi.org/10.1093/ee/nvw023).
- Donthu, Naveen, Satish Kumar, Debmalya Mukherjee, Nitesh Pandey, y Weng Marc Lim. 2021. "How to Conduct a Bibliometric Analysis: An Overview and Guidelines". *Journal of Business Research* 133 (septiembre): 285-96. doi:[10.1016/j.jbusres.2021.04.070](https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.04.070).
- Eck, Nees Jan van, y Ludo Waltman. 2011. "Text mining and visualization using VOSviewer". *arXiv:1109.2058 [cs]*, septiembre. <http://arxiv.org/abs/1109.2058>.
- El Aalaoui, Mohamed, Rachid Bouharroud, Mohamed Sbaghi, Mustapha El Bouhssini, Lahoucine Hilali, y Khadija Dari. 2019. "Comparative Toxicity of Different Chemical and Biological Insecticides against the Scale Insect *Dactylopius opuntiae* and Their Side Effects on the Predator *Cryptolaemus montrouzieri*". *Archives of Phytopathology and Plant Protection* 52 (1-2): 155-69. doi:[10.1080/03235408.2019.1589909](https://doi.org/10.1080/03235408.2019.1589909).
- El Aalaoui, Mohamed, Fouad Mokri, Abdelfattah A. Dababat, Rachid Lahlali, y Mohamed Sbaghi. 2022. "Moroccan Entomopathogenic Nematodes as Potential Biocontrol Agents against *Dactylopius opuntiae* (Hemiptera: Dactylopiidae)". *Scientific Reports* 12 (1). Nature Publishing Group: 7590. doi:[10.1038/s41598-022-11709-4](https://doi.org/10.1038/s41598-022-11709-4).
- El Aalaoui, Mohamed, y Mohamed Sbaghi. 2021. "Evaluation of Trapping Systems for Cactus Mealybug on Prickly Pear in Greenhouses". *Arthropod Management Tests* 46 (1): tsab139. doi:[10.1093/amt/tsab139](https://doi.org/10.1093/amt/tsab139).
- El Aalaoui, Mohamed, Mohamed Sbaghi, Rachid Bouharroud, Mustapha El Bouhssini, y Lahoucine Hilali. 2021. "Hyperpredation of Local Adults Ladybirds on the Eggs of *Cryptolaemus montrouzieri* a Potential Predator of Carmine Cactus Cochineal *Dactylopius Opuntiae* in Morocco". *International Journal of Tropical Insect Science* 41 (2): 1011-16. doi:[10.1007/s42690-020-00282-w](https://doi.org/10.1007/s42690-020-00282-w).
- El Bouhissi, M., M. Ghefar, S. E. Sadine, y M. Gachi. 2022. "Note sur la présence de *Dactylopius opuntiae* (Cockerell, 1896) sur le figuier de Barbarie en Algérie (Hemiptera: Dactylopiidae)". *Database* 12 (1): 1-6.
- Garfield, Eugene. 2006. "The History and Meaning of the Journal Impact Factor". *JAMA* 295 (1): 90-93. doi:[10.1001/jama.295.1.90](https://doi.org/10.1001/jama.295.1.90).

- Gilreath, Me, y J.W. Smith. 1988. "Natural Enemies of *Dactylopius confusus* (Homoptera, Dactylopiidae) - Exclusion and Subsequent Impact on *Opuntia* (Cactaceae)". *Environmental Entomology* 17 (4): 730-38. doi:[10.1093/ee/17.4.730](https://doi.org/10.1093/ee/17.4.730).
- Githure, C.W., H.G. Zimmermann, y J.H. Hoffmann. 1999. "Host specificity of biotypes of *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) (Hemiptera: Dactylopiidae): prospects for biological control of *Opuntia stricta* (Haworth) Haworth (Cactaceae) in Africa". *African Entomology* 7 (1). 43-48. doi:[10.10520/AJA10213589_387](https://doi.org/10.10520/AJA10213589_387).
- Gonçalves Diniz, Athaline, Luiz Felipe Silva Barbosa, Ana Carla da Silva Santos, Neiva Tinti de Oliveira, Antonio Félix da Costa, Mariele Porto Carneiro-Leão, y Patricia Vieira Tiago. 2020. "Bio-Insecticide Effect of Isolates of *Fusarium Caatingaense* (Sordariomycetes: Hypocreales) Combined to Botanical Extracts against *Dactylopius opuntiae* (Hemiptera: Dactylopiidae)". *Biocontrol Science and Technology* 30 (4): 384-95. doi:[10.1080/09583157.2020.1720601](https://doi.org/10.1080/09583157.2020.1720601).
- Griffith, M. Patrick. 2004. "The Origins of an Important Cactus Crop, *Opuntia ficus-indica* (Cactaceae): New Molecular Evidence". *American Journal of Botany* 91 (11): 1915-21. doi:[10.3732/ajb.91.11.1915](https://doi.org/10.3732/ajb.91.11.1915).
- Hernández-Pérez, Ricardo, Guadalupe Bravo-Silva, José Martínez-Martínez, Álvaro González González-Hernández, y Teresa de Jesús Ramírez-Pedraza. 2019. "Evaluación de la efectividad biológica de bioinsecticida para el control de cochinilla silvestre (*Dactylopius opuntiae* Cockerell), en nopal (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.), en Totolapan, Morelos, México". *Revista Chilena de Entomología* 45 (1). <https://www.biotaxa.org/rce/article/view/46594>.
- Hirsch, J. E. 2005. "An index to quantify an individual's scientific research output". *Proceedings of the National Academy of Sciences* 102 (46). Proceedings of the National Academy of Sciences: 16569-72. doi:[10.1073/pnas.0507655102](https://doi.org/10.1073/pnas.0507655102).
- Hoffmann, J. H., F. a. C. Impson, y C. R. Volchansky. 2002. "Biological Control of Cactus Weeds: Implications of Hybridization between Control Agent Biotypes". *Journal of Applied Ecology* 39 (6): 900-908. doi:[10.1046/j.1365-2664.2002.00766.x](https://doi.org/10.1046/j.1365-2664.2002.00766.x).
- Katbeh Bader, Ahmad M, y Asem H. Abuh-Alloush. 2019. "First Record of the Cochineal Scale Insect, *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) (Hemiptera: Dactylopiidae), in Jordan". *Jordan Journal of Biological Sciences* 12 (2): 155-119. <http://www.ijbs.hu.edu.jo/files/vol12/n2/Paper%20number%205.pdf>
- Lopes, R. S., L. G. Oliveira, A. F. Costa, M. T. S. Correia, E. a. L. A. Lima, y V. L. M. Lima. 2018. "Efficacy of *Libidibia ferrea* Var. *ferrea* and *Agave sisalana* Extracts against *Dactylopius*

- opuntiae* (Hemiptera: Coccoidea).” *Journal of Agricultural Science (Toronto)* 10 (4): 255-67. doi:[10.5539/jas.v10n4p255](https://doi.org/10.5539/jas.v10n4p255)
- López-Rodríguez, Patricia E., Gildardo Aquino-Pérez, Francisco J. Morales-Flores, Jaime Mena-Covarrubias, Esteban Rodríguez-Leyva, y Santiago de Jesús Méndez-Gallegos. 2021. “Non-conventional products as an alternative to control *Dactylopius opuntiae* Cockerell (Hemiptera: dactylopiidae)”. *Revista Fitotecnia Mexicana* 44 (3): 417-24. doi:[10.35196/rfm.2021.3.417](https://doi.org/10.35196/rfm.2021.3.417)
- Macêdo, Helenize Carlos de, Josandra Araújo Barreto de Melo, y Rogério Barbosa Bezerra. 2014. “Territory, public policies and rural development in the municipality of Caturité, PB”. *GeoTextos* 10 (2). doi:[10.9771/1984-5537geo.v10i2.9285](https://doi.org/10.9771/1984-5537geo.v10i2.9285).
- Matos, Thiago Kelvin, Jhonyson Guedes, Elenilson Alves Filho, Licia Luz, Gisele Simone Lopes, Ronaldo do Nascimento, João de Sousa, et al. 2021. “Integrated UPLC-HRMS, Chemometric Tools, and Metabolomic Analysis of Forage Palm (*Opuntia* spp. and *Nopalea* spp.) to Define Biomarkers Associated with Non-Susceptibility to Carmine Cochineal (*Dactylopius opuntiae*)”. *Journal of the Brazilian Chemical Society*. doi:[10.21577/0103-5053.20210060](https://doi.org/10.21577/0103-5053.20210060).
- Mazzeo, Gaetana, Salvatore Nucifora, Agatino Russo, y Pompeo Suma. 2019. “*Dactylopius opuntiae*, a New Prickly Pear Cactus Pest in the Mediterranean: An Overview”. *Entomologia Experimentalis Et Applicata* 167 (1): 59-72. doi:[10.1111/eea.12756](https://doi.org/10.1111/eea.12756).
- Mendel, Zvi, Alexei Protasov, Juan M. Vanegas-Rico, J. Refugio Lomeli-Flores, Pompeo Suma, y Esteban Rodríguez-Leyva. 2020. “Classical and Fortuitous Biological Control of the Prickly Pear Cochineal, *Dactylopius opuntiae*, in Israel”. *Biological Control* 142 (marzo): 104157. doi:[10.1016/j.biocontrol.2019.104157](https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2019.104157).
- Méndez-Gallegos, Santiago de Jesús, y Ángel Bravo-Vinaja. 2022. “*Dactylopius opuntiae* Cockerell (Hemiptera: Dactylopiidae), an Emerging Global Threat for *Opuntia* spp: A Bibliometric Analysis”. *Journal of the Professional Association for Cactus Development* 24 (agosto): 111-38. doi:[10.56890/jpacd.v24i.487](https://doi.org/10.56890/jpacd.v24i.487).
- Moral-Muñoz, José A., Enrique Herrera-Viedma, Antonio Santisteban-Espejo, y Manuel J. Cobo. 2020. “Software Tools for Conducting Bibliometric Analysis in Science: An up-to-Date Review”. *Profesional de La Información* 29 (1). doi:[10.3145/epi.2020.ene.03](https://doi.org/10.3145/epi.2020.ene.03).
- Moran, V. C., y J. H. Hoffmann. 1987. “The Effects of Simulated and Natural Rainfall on Cochineal Insects (Homoptera: Dactylopiidae): Colony Distribution and Survival on Cactus Cladodes”. *Ecological Entomology* 12 (1): 61-68. doi:[10.1111/j.1365-2311.1987.tb00985.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2311.1987.tb00985.x).

- Moussa, Zinette, Dany Yammouni, y Dany Azar. 2017. *Dactylopius opuntiae* (Cockerell, 1896), a New Invasive Pest of the Cactus Plants *Opuntia Ficus-Indica* in the South of Lebanon (Hemiptera, Coccoidea, Dactylopiidae). *Bulletin de La Société Entomologique de France* 122 (2). Persée - Portail des revues scientifiques en SHS: 173-78. doi:[10.3406/bsef.2017.3194](https://doi.org/10.3406/bsef.2017.3194).
- Oliveira, L. G., Rosineide S. Lopes, Venézio Felipe dos Santos, Elza Aurea Luna-Alves Lima, Elizabeth A. A. Maranhão, y Antonio F. da Costa. 2019. "Efficacy of Biocontrol Agents *Beauveria Bassiana* and Plant Extracts on *Dactylopius opuntiae* Cockerell (Hemiptera: Dactylopiidae)". *Journal of Agricultural Science* 12 (1): p171. doi:[10.5539/jas.v12n1p171](https://doi.org/10.5539/jas.v12n1p171).
- Orjuela-Garzón, William Alejandro, Wilson Arlen Araque-Echeverry, y Rafael Angel Cabrera-Pedraza. 2020. "Identificación de tecnologías y métodos para la detección temprana del Huanglongbing (HLB) a través de ciencia y tecnología en artículos científicos y patentes: una revisión". *Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 21 (2): 1-24. doi:[10.21930/rcta.vol21_num2_art:1208](https://doi.org/10.21930/rcta.vol21_num2_art:1208).
- Palacios Mendoza, Celina, Ramón Nieto-Hernández, Celina Llanderal-Cázares, y Héctor González-Hernández. 2004. "Efectividad biológica de productos biodegradables para el control de la cochinilla silvestre *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) (Homoptera: Dactylopiidae)". *Acta zoológica mexicana*, enero. <https://www.scienceopen.com/document?vid=a119afb4-8276-4df6-aa99-76d4d3092ccd>.
- Pérez-Ramírez, Adriana, Federico Castrejón-Ayala, y Alfredo Jiménez-Pérez. 2014. "Potential of Terpenoids and Mealybug Extract to Deter the Establishment of *Dactylopius opuntiae* (Hemiptera: Dactylopiidae) Crawlers on *Opuntia ficus-indica*". *The Florida Entomologist* 97 (1). Florida Entomological Society: 269-71. <https://www.jstor.org/stable/24362465>
- Pretorius, MW, y H Van Ark. 1992. "Further Insecticide Trials for the Control of *Cactoblastis cactorum* (Lepidoptera: Pyralidae) as Well as *Dactylopius opuntiae* (Hemiptera: Dactylopiidae) on Spineless Cactus". *Phytophylactica* 24: 229-33. https://journals.co.za/doi/pdf/10.10520/AJA03701263_1471
- Pritchard, Alan. 1969. "Statistical bibliography or bibliometrics?" *Journal of Documentation* 25 (4). MCB UP Ltd: 348-49. doi:[10.1108/eb026482](https://doi.org/10.1108/eb026482).
- Raan, Anthony F J van. 1993. "Advanced bibliometric methods to assess research performance and scientific development: basic principles and recent practical applications". *Research Evaluation* 3 (3): 151-66. doi:[10.1093/rev/3.3.151](https://doi.org/10.1093/rev/3.3.151).

- Rajna, S., K. Praveen, M. Laneesha, y S. S. Kelageri. 2021. "Recent trends in insecticide resistance research on whiteflies (Hemiptera: Aleyrodidae): a bibliometric profile". *Current Science* 120 (9): 1433. doi:[10.18520/cs/v120/i9/1433-1440](https://doi.org/10.18520/cs/v120/i9/1433-1440).
- Ramdani, Chaimae, Karim El Fakhouri, Mohamed Sbaghi, Rachid Bouharroud, Rachid Boulamtat, Abderrahim Aasfar, Abdelhalim Mesfioui, y Mustapha El Bouhssini. 2021. "Chemical Composition and Insecticidal Potential of Six Essential Oils from Morocco against *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) under Field and Laboratory Conditions". *Insects* 12 (11): 1007. doi:[10.3390/insects12111007](https://doi.org/10.3390/insects12111007).
- Ramírez-Sánchez, Carlos Jesús, Francisco Javier Morales-Flores, Raquel Alatorre-Rosas, Jaime Mena-Covarrubias, y Santiago de Jesús Méndez-Gallegos. 2019. "Efectividad de hongos entomopatógenos sobre la mortalidad de *Dactylopius opuntiae* (Hemiptera: Dactylopiidae) en condiciones de laboratorio". *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 10 (22): 1-14. doi:[10.29312/remexca.v0i22.1854](https://doi.org/10.29312/remexca.v0i22.1854).
- Sabbahi, Rachid, y Virginia Hock. 2022. "Control of the Prickly Pear Cochineal, *Dactylopius opuntiae* (Cockerell), in Morocco: An Overview". *Journal of Plant Diseases and Protection* 129 (6): 1323-30. doi:[10.1007/s41348-022-00655-y](https://doi.org/10.1007/s41348-022-00655-y).
- Salustino, Angélica da Silva, Wilma Freitas Celedônio, Manoel Cícero de Oliveira Filho, Demichaelmax Sales de Melo, Josué José da Silva, y Carlos Henrique de Brito. 2021. "Biological Control of Fruit Flies: Bibliometric Analysis on the Main Biocontrol Agents". *Research, Society and Development* 10 (1): e22510111245-e22510111245. doi:[10.33448/rsd-v10i1.11245](https://doi.org/10.33448/rsd-v10i1.11245).
- Sbaghi, M., R. Bouharroud, M. Boujghagh, y M.E.L. Bouhssini. 2019. "Sources of resistance to *Opuntia* spp. against the carmine cochineal, *Dactylopius opuntiae*, in Morocco". *EPPO Bulletin* 49 (3): 585-92. doi:[10.1111/epp.12606](https://doi.org/10.1111/epp.12606).
- Silva, D.M. Passos Da, L.M. Houllou-Kido, D. Cordeiro Dos Santos, R. Gonçalves Ferreira, V. Felipe Dos Santos, W. Melo Ferreira, M. Silva De Lima, H. Marinho Falcão, y F. De Sena Tabosa. 2009. "Resistance of in vitro grown forage cactus clones to *Dactylopius opuntiae* (Hemiptera: Dactylopiidae)". *Acta Horticulturae* 811 (Query date: 2020-07-24 18:07:25): 299-302. doi:[10.17660/ActaHortic.2009.811.40](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2009.811.40).
- Silva, Mafalda Alexandra, Tânia Gonçalves Albuquerque, Paula Pereira, Renata Ramalho, Filipa Vicente, Maria Beatriz P. P. Oliveira, y Helena S. Costa. 2021. "*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.: A Multi-Benefit Potential to Be Exploited". *Molecules* 26 (4). Multidisciplinary Digital Publishing Institute: 951. doi:[10.3390/molecules26040951](https://doi.org/10.3390/molecules26040951).

- Silva, Marta Gerusa Soares da, José Carlos Batista Dubeux, Liz Carolina da Silva Lagos Cortes Assis, Diógenes Luis Mota, Luiz Lúcio Soares da Silva, Mércia Virginia Ferreira dos Santos, y Djalma Cordeiro dos Santos. 2010. "Anatomy of Different Forage Cacti with Contrasting Insect Resistance". *Journal of Arid Environments* 74 (6): 718-22. doi:[10.1016/j.jaridenv.2009.11.003](https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2009.11.003).
- Silva Santos, Ana Carla da, Rafael Leão Soares Oliveira, Antonio Félix da Costa, Patricia Vieira Tiago, y Neiva Tinti de Oliveira. 2016. "Controlling *Dactylopius opuntiae* with *Fusarium Incarnatum-Equiseti* Species Complex and Extracts of *Ricinus communis* and *Poincianella pyramidalis*". *Journal of Pest Science* 89 (2): 539-47. doi:[10.1007/s10340-015-0689-4](https://doi.org/10.1007/s10340-015-0689-4).
- Spodek, Malkie, Yair Ben-Dov, Alex Protasov, Carlos Jorge Carvalho, y Zvi Mendel. 2014. "First Record of *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) (Hemiptera: Coccoidea: Dactylopiidae) from Israel". *Phytoparasitica* 42 (3): 377-79. doi:[10.1007/s12600-013-0373-2](https://doi.org/10.1007/s12600-013-0373-2).
- Stopar, Karmen, Stanislav Trdan, y Tomaž Bartol. 2021. "Thrips and Natural Enemies through Text Data Mining and Visualization". *Plant Protection Science* 57 (1). Plant Protection Science: 47-58. doi:[10.17221/34/2020-PPS](https://doi.org/10.17221/34/2020-PPS).
- Torres, Jorge Braz, y Jose Adriano Giorgi. 2018. "Management of the False Carmine Cochineal *Dactylopius opuntiae* (Cockerell): Perspective from Pernambuco State, Brazil". *Phytoparasitica* 46 (3): 331-40. doi:[10.1007/s12600-018-0664-8](https://doi.org/10.1007/s12600-018-0664-8).
- Ülgentürk, S., Hocaali, S. Ş. 2019. "Pest Status of *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) (Hemiptera: Dactylopiidae) and New Records of Scale Insects from Northern Turkish Republic of Cyprus." *Munis Entomology & Zoology* 14 (1): 294-300.
- van Eck NJ, Waltman L. 2007. "VOS: A New Method for Visualizing Similarities Between Objects. *In: Advances in Data Analysis. Studies in Classification, Data Analysis, and Knowledge Organization*". Decker R, Lenz HJ (eds); Springer: Berlin, Heidelberg; pp: 299–306. doi: [10.1007/978-3-540-70981-7_34](https://doi.org/10.1007/978-3-540-70981-7_34)
- Van Raan, A. F. 1993. "Advanced bibliometric methods to assess research performance and scientific development: basic principles and recent practical applications". *Research Evaluation*, 3(3):151-166. doi: [10.1093/rev/3.3.151](https://doi.org/10.1093/rev/3.3.151)
- Vanegas-Rico, J. M., J. R. Lomeli-Flores, E. Rodriguez-Leyva, y G. Mora-Aguilera. 2010. "Natural enemies of *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) on *Opuntia ficus indica* (L.) Miller in Central Mexico". *Acta zoologica mexicana* 26 (2): 415. doi: [10.21829/azm.2010.262718](https://doi.org/10.21829/azm.2010.262718)
- Vanegas-Rico, J. M., Esteban Rodríguez-Leyva, J. Refugio Lomeli-Flores, Héctor González-Hernández, Alejandro Pérez-Panduro, y Gustavo Mora-Aguilera. 2016. "Biology and Life

- History of *Hyperaspis trifurcata* Feeding on *Dactylopius opuntiae*". *BioControl* 61 (6): 691-701. doi:[10.1007/s10526-016-9753-0](https://doi.org/10.1007/s10526-016-9753-0).
- Vanegas-Rico, Juan M., J. Refugio Lomeli-Flores, Esteban Rodríguez-Leyva, Alejandro Pérez-Panduro, Héctor González-Hernández, y Antonio Marín-Jarillo. 2015. "*Hyperaspis trifurcata* (Coleoptera: Coccinellidae) and its parasitoids in Central Mexico". *Revista Colombiana de Entomología* 41 (2): 194-99. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S012004882015000200008
- Vasconcelos, Andréa Guimarães Vieira de, Mario de Andrade Lira, Vanildo Leal Bezerra Cavalcanti, Mércia Virginia Ferreira dos Santos, y Lilia Willadino. 2009. "Selection of forage palm clones resistant to carmine cochineal (*Dactylopius* sp)". *Revista Brasileira de Zootecnia* 38 (5): 827-31. doi:[10.1590/S1516-35982009000500007](https://doi.org/10.1590/S1516-35982009000500007).
- Velez, Alencar Bruno Augusto , Athaline Goncalves Diniz, Luiz Felipe Silva Barbosa, Ana Carla da Silva Santos, Antonio Felix da Costa, y Patricia Vieira Tiago. 2019. "Potential of *Fusarium Incarnatum-Equiseti* Species Complex Isolates with *Chenopodium Ambrosioides* and *Enterolobium Contortisiliquum* Extracts to Control *Dactylopius opuntiae*". *International Journal of Tropical Insect Science* 39 (2): 131-38. doi:[10.1007/s42690-019-00014-9](https://doi.org/10.1007/s42690-019-00014-9).
- Vicidomini, C., Roviello, V., & Roviello, G. N. (2021)." In silico investigation on the interaction of chiral phytochemicals from *Opuntia ficus-indica* with SARS-CoV-2 Mpro". *Symmetry*, 13(6): 1041. doi:[10.3390/sym13061041](https://doi.org/10.3390/sym13061041)
- Viguerras-Guzmán, Ana Lilia, Juan Cibrían-Tovar, y Carlos Pelayo-Ortiz. 2009. "Use of botanicals extracts to control wild cochineal (*Dactylopius opuntiae* Cockerell) on cactus pear". *Acta Horticulturae*, n.º 811 (febrero): 229-34. doi:[10.17660/ActaHortic.2009.811.28](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2009.811.28).
- Zeitoun, Rawan, Salem Hayar, Liliane Majed, Khaled El-Omari, y Sylvie Dousset. 2020. "Comparison of the Efficacy of Two Insecticides for the Management of *Dactylopius opuntiae* on Prickly Pear Cactus in Lebanon and Monitoring of the Insecticides Residues Dissipation Rates in Fruits and Cladodes". *Sn Applied Sciences* 2 (1): 118. doi:[10.1007/s42452-019-1910-5](https://doi.org/10.1007/s42452-019-1910-5).
- Ziljstra, Hans, y Rachel McCollough. 2016. "CiteScore: A New Metric to Help You Choose the Right Journal". *Authors' Update*. <https://www.elsevier.com/connect/authors-update/citescore-a-new-metric-to-help-you-choose-the-right-journal>.
- Zimmermann, H. G., y V. C. Moran. 1982. "Ecology and Management of Cactus Weeds in South Africa." *South African Journal of Science* 78: 314-20. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19850523682>

CAPÍTULO 2: Composición proximal y estructura de la cubierta protectora de *Dactylopius opuntiae* Cockerell (Hemiptera: Dactylopiidae)

2.1. RESUMEN

Objetivo

Se realizó un análisis químico proximal para determinar la concentración de los principales componentes y el perfil de ácidos grasos del extracto etéreo de cuerpos de hembras adultas de *Dactylopius opuntiae* Cockerell (Hemiptera: Dactylopiidae), así como caracterizar la estructura de su cubierta protectora.

Metodología

El análisis composicional se realizó con las técnicas de la Association of Official Analytical Chemists (AOAC, por sus siglas en inglés) de 1995, mientras que el análisis de los ácidos grasos como ésteres de metilo se realizó por cromatografía de gases acoplado a un espectrómetro de masas. Las microfotografías de la capa protectora de *D. opuntiae* se obtuvieron con microscopía de luz y microscopía electrónica de barrido.

Resultados

Los resultados obtenidos mostraron que *D. opuntiae* tiene una concentración importante de proteínas (26.75 %) y cenizas (22.66 %); respecto a la cera presenta 10.90 %, grasas 4.72 %, ácido carmínico 3.79 % y el 7.27 % de humedad. Con el perfil de ácidos grasos se determinaron 31 compuestos en los cuerpos de las hembras, predominando los ácidos grasos saturados, y el ácido mirístico resultó el compuesto en mayor proporción. Es importante destacar que se detectó la presencia de ácido linoleico, el cual es un ácido graso esencial para el humano. La capa protectora que cubre la totalidad del cuerpo de la hembra de *D. opuntiae* incluye tres tipos de microestructuras: filamentos elásticos, setas tubulares y material pulverulento.

Conclusiones

Estos resultados representan un primer acercamiento al conocimiento de *D. opuntiae* para tener una mejor comprensión acerca de su composición química, y de la estructura y distribución de su cubierta protectora que, con más investigación, podría contribuir a mejorar alguna propuesta de control.

Palabras clave: Cochinilla silvestre, composición química, control, ácidos grasos.

2.2. ABSTRACT

Objective

A proximal chemical analysis was performed to determine the concentration of the main components and the fatty acid profile of adult female bodies of *Dactylopius opuntiae* Cockerell (Hemiptera: Dactylopiidae), as well as the characterization of the structure of its protective covering.

Methodology

The compositional analysis was determined using the techniques of the Association of Official Analytical Chemists (AOAC) of 1995, while the fatty acid profile was obtained through gas chromatography coupled with a mass spectrometer. Microphotographs of the protective layer of *D. opuntiae* were obtained using light microscopy and scanning electron microscopy.

Results

The results of this study showed that *D. opuntiae* has a significant concentration of proteins (26.75 %) and ashes (22.66 %), with 10.90% of wax, 4.72 % of fats, 3.78 % carminic acid and 7.27 % of moisture. The fatty acid profile showed the presence of 31 compounds in the female bodies, with saturated fatty acids predominating, particularly myristic acid as the most abundant compound. It is important to highlight the presence of linoleic acid, which is an essential fatty acid for humans. The protective layer covering the entire body of *D. opuntiae* includes three types of microstructures: elastic filaments, tubules, and powdery material.

Conclusions

These results provide a first approach to understanding *D. opuntiae* chemical composition, as well as the structure and distribution of its protective covering, which, with more research, could contribute to improve some proposal for its control.

Keywords: wild cochineal, chemical composition, control, fatty acids.

2.3. INTRODUCCIÓN

De las 11 especies de *Dactylopius* (Hemiptera: Coccoomorpha: Dactylopiidae) reconocidas en el mundo (Ramírez-Cruz et al. 2020), *D. opuntiae* Cockerell es considerada una plaga primaria y el principal enemigo fitosanitario de *Opuntia* spp. (Caryophyllales: Cactaceae). De acuerdo con Mazzeo et al. (2019), *D. opuntiae* se encuentra presente en más de 20 países, con presencia en los cinco continentes. Para implementar una táctica de control de una plaga es indispensable, primero, reconocer la biología, ecología y comportamiento, y tener una completa caracterización del enemigo a controlar. Sin embargo, de acuerdo con Méndez-Gallegos & Bravo-Vinaja (2022), esta caracterización de *D. opuntiae* se encontró en baja proporción; sólo 1.5 y 3.6 % de los trabajos de investigación realizados abordaron la caracterización de la plaga y aspectos biológicos, respectivamente.

Ramos et al. (2012) indicaron que el estudio de la composición química en insectos permite conocer la proporción de los elementos y macromoléculas, se infiere su calidad nutritiva, y además se establecen las bases para un mayor conocimiento y valoración de los mismos. Sobre este aspecto en particular, hasta el momento no se han realizado estudios sobre la composición de *D. opuntiae*. Dado su valor e interés comercial *D. coccus* ha sido la especie más estudiada. Sobre ésta se han realizado diversos análisis proximales tales como los reportados por López (2000), Centeno (2003) y Reyes (2017). En éstos se encontró alta variación en la composición, destacando la presencia de proteínas (32 y 37 %), grasas (1.6 a 14 %), cenizas (3 a 14 %), fibra cruda (1.5 a 9.3 %), extracto libre de nitrógeno (1.5 a 9.3 %) y ceras (2 a 3 %). Asimismo, Zheng et al. (2008) concluyeron que *D. coccus* y *D. confusus* contienen proteínas, sacáridos y elementos metálicos como hierro, zinc, cobre y manganeso. De manera general, las especies del género *Dactylopius* estudiadas, particularmente *D. coccus*, mostraron un alto contenido proteínico, superior al 30 %, por lo que los residuos podrían ser considerados de interés para emplearse como complemento alimenticio en dietas para pollos de carne (Quijano y Vergara 2007) en la elaboración de alimentos balanceados para vacunos (Reyes 2017) e incluso como materia prima en la obtención de harinas para consumo humano (Trujillo 2022). Finalmente, es importante resaltar que los datos reportados no siempre

especifican si se trató de valores expresados en base seca o en base húmeda, lo que implica diferencias marcadas en los valores (Centeno 2003).

Por otro lado, en la estrategia de supervivencia que ha favorecido la expansión de *D. opuntiae*, destaca que el cuerpo de las hembras se encuentra protegido por una secreción serosa (Foldi 1991), la cual actúa como barrera mecánica contra factores climáticos adversos, protegiéndolo de la humedad y desecación, y enemigos naturales, reduciendo además la eficiencia de la aplicación de insecticidas (Meinwald et al. 1975; Foldi 1991; Tamaki 1997; Moss et al. 2006; Ulusoy et al. 2022). En adición, al igual que otras escamas, esta capa protectora resulta vital para sus funciones biológicas, ante su inmovilidad en algunas etapas de su desarrollo (Foldi & Pearce 1985). No obstante, pocas secreciones de insectos han sido estudiadas a detalle químicamente (Meinwald et al., 1975), por lo que la caracterización de la estructura morfológica de la cera puede ser de gran utilidad (Miller & Kosztarab 1979).

Considerando que no existen estudios previos relacionados a la composición química proximal, ni sobre las características y estructura de la cubierta protectora de *D. opuntiae*, la información generada podría ser relevante para tener una mejor comprensión sobre la presencia de compuestos con alto valor agregado, así como sentar las bases para mejorar la efectividad de las tácticas de control. Derivado de lo anterior, este trabajo tuvo como objetivo analizar los principales constituyentes químicos, determinar el perfil de ácidos grasos y caracterizar la estructura de la capa protectora de hembras adultas de *D. opuntiae*.

2.4. MATERIALES Y MÉTODOS

2.4.1. Sitio de estudio

La investigación se realizó en condiciones de invernadero y de laboratorio, durante el periodo comprendido de enero 2022 a julio de 2023. La fase de invernadero se llevó a cabo en las instalaciones del Colegio de Postgraduados, *Campus* San Luis Potosí, situado en Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México. La etapa de laboratorio se completó en el laboratorio de síntesis orgánica y análisis bromatológicos de la Facultad de Ciencias Químicas, de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí y en las instalaciones de la división de materiales avanzados del Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica (IPICYT).

2.4.2. Obtención y propagación de colonias de *D. opuntiae*

El pie de cría inicial de *D. opuntiae*, se recolectó durante el mes de febrero de 2022, de una plantación de nopal cultivar rojo-pelón *Opuntia ficus-indica* L. (Mill.), ubicada en las instalaciones de “La Huerta”, perteneciente al Colegio de Postgraduados *Campus* San Luis Potosí, a los 22° 37'55.66" N y 101° 42'42.96" O, y a una altitud de 2,078 m. Para ello, se seleccionaron cladodios adultos infestados de *D. opuntiae*, en al menos 25% de su superficie de ambos lados del cladodio.

Los cladodios infestados se trasladaron a un invernadero de cristal, donde se mantuvieron hasta el inicio de su reproducción. Una vez que las hembras adultas de esta colonia comenzaron a reproducirse, se llevó a cabo el proceso de infestación; para ello, se emplearon cladodios individuales adultos del mismo cultivar, empleando el método propuesto por López-Rodríguez et al. (2018). Los cladodios ya infestados se colocaron en cajones de madera de 1.10 m de ancho y 1.50 m de largo (Fig. 2.1). Una vez que las hembras de *D. opuntiae* llegaron al estado adulto, manualmente mediante un cepillo de cerdas suaves, se cosecharon 250 g de muestra para su posterior análisis. En el invernadero se registraron 26.7 °C y 43.7% de humedad relativa (HOBO Pro v2 temp/RH onset, USA).



Figura 2. 1. Proceso de infestación de cladodios de nopal con *Dactylopius opuntiae*, para obtención de muestra.

2.4.3 Caracterización química de *D. opuntiae*

2.4.3.1. Cuantificación de ácido carmínico

Para la extracción de ácido carmínico se utilizó 0.84 g de muestra de *D. opuntiae*, siguiendo la metodología descrita por Borges et al. (2012). La muestra se filtró previo a su análisis con membrana PVDF (13 mm x 0.45 μ m). Para la cuantificación del ácido carmínico se determinó por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC); se utilizó un controlador de flujo Waters 600 controller, un sistema de bombas Waters 600 pump y un detector Waters 2996 (detector de arreglo de diodos) (Waters Corporation, EE.UU.). Se utilizó un volumen de inyección de 10 μ L con una fase móvil isocrática de ácido acético y metanol en una proporción de 60:40 (pH 2.87), con un flujo de 1 mL/min en una columna YMC-Pack pro C18 (4.6 x 250 mm) a una temperatura de 40 °C y una longitud de 190-600 nm. Para determinar la cantidad y concentración se utilizó una curva de calibración con ácido carmínico y alopurinol como compuesto de referencia interno a cinco concentraciones (1000, 750, 500, 250 y 125 ppm) (Nishizaki et al., 2018)

2.4.3.2. Análisis proximal de *D. opuntiae*

La caracterización química proximal de *D. opuntiae* incluyó las determinaciones de contenido (%) de humedad, cenizas, extracto etéreo, cera, proteínas y carbohidratos, utilizando las técnicas de Association of Official Analytical Chemists (AOAC 1995). Para el análisis proximal se utilizó una muestra de 54 g del cuerpo completo de hembras de

D. opuntiae. La muestra colectada previamente se deshidrató en una estufa de secado Lab-Line 3511 L-C Oven® (Iowa, EE.UU.) a 40 °C; posteriormente, se molió con ayuda de un extractor Nutribullet® (Ca, EE. UU.) hasta obtener muestras homogéneas en polvo. El contenido de humedad se realizó con el método AOAC 925.45 utilizando 2 g de muestra de *D. opuntiae*, en una estufa de secado a 110 °C por 24 h. El contenido de cenizas se determinó con 5 g siguiendo la metodología AOAC 900.02. Para determinar el contenido de grasa, de la muestra se obtuvo un extracto etéreo a partir de 1 g en 45 mL de éter etílico grado reactivo (Kara®, México, Guanajuato) mediante la técnica AOAC 963.15, por extracción con Soxhlet. La determinación de cera se realizó por medio de una extracción sólido líquido con dos solventes, un polar y un solvente orgánico apolar, altas temperaturas y agitación (datos protegidos por el registro de patente MX/2023/043897). Se utilizaron 5 g de muestra para cada réplica. Respecto a las proteínas se estimaron con el contenido de nitrógeno y el factor 6.25 por el método AOAC 960.52, con la técnica de micro Kjeldahl. Se determinó la presencia de azúcares reductores totales en 2 g de muestra con el método Lane-Eynon y se utilizó solución de felhing. Posteriormente, se aplicó a una segunda prueba, donde se utilizaron 100 mg de muestra, misma que se sometió a un proceso de hidrólisis ácida con HCL al 10 %; luego, la muestra se neutralizó y liofilizó para su posterior análisis por CG-EM. Las determinaciones analíticas de *D. opuntiae* se analizaron por triplicado.

2.4.3.3. Perfil de ácidos grasos

Se tomó 0.01 g de muestra a los cuales se les añadió 800 µL de NaOH (0.01g) en metanol (5 mL). La mezcla se hizo reaccionar en microondas Discover System® 908 005 (CEM Corporation, NC, EE. UU.), el ciclo se configuró a una temperatura de 90 °C y a una potencia de 250 W durante 10 min. Posteriormente, se le agregó 1 mL de metanol-trifluoruro de boro 14 % y 1 mL de trimetilpentano al 99 % y se aplicó un ciclo de microondas con el mismo programa de reacción. Se obtuvieron dos fases, la fase polar se colectó para su análisis.

El análisis de GC-EM se realizó con un cromatógrafo de gases (GC) Agilent® (Agilent Technologies, Wilmington, DE, EE. UU.) 7820A acoplado a un espectrómetro de masas (EM) Agilent® (Agilent Technologies, Wilmington, DE. EE. UU. 55977E). Se inyectó de

manera manual 1.0 μ L al puerto de inyección en modo splitless a 300 °C, se utilizó helio como gas portador a una velocidad de flujo constante de 1.0 mL/min en una columna capilar de HP-5 (30 m \times 0.32 mm \times 0.25 μ m). La temperatura del horno fue programada a 50 °C durante 3 min, luego se elevó la temperatura gradualmente a 300 °C, a razón de 15 °C/min y se mantuvo durante 5 min. El espectrómetro de masas fue operado en un modo de escaneo completo (SCAN), a un voltaje de ionización de 70 eV.

Para el registro de datos se utilizó el software MSD Chem Station (Agilent) y el análisis de identificación se realizó por comparación de los espectros de masas obtenidos con los espectros de masas de la librería NIST11 y WileyN09. Las identidades de los compuestos se confirmaron mediante el índice de retención de Kovats, calculado para cada pico con referencia a una mezcla de n-alcano (C7-C31), que se analizaron en las mismas condiciones del análisis de las muestras de *D. opuntiae*.

El porcentaje relativo de cada componente se calculó considerando el área del pico obtenido por GC-EM de cada metabolito, en relación al área total de los picos analizados. Los datos representan la media del porcentaje relativo de tres repeticiones \pm DE y se obtuvieron mediante MS Excel[®].

2.4.5. Microscopía de luz

Para caracterizar la microestructura de los filamentos que componen la cubierta protectora, se seleccionaron 10 hembras de *D. opuntiae* en fase adulta. Posteriormente, la cubierta protectora de cada hembra se removió manualmente, utilizando pinzas de disección y se mantuvo en cajas de Petri hasta su procesamiento. Las microfotografías de los filamentos de la cubierta protectora se obtuvieron mediante una cámara digital Canon 5D acoplada a un microscopio Carl Zeiss modelo SteREO Discovery V20. Posteriormente, las imágenes se procesaron con el software libre GIMP versión 2.10.14.

2.4.6. Microscopía electrónica de Barrido (MEB)

Se seleccionaron y desprendieron cinco hembras adultas de un cladodio, al retirar esas hembras se tomaron todas las precauciones para evitar dañar la cubierta protectora, y se dejaron deshidratar a temperatura ambiente por una semana. Posteriormente, se realizó un corte trasversal al cuerpo de la hembra para ver y caracterizar la cubierta.

Para el procesamiento de imágenes, de las hembras adultas de cuerpo completo sin cubierta protectora, se colectaron cinco individuos y se conservaron en alcohol etílico al 70 %, hasta su análisis. Posteriormente, se sometieron a un proceso de deshidratación, el cual consistió en pasar la muestra en alcohol etílico al 80 %, con un reposo de 45 min. Esta misma acción se repitió con las concentraciones de alcohol al 90 % y 100 %. Las microfotografías fueron tomadas en la Unidad de Microscopía Electrónica del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo.

2.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.5.1. Composición químico proximal de *D. opuntiae*

La composición química proximal de las especies del género *Dactylopius* se ha explorado limitadamente; la mayoría de los trabajos se han enfocado a *D. coccus* por ser considerada la especie de mayor importancia económica, y no se encontró algún estudio de la composición de *D. opuntiae*. Con los resultados de este trabajo se determinó que los principales componentes de *D. opuntiae* son proteínas (26.75 %) y cenizas (22.66 %). También se encontró un alto porcentaje de lípidos (15.62 %), compuesto por cera y extracto etéreo (Cuadro 2.1).

Cuadro 2. 1. Análisis químico proximal de hembras adultas completas de *Dactylopius opuntiae* (g/100 g base seca).

Composición	%
Ácido carmínico	3.79 ± 0.38
Humedad	7.27 ± 0.02
Cenizas	22.66 ± 0.09
Extracto etéreo	4.72 ± 0.15
Cera	10.90 ± 0.14
Proteínas	26.75 ± 0.53

La concentración de ácido carmínico obtenida en hembras adultas de *D. opuntiae* fue de 3.79 %. Al respecto, Trejo-Reyes et al (2021) registraron valores similares en hembras adultas de la misma especie con 3.1 %; aunque dependiendo de la fase de desarrollo la

concentración puede oscilar entre 1.7 y 5.3%. De igual manera Barreto-García et al. (2020) y Martínez-Martínez et al. (2021), obtuvieron valores promedio similares entre 2-5 % y 3 y 5 %, respectivamente. Por su parte, Chávez-Moreno et al. (2010) encontraron valores promedio más altos con 4.70 ± 0.41 . Todos estos estudios consigan la baja proporción de ácido carmínico en *D. opuntiae*, en comparación a la especie cultivada *D. coccus*.

El contenido de proteína en *D. opuntiae* resultó inferior al reportado para otras especies del género. Por ejemplo, Zheng et al. (2008) encontraron en *D. coccus* 37,31 % de proteínas y 31.25 % en *D. confusus*; mientras que Reyes (2017) registró valores de 34.97 % y López (2000) de 32.2 %, en *D. coccus*. Por su parte, Quijano y Vergara (2007) observaron que en la harina del subproducto de *D. coccus*, obtenido de residuos de las fábricas de carmín en Perú, se registraba hasta 59.32 % de proteína, más del doble a lo obtenido en este estudio. Salvo este último reporte, los resultados en el contenido de proteína de *D. coccus* y *D. opuntiae*, son inferiores en comparación a otros hemípteros comestibles, de entre 37-47 g/100 g base seca (Ramos-Elorduy et al. 2002) y también se encuentra por debajo del rango de 42-74 % reportado por Barrios-Morales et al. (2022). Derivado de lo anterior, Ramos-Elorduy et al. (1997) incluyeron a *D. tomentosus*, otra especie silvestre, como un insecto comestible para el estado de Oaxaca; ante esto, ya se ha empleado a *D. coccus* como fuente de proteína en la elaboración de alimentos balanceados para animales (Quijano y Vergara 2007; Reyes 2017).

El contenido de lípidos fue superior al registrado por Zheng et al. (2008) en *D. coccus* con 3.81 % y de 3.98 %, en *D. confusus*; así como al reportado por López (2000) en *D. coccus* con 1.59 %, y por Pino & Ganguly (2016) quienes registraron en *D. coccus* 11.62 (g/100 g en base seca). Pero resultó inferior a los obtenidos por Quijano y Vergara (2007) con 17.74 % de extracto etéreo. De manera general el contenido de lípidos se encuentra en el rango reportado para insectos comestibles de entre 10 a 60 % (Kouřimská & Adámková 2016).

En cambio, el contenido de cenizas totales en *D. opuntiae* (residuos inorgánicos que indican el contenido de minerales, materia orgánica y nutrimentos digeribles) fue superior al registrado en *D. coccus* de 3.36 %, por Salazar-Llangarí et al. (2023) y a los valores registrados por Zheng et al. (2008) para *D. coccus* y *D. confusus* de 1,16 % y 9.12 %, respectivamente.

respectivamente; así como a los registrados por López (2000) para *D. coccus* con 11.03 % y por Quijano y Vergara (2007) con 5.46 % en la misma especie. Vale la pena resaltar, de acuerdo a los resultados observados, que las especies silvestres *D. opuntiae* y *D. confusus*, mostraron de manera consistente valores superiores en el contenido de cenizas a la especie cultivada (*D. coccus*). En términos generales, el contenido de cenizas fue superior al observado en otras especies comestibles en México, de entre 1.41 y 12,45 g /100 g base seca; esto representa un aspecto importante ya que las cenizas incluyen elementos inorgánicos indispensables, dado que el organismo no los sintetiza y participan en una gran variedad de funciones metabólicas (Ramos-Elorduy et al. 1997).

En este trabajo las dos técnicas empleadas para la determinación de azúcares reductores totales no presentaron un resultado positivo. En la prueba cualitativa no se observó un cambio de coloración en la muestra. Mientras que en la muestra analizada en CG-EM no se logró la identificación de carbohidratos. En este último caso puede estar asociado a que se llevó a cabo una hidrólisis deficiente que permitiera identificar algún carbohidrato en la muestra. En contraste, Zheng et al. (2008) obtuvieron valores altos de carbohidratos totales en *D. coccus* (31.06 %) y *D. confusus* (35.84 %). Asimismo, para *D. coccus* López (2000) registró 20 % de carbohidratos; mientras que Quijano y Vergara (2007) también reportaron una proporción más baja (7.1 %) en la harina obtenida de residuos de la industria del carmín en Perú. Por su parte, Reyes (2017) obtuvo sólo 1.38 % para la misma especie.

Dado que en este estudio los resultados se comparan con otras especies de *Dactylopius* que fueron colectados en zonas geográficas, temporadas y cultivares diferentes, se podrían inferir valores diferenciales en su composición. En este contexto, Zacarías-Alvarado et al. (2021) demostraron que el desarrollo *D. coccus* puede variar en función de las condiciones ambientales, así como del hospedante donde se alimenta, por lo que su composición y valor nutricional podría también presentar variaciones. Por su parte, Ramos-Elorduy et al. (1997) resaltan que para poder efectuar una comparación real entre las diferentes especies de insectos, éstos se deberían encontrar en el mismo estado de desarrollo, similar tipo de manejo y preservación y ser analizados con los mismos equipos y métodos. De igual manera, en su composición puede influir el conjunto de

factores bióticos y abióticos que conforman el ecosistema donde se extraen; pero permiten establecer las bases para generar un mayor conocimiento y valorización (Ramos et al. 2012).

Existen diversos estudios donde se hace referencia al contenido de lípidos, composición y concentración de ácidos grasos en diversas especies de insectos comestibles, pero no se encontraron estudios previos para *D. opuntiae*, por lo que este trabajo constituye el primer reporte sobre el perfil de ácidos grasos de esta especie. En el análisis de *D. opuntiae* se identificaron 31 compuestos (Cuadro 2.2), mientras que Pino & Ganguly (2016) sólo registraron siete ácidos en *D. coccus*; en ambas especies se encontró la presencia de los ácidos láurico, mirístico, palmítico, esteárico, oleico y linoleico. Por otra parte, Pino & Ganguly (2016) reportaron los ácidos palmitoleico y linolénico, no determinados en el perfil de ácidos grasos del presente estudio.

En el análisis composicional se determinó que *D. opuntiae* tiene una mayor proporción de ácidos grasos saturados (72.90 %) que en insaturados (15.8 %). La composición de ácidos grasos varía considerablemente entre los diferentes órdenes y especies de insectos, temporada de recolección, fase de desarrollo y tipo de dieta, entre otros aspectos (Tzompa-Sosa et al. 2014; Riekkinen et al. 2022). Por ejemplo, Ramos-Elorduy y Viejo-Montecinos (2007), Santurino et al. (2016), Rutaro et al. (2018) y Espinosa et al. (2020) señalaron que las especies de insectos comestibles contienen una mayor proporción de ácidos insaturados; por el contrario, Lopez-Morales et al. (2021) obtuvieron una mayor presencia de ácidos grasos saturados en dos insectos comestibles de México. Los ácidos de cadena larga registraron una proporción mayor que los de cadena corta en *D. opuntiae*, tales como el mirístico (14:0), linoleico (18:2n-6), esteárico (18:00) y palmítico (16:00), destacando de manera particular el ácido mirístico (31.4 %). Pino & Ganguly (2016) también observaron que el ácido mirístico registró la mayor proporción en *D. coccus* con 5.64 g/100 g, en base a materia seca. Contrariamente a lo reportado por estos mismos autores de que los insectos comestibles analizados son pobres en ácido cáprico, *D. opuntiae* presentó una proporción considerable.

Cuadro 2. 2. Contenido, composición y concentración de ácidos grasos (%) en hembras adultas completas de *Dactylopius opuntiae*.

No.	Componente	TR	KI Ref	KI Exp	RA (%)
1	Ácido succínico	6.74	1004	1033	0.02 ± 0.01
2	3,6-Dimetil ácido heptanoico	7.30		1072	0.02 ± 0.00
3	Ácido caprílico	7.83	1109	1112	2.18 ± 0.39
4	(Z)- 4-Ácido octenoico	7.88	1115	1117	0.20 ± 0.07
5	Ácido pelargónico	8.89	1206	1209	0.05 ± 0.00
6	4-Ácido decanoico	9.83		1309	0.83 ± 0.01
7	Ácido cáprico	9.88	1309	1315	5.49 ± 1.39
8	Ácido undecanoico	10.97	1410	1434	1.45 ± 0.09
9	(Z)-5-Ácido dodecenoico	11.57		1505	0.47 ± 0.01
10	Ácido láurico	11.62	1509	1511	3.97 ± 0.21
11	Ácido azelaico	11.81	1511	1533	0.07 ± 0.01
12	4-Ácido hidroxibenzoico	12.51	1618	1619	0.42 ± 0.27
13	Ácido miristoleico	13.11	1703	1704	0.87 ± 0.11
14	Ácido mirístico	13.23	1714	1721	31.43 ± 1.24
15	Ácido 12-metilmirístico	17.86	1788	13.71	0.12 ± 0.01
16	Ácido pentadecanoico	13.91	1807	1819	0.06 ± 0.02
17	Ácido 7,10-hexadecadienoico	14.39		1895	0.06 ± 0.01
18	Ácido (Z)-9-hexadecenoico	14.48	1892	1909	0.56 ± 0.05
19	Ácido palmítico	14.61	1909	1931	7.24 ± 0.79
20	Ácido heptadecanoico	15.07	2008	2005	0.09 ± 0.03
21	Ácido linoleico	15.72	2087	2108	9.42 ± 2.22
22	Ácido oleico	15.76	2087	2114	3.65 ± 1.94
23	Ácido esteárico	15.91	2111	2138	8.75 ± 0.75
24	Ácido nonadecanoico	16.49	2210	2231	0.24 ± 0.02
25	(Z)-13- Ácido eicosenoico	16.94	2321	2302	0.60 ± 0.05
26	Ácido aráquico	17.07	2311	2324	2.45 ± 0.18
27	Ácido heneicosanoico	17.64	2410	2417	0.16 ± 0.01
28	Ácido behénico	18.18	2531	2523	5.68 ± 0.28
29	Ácido lignocérico	19.19	2732	2726	0.58 ± 0.15
30	Ácido montánico	21.34	3115	3144	0.49 ± 0.08
31	Ácido melísico	22.06	3316	3300	1.17 ± 0.01
Total saturados (AGS)					72.92 %
Total insaturados (AGI)					15.84 %

2.5.2. Microfotografías de la capa protectora

Se obtuvieron microfotografías, por Microscopía Electrónica de Barrido (MEB) y de Microscopía de Luz (ML), de la estructura que conforma el patrón de la cubierta protectora de hembras de *D. opuntiae* (Fig. 2.2). Una vez que la ninfa migrante concluye la fase activa de dispersión, ésta inserta su estilete en el cladodio e inicia la secreción de la cubierta protectora o capa cerosa. Al desarrollarse estos filamentos integran un denso entramado que recubre totalmente el cuerpo de las hembras (Fig. 2.2A); éstos van creciendo hasta superar en ocasiones 10 veces la longitud de su propio cuerpo (Rodrigo et al. 2010). Las escamas son las mayores productoras de secreciones cerosas visibles, las cuales son producidas por una glándula tegumentaria bien desarrollada o un sistema de glándulas de cera (Foldi 1991). Este patrón que recubre los cuerpos del conglomerado de especies considerados como “cochinillas silvestres del nopal” es muy semejante (De Lotto 1974; Morrison 1984) y su compactación depende de la incidencia del sol, ya que una mayor presencia de luminosidad sobre el cladodio provoca una cubierta cerosa más compacta (Vanegas-Rico et al. 2010). Su proporción varía en función de la especie, sexo y edad y se le considera indispensable para su supervivencia (Tamaki 1997) y para el desarrollo de sus funciones vitales. Al establecerse varias hembras juntas forman conglomerados o clústeres, a los que Rodrigo et al. (2010) denominaron “masas algodonosas” que les facilitan una mejor protección a factores físicos y biológicos, principalmente a enemigos naturales, así como a la aplicación de insecticidas (Meinwald et al. 1975; Gullan & Kosztarab 1997; Tamaki 1997). Derivado de lo anterior el cuerpo no es visible, sino hasta que es retirada dicha estructura (Fig. 2.2B).

Dentro del conglomerado de su cubierta protectora sobresale la presencia de tres tipos de microestructuras: setas tubulares (Fig. 2.2C); filamentos largos que pueden ser lisos o rizados, que cuando se encuentran sobrepuestos semejan un “tejido filamentososo” (Morrison 1984) y dan la apariencia algodonosa característica del insecto (Fig. 2.2D); también, se observó como parte de la cubierta, aunque en menor proporción, una secreción pulverulenta de color blanco que fue reportada previamente por Flores-Hernández et al. (2006). Además, en el conglomerado se observó la presencia de estructuras coniformes, con una disposición irregular en la parte final del dorso (Fig. 2.2E) dichas estructuras son ahuecadas y translucidas (Fig. 2.2F) y se encuentran agrupadas

y unidas por filamentos flexibles que constituyen en conjunto la cubierta protectora. A pesar de que todas las estructuras se encuentran mezcladas en el mismo conglomerado, la agrupación de esta última estructura resulta más evidente.

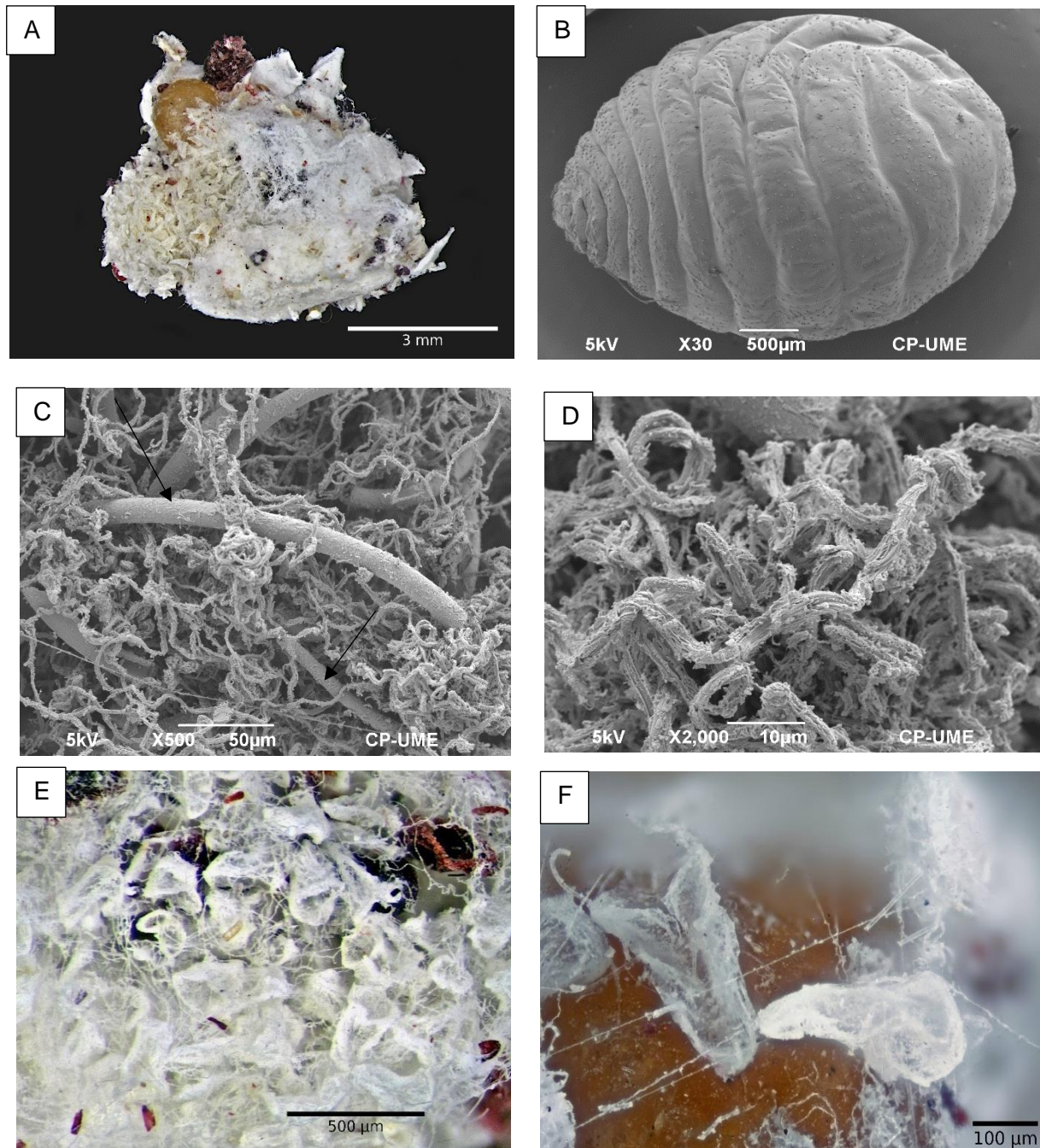


Figura 2. 2. Microfotografías de la capa protectora de *Dactylopius opuntiae*. (A) Acercamiento de hembra adulta con capa protectora completa; (B) Vista dorsal de hembra adulta sin capa protectora; (C) Microestructuras tubulares; (D) Filamentos; (E) Microestructuras de formas cónica (F) Acercamiento a la microestructura cónica.

Las tres diferentes microestructuras identificadas, podrían estar relacionadas al tipo de estructura que interviene en la formación de la cubierta protectora, ya que en las especies de *Dactylopius* existen tres estructuras que intervienen en dicha secreción: poros quinqueloculares (de borde ancho o de borde angosto), ductos y setas (De Lotto 1974; Morrison 1984). Estas últimas estructuras son visibles cuando se elimina la cubierta protectora (Fig. 2.3.A) y Morrison (1984) las denomina setas en forma de clavija (Fig. 2.3B).

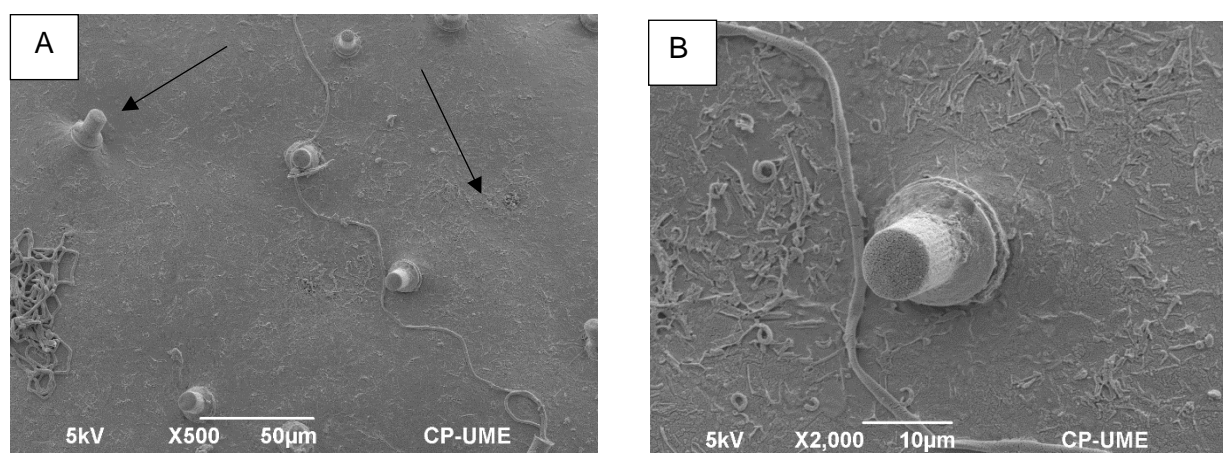


Figura 2. 3. Microfotografías de *Dactylopius opuntiae*. (A) Vista dorsal mostrando la distribución de las estructuras productoras de la cubierta protectora; (B) Acercamiento a seta.

2.6. CONCLUSIONES

Los cuerpos de las hembras de *Dactylopius opuntiae* presentan una baja proporción en lípidos y proteínas en comparación con otras especies del mismo género; pero un alto contenido de cenizas, esto indica la presencia de minerales con propiedades biológicas de interés.

En el perfil de ácidos grasos sobresalió la presencia del ácido mirístico y el ácido linoleico; este último es un ácido graso esencial, que tiene beneficios en la salud humana. Se detectaron otros ácidos (caprílico, cáprico y láurico) que no se han reportado en otros insectos.

Dentro del patrón de la estructura de la cubierta protectora de *D. opuntiae* destacó la presencia de largos filamentos elásticos, lisos o rizados, setas tubulares y polvo que cubren en su totalidad el cuerpo de las hembras. Además, se observaron estructuras cónicas agrupadas y translucidas en la parte dorsal, no registradas previamente.

Los resultados de este trabajo representan una primera aproximación al conocimiento de la composición de *D. opuntiae* y a su valorización como fuente de compuestos biofuncionales de interés en la alimentación humana, animal y para la industria. La completa caracterización de la estructura y la distribución de su cubierta protectora podría contribuir a mejorar propuestas para alguna táctica de control.

2.7. REFERENCIAS

- Association of Official Analytical Chemists, AOAC. 1995. "Official methods of analysis". *Agricultural Chemicals Contaminants and Drugs*. 15^o Ed. Gaithersburg, Md. USA.
- Barreto-García, Oscar A., Esteban Rodríguez-Leyva, J. Refugio Lomeli-Flores, Juan M. Vanegas-Rico, Ana Lilia Vigueras, y Liberato Portillo. 2020. "Laetilia coccidivora Feeding on Two Cochineal Insect Species, Does the Prey Affect the Fitness of the Predator?" *BioControl* 65 (6): 727-36. doi:[10.1007/s10526-020-10047-6](https://doi.org/10.1007/s10526-020-10047-6).
- Barrios-Morales, Mayra Liliana, Xóchitl Paola Peralta-García, Ricardo Salazar, y Yanik Ixchel Maldonado-Astudillo. 2022. "Análisis físico y químico proximal, de tres especies de insectos comestibles en Guerrero, México". *Acta Agrícola y Pecuaria* 8 (1): 1-8. <http://aap.uaem.mx/index.php/aap/article/view/472>.
- Borges, M. E., R. L. Tejera, L. Díaz, P. Esparza, y E. Ibáñez. 2012. "Natural dyes extraction from cochineal (*Dactylopius coccus*). New extraction methods". *Food Chemistry*, 6th International Conference on Water in Food, 132 (4): 1855-60. doi:[10.1016/j.foodchem.2011.12.018](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.12.018).
- Centeno Álvarez, Mónica María. 2003. "Extracción, estabilización y evaluaciones analíticas del carmín". Tesis de Maestría en Ciencias, México: Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, Área Alimentos. Instituto Politécnico Nacional. https://repositoriodigital.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/10572/1/PTA_M_20031203_001.pdf.
- Chávez-Moreno, Carla, Alberto Tecante, Mabel Fragoso, y Rogelio Pereda. 2010. "Metabolic profiling of *Dactylopius* (Hemiptera: Dactylopiidae) species pigments by geographical origin and hosts using multivariate data analysis". *Biochemical Systematics and Ecology - BIOCHEM SYST ECOL* 38 (4): 671-79. doi:[10.1016/j.bse.2010.04.003](https://doi.org/10.1016/j.bse.2010.04.003).
- De Lotto G. 1974. "On the status and identity of the cochineal insects (Homoptera: Coccoidea: Dactylopiidae)". *Journal of the Entomological Society of Southern Africa* 37 (1). Entomological Society of South Africa (ESSA): 167-93. doi:[10.10520/AJA00128789_2848](https://doi.org/10.10520/AJA00128789_2848).
- Espinosa M., Ana, Ana Hidalgo A., y Eduardo Mayorga Llerena. 2020. "Valor nutricional y caracterización de los ácidos grasos del Chontacuro *Rhynchophorus palmarum* L." *infoANALÍTICA* 8 (1): 127. doi:[10.26807/ia.v8i1.122](https://doi.org/10.26807/ia.v8i1.122).
- Flores-Hernández, Arnoldo, Bernardo Amador, José García-Hernández, Enrique Troyo-Dieguez, Edgar Rueda-Puente, y Cruz Torres. 2006. "Reproducción de cochinilla silvestre *Dactylopius opuntiae* (Homoptera: Dactylopiidae)". *Revista Mexicana de Biodiversidad* 77 (1): 97-102. doi:[10.22201/ib.20078706e.2006.001.321](https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2006.001.321).

- Foldi, I. 1991. "The wax glands in scale insects : comparative ultrastructure, secretion, function and evolution (Homoptera : Coccoidea)". *Société entomologique de France* 27 (2): 163-88.
- Foldi, Imre, y Michael J. Pearce. 1985. "Fine structure of wax glands, wax morphology and function in the female scale insect, *Pulvinaria regalis* canard. (Hemiptera : Coccidae)". *International Journal of Insect Morphology and Embryology* 14 (5): 259-71. doi:[10.1016/0020-7322\(85\)90041-8](https://doi.org/10.1016/0020-7322(85)90041-8).
- Gullan, Penny J., y Michael Kosztarab. 1997. "Adaptations in Scale Insects". *Annual Review of Entomology* 42 (1): 23-50. doi:[10.1146/annurev.ento.42.1.23](https://doi.org/10.1146/annurev.ento.42.1.23).
- Kouřimská, Lenka, y Anna Adámková. 2016. "Nutritional and sensory quality of edible insects". *NFS Journal* 4 (octubre): 22-26. doi:[10.1016/j.nfs.2016.07.001](https://doi.org/10.1016/j.nfs.2016.07.001).
- López, G. 2000. "Análisis proximal de la cochinilla grana *Dactylopius coccus* Costa". *Revista de la Sociedad Química de México*. México. 44:87.
- Lopez-Morales, V.A., José Alberto Ariza Ortega, Joel Diaz-Reyes, Dolores Castañeda, Maria Ramos Cassellis, T.E. Ariza-Ortega, E. Ramirez-Moreno, y N.-del-S Cruz-Cansino. 2021. "Proximal chemical evaluation and fatty acid in the chibatana ant and jumile". *Journal of Insects as Food and Feed* 7 (marzo): 197-204. doi:[10.3920/JIFF2020.0030](https://doi.org/10.3920/JIFF2020.0030).
- López-Rodríguez, Patricia E., Santiago de Jesús Méndez-Gallegos, Gildardo Aquino-Pérez, Jaime Mena-Covarrubias, y Juan M. Vanegas-Rico. 2018. "Estadísticos demográficos de *Dactylopius opuntiae* Cockerell (Hemiptera: Dactylopiidae) en condiciones de invernadero". *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas* 17 (2): 31-42. doi:[10.5154/r.rchsza.2018.05.012](https://doi.org/10.5154/r.rchsza.2018.05.012).
- Martínez-Martínez, Susana, Esteban Rodríguez-Leyva, Sergio Aranda-Ocampo, Teresa Santillán-Galicia, Antonio Hernández-López, y Ariel Guzmán-Franco. 2021. "Bacteria associated with the intestinal tract of three predators of *Dactylopius opuntiae* (Hemiptera: Dactylopiidae)". *Research Square*, abril, 1-10. doi:[10.21203/rs.3.rs-384884/v1](https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-384884/v1).
- Mazzeo, Gaetana, Salvatore Nucifora, Agatino Russo, y Pompeo Suma. 2019. "*Dactylopius opuntiae*, a New Prickly Pear Cactus Pest in the Mediterranean: An Overview". *Entomologia Experimentalis et Applicata* 167 (1): 59-72. doi:[10.1111/eea.12756](https://doi.org/10.1111/eea.12756).
- Meinwald, J., J. Smolanoff, A. C. Chibnall, y T. Eisner. 1975. "Characterization and Synthesis of Waxes from Homopterous Insects". *Journal of Chemical Ecology* 1 (2): 269-74. doi:[10.1007/BF00987875](https://doi.org/10.1007/BF00987875).
- Méndez-Gallegos, Santiago de Jesús, y Ángel Bravo-Vinaja. 2022. "*Dactylopius opuntiae* Cockerell (Hemiptera: Dactylopiidae), an Emerging Global Threat for *Opuntia* Spp: A Bibliometric Analysis". *Journal of the Professional Association for Cactus Development* 24 (agosto): 111-38. doi:[10.56890/jpacd.v24i.487](https://doi.org/10.56890/jpacd.v24i.487).

- Miller, D R, y M Kosztarab. 1979. "Recent Advances in the Study of Scale Insects". *Annual Review of Entomology* 24 (1): 1-27. doi:[10.1146/annurev.en.24.010179.000245](https://doi.org/10.1146/annurev.en.24.010179.000245).
- Morrison, J. F. 1984. "Protection from beetle-predation in cochineal insects (Dactylopiidae: Homoptera)". Dissertation for the degree of Master of Science, Department of Zoology and Entomology, Rhodes University. <https://core.ac.uk/download/pdf/145046964.pdf>.
- Moss, Rebecca, Robert Jackson, y Simon Pollard. 2006. "Mask of wax: Secretions of wax conceal aphids from detection by spider's eyes". *New Zealand Journal of Zoology - NZ J ZOOL* 33 (3): 215-20. doi:[10.1080/03014223.2006.9518448](https://doi.org/10.1080/03014223.2006.9518448).
- Nishizaki, Yuzo, Naoko Sato-Masumoto, Aki Yokota, Tsuyoshi Mikawa, Koichi Nakashima, Taichi Yamazaki, Miho Kuroe, et al. 2018. "HPLC/PDA Determination of Carminic Acid and 4-Aminocarminic Acid Using Relative Molar Sensitivities with Respect to Caffeine". *Food Additives & Contaminants. Part A, Chemistry, Analysis, Control, Exposure & Risk Assessment* 35 (5): 838-47. doi:[10.1080/19440049.2018.1440642](https://doi.org/10.1080/19440049.2018.1440642).
- Pino Moreno, J.M., y A. Ganguly. 2016. "Determination of fatty acid content in some edible insects of Mexico". *Journal of Insects as Food and Feed* 2 (1): 1-6. doi:[10.3920/JIFF2015.0078](https://doi.org/10.3920/JIFF2015.0078).
- Quijano Pacheco, Wilber. 2007. "Determinación de energía metabolizable del subproducto de cochinilla "*Dactylopius Coccus* costa (1835)" y su evaluación productiva en reemplazo de harina de pescado en dietas para pollos de carne." Tesis para optar el grado de Magíster Scientiae, Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM). https://www.engormix.com/avicultura/minerales-avicultura/determinacion-energia-metabolizable-subproducto_a27141/.
- Ramírez-Cruz, Arturo, Héctor González-Hernández, y Christof Stumpf. 2020. "First record of *Dactylopius confusus* (Cockerell, 1929) (Hemiptera: Coccothraupidae: Dactylopiidae) in Michoacan, Mexico". *Insecta Mundi*, n.º 0761 (abril): 1-7.
- Ramos-Elorduy, Julieta, Jose Manuel Pino Moreno, Esteban Escamilla Prado, Manuel Alvarado Perez, Jaime Lagunez Otero, y Oralia Ladron de Guevara. 1997. "Nutritional Value of Edible Insects from the State of Oaxaca, Mexico". *Journal of Food Composition and Analysis* 10 (2): 142-57. doi:[10.1006/jfca.1997.0530](https://doi.org/10.1006/jfca.1997.0530).
- Ramos-Elorduy, Julieta, José Manuel Pino Moreno, y Josefina Morales de León. 2002. "Análisis Químico Proximal, Vitaminas y Nutrientes Inorgánicos de Insectos Consumidos En El Estado de Hidalgo, México". *Folia Entomológica Mexicana* 41 (1): 15-29.
- Ramos-Elorduy, Julieta, y José Luis Viejo Montesinos. 2007. "Los insectos como alimento humano: breve ensayo sobre la entomofagia, con especial referencia a México". *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural. Sección biológica* 102 (1-4). Real Sociedad

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2486098>.

- Ramos Rostro, Beverly, Baciliza Quintero Salazar, Julieta Ramos Elorduy Blasquez, Jose Manuel Pino Moreno, Sergio Carlos Angeles Campos, Águeda García Pérez, y Veronica Daniela Barrera Garcia. 2012. "Análisis químico y nutricional de tres insectos comestibles de interés comercial en la zona arqueológica del municipio de San Juan Teotihuacán y en Otumba, en el estado de México". *Interciencia* 37 (12). Asociación Interciencia. <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/38996>.
- Reyes Taype, Yesabeli Teresa. 2017. "Evaluación de cochinilla exhausta para su formulación como alimento balanceado para animales". Perú: Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/3399>.
- Riekkinen, Kati, Kati Väkeväinen, y Jenni Korhonen. 2022. "The Effect of Substrate on the Nutrient Content and Fatty Acid Composition of Edible Insects". *Insects* 13 (7). Multidisciplinary Digital Publishing Institute: 590. doi:[10.3390/insects13070590](https://doi.org/10.3390/insects13070590).
- Rodrigo, E., M. Catalá-Oltra, y M. Granero. 2010. "Comparative study of the morphology and biology of *Dactylopius coccus* Costa y *D. opuntiae* (Cockerell) (Hemiptera: Dactylopiidae), two species present in the Valencian Community." *Boletín de Sanidad Vegetal, Plagas* 36 (1): 23-35.
- Rutaro, Karlmax, Geoffrey M. Malinga, Vilma J. Lehtovaara, Robert Opoke, Philip Nyeko, Heikki Roininen, y Anu Valtonen. 2018. "Fatty Acid Content and Composition in Edible Ruspolia Differens Feeding on Mixtures of Natural Food Plants". *BMC Research Notes* 11 (1): 687. doi:[10.1186/s13104-018-3792-9](https://doi.org/10.1186/s13104-018-3792-9).
- Salazar- Llangarí, Karina Gabriela, Alex Estuardo Erazo Lara, Blanca Alexandra Oñate Bastidas, Luis Alfonso Condo Plaza, y Jessica Lorena Cañar Rivera. 2023. "Extracción de ácido carmínico como colorante natural a partir de la cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa)". *Polo del Conocimiento* 8 (3): 540-64. doi:[10.23857/pc.v8i3.5321](https://doi.org/10.23857/pc.v8i3.5321).
- Santurino, C, A García-Serrano, J Molina García, P Sierra Fernández, M P Castro-Gómez, M V Calvo, y J Fontecha. 2016. "Los insectos como complemento nutricional de la dieta: fuente de lípidos potencialmente bioactivos". *Alimentacion, Nutricion y Salud*. 23 (2): 50-56.
- Tamaki, Yoshio. 1997. "1.1.2.5 Chemistry of the test cover". En *World Crop Pests*, editado por Yair Ben-Dov y Chris J. Hodgson, 7:55-72. *Soft Scale Insects their Biology, Natural Enemies and Control*. Elsevier. doi:[10.1016/S1572-4379\(97\)80044-9](https://doi.org/10.1016/S1572-4379(97)80044-9).
- Trejo-Reyes, César A., Esteban Rodríguez-Leyva, Jesús Méndez-Gallegos, Francisco J. Morales-Flores, y Fabiola Villegas-Rodríguez. 2021. "¿Influye la concentración de ácido

- carmínico en la preferencia alimentaria de *Hyperaspis trifurcata* (Coleoptera: Coccinellidae) entre dos especies de presas?” *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas* 20 (1): 1-7. doi:[10.5154/r.rchsza.2021.20.4](https://doi.org/10.5154/r.rchsza.2021.20.4).
- Trujillo Zuñiga, María Augusta Trujillo. s. f. “Evaluación de dos métodos a escala de laboratorio para la obtención de harina a partir de la cochinilla (*Dactylopius coccus*)”. Tesis de Licenciatura, Perú: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba.
- Tzompa-Sosa, Daylan A., Liya Yi, Hein J. F. van Valenberg, Martinus A. J. S. van Boekel, y Catriona M. M. Lakemond. 2014. “Insect lipid profile: aqueous versus organic solvent-based extraction methods”. *Food Research International* 62 (agosto): 1087-94. doi:[10.1016/j.foodres.2014.05.052](https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.05.052).
- Ulusoy, Selcuk, Dogancan Kahya, Mustafa Gokhan Bilgin, y Alaittin Apalak. 2022. “The effectiveness of wax secretion on chemical control in some mealybug species”. *Journal of Asia-Pacific Entomology* 25 (3): 101954. doi:[10.1016/j.aspen.2022.101954](https://doi.org/10.1016/j.aspen.2022.101954).
- Vanegas-Rico, J. M., J. R. Lomeli-Flores, E. Rodríguez-Leyva, G. Mora-Aguilera, y J. M. Valdez. 2010. “Enemigos naturales de *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) en *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller en el centro de México”. *Acta zoológica mexicana* 26 (2). Instituto de Ecología A.C.: 415-33. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0065-17372010000200007&lng=es&nrm=iso&tlng=es.
- Zacarías-Alvarado, J. R., C. L. Tovar-Robles, G. Aquino-Pérez, R. Magallanes-Quintanar, y Santiago de Jesús Méndez-Gallegos. 2021. “Productive behavior of *Dactylopius Coccus* Costa on two confined *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill cultivars”. *Agro Productividad*, noviembre. doi:[10.32854/agrop.v14i10.1946](https://doi.org/10.32854/agrop.v14i10.1946).
- Zheng Hua, Tang Liying, L. U. Yanmin, y Zhang Hong. 2008. “Determination of Main Chemical Constituents in Dried Body of Cochineal”. *Shipin Kexue* 29 (11): 510-13. https://jglobal.jst.go.jp/en/detail?JGLOBAL_ID=200902254220466926.

CONCLUSIONES GENERALES

El análisis bibliométrico permitió conocer la dinámica y las tendencias de la producción científica de las tácticas empleadas para el control de *Dactylopius opuntiae* en el mundo. Se recopilaron 99 publicaciones desde 1848 a marzo del 2022. El mayor crecimiento de la producción científica sobre la temática se registró en los últimos siete años. El control biológico, mediante el empleo de depredadores y entomopatógenos, resultó ser la táctica de mayor interés. Los autores más influyentes en el tema son los marroquíes Sbaghi Mohamed y Bouharroud Rachid, quienes colaboraron en 15 y 13 documentos, respectivamente. Marruecos es uno de los principales países con mayores aportes, al que siguieron Brasil y México. Sin embargo, se observó que existe poca colaboración entre las instituciones a nivel internacional, a pesar de tener un objetivo en común.

Los cuerpos completos de las hembras de *D. opuntiae* tuvieron baja concentración de proteínas y lípidos en comparación a lo registrado para *D. coccus*; sin embargo, se obtuvo un alto contenido de cenizas. Se determinó la presencia de 32 ácidos grasos en el extracto lipídico del insecto, destacando el ácido mirístico. También, se identificó la presencia del ácido linolénico (omega 6).

La cubierta protectora de *D. opuntiae* está compuesta por largos filamentos elásticos que pueden ser lisos o rizados, setas tubulares y polvo ceroso que cubren la totalidad del cuerpo de las hembras. También, se observaron estructuras cónicas translúcidas agrupadas en la parte dorsal de una colonia, mismas que no habían sido reportadas previamente.

Los resultados de este trabajo proporcionan información relevante sobre la composición química de esta especie, y de la estructura y distribución de su cubierta protectora que no se habían descrito anteriormente. Con ello, se busca establecer bases para mejorar el conocimiento de la capa protectora que, con más trabajo, podría contribuir a mejorar las tácticas empleadas en el control de *D. opuntiae*.

ANEXO 1. Referencias bibliográficas usada en el análisis bibliométrico, listadas por tácticas de control de *Dactylopius opuntiae*.

Control biológico

- Aldama A., Cristobal, Celina Llanderal-Cázares, Marcos Soto-Hernández, y Luis Castillo-Márquez. 2005. "Cochineal (*Dactylopius coccus* Costa) production in prickly pear plants in the open and in microtunnel greenhouses". *Agrociencia* 39 (2): 161-71.
- Annecke, DP, WA Burger, y H Coetzee. 1976. "Pest status of *Cactoblastis cactorum* (Berg) (Lepidoptera: Phycitidae) and *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) (Coccoidea: Oactylopiidae) in spineless opuntia plantations in South Africa". *Journal of the Entomological Society of Southern Africa* 39 (1): 111-16. https://doi.org/10.10520/AJA00128789_4066.
- Ascencio Contreras, Daniel Osbaldo, Ramón Jarquín Gálvez, y José Pablo Lara Ávila. 2018. "Identification of native coccinellids of San Luis Potosí, for the biological control of *Dactylopius* spp.". *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 9 (6): 1283-87. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i6.1588>.
- Barbosa, Paulo R. R., Martin D. Oliveira, José A. Giorgi, José E. M. Oliveira, y Jorge B. Torres. 2014. "Suitability of Two Prey Species for Development, Reproduction, and Survival of *Tenuisvalvae notata* (Coleoptera: Coccinellidae)". *Annals of the Entomological Society of America* 107 (6): 1102-9. <https://doi.org/10.1603/AN13175>.
- Barreto-García, Oscar A., Esteban Rodríguez-Leyva, J. Refugio Lomeli-Flores, Juan M. Vanegas-Rico, Ana Lilia Viguera, y Liberato Portillo. 2020. "*Laetilia Coccidivora* Feeding on Two Cochineal Insect Species, Does the Prey Affect the Fitness of the Predator?". *BioControl* 65 (6): 727-36. <https://doi.org/10.1007/s10526-020-10047-6>.
- Baskaran, R., L. Lakshmi, y S. Uthamasamy. 1999. "Comparative Biology and Predatory Potential of Australian Ladybird Beetle (*Cryptolaemus Montrouzieri*) on *Planococcus citri* and *Dactylopius tomentosus*". *Indian Journal of Agricultural Sciences* 69 (8): 605-6.
- Bouharroud, R., M. Sbaghi, M. Boujghagh, y M. El Bouhssini. 2018. "Biological Control of the Prickly Pear Cochineal *Dactylopius opuntiae* Cockerell (Hemiptera: Dactylopiidae)". *EPPO Bulletin* 48 (2): 300-306. <https://doi.org/10.1111/epp.12471>.
- Bouharroud, Rachid, Mohamed EL Aalaoui, Mohamed Boujghagh, Lahoucine Hilali, Mustapha EL Bouhssini, y Mohamed Sbaghi. 2019. "New Record and Predatory Activity of *Hyperaspis campestris* (Herbst 1783) (Coleoptera: Coccinellidae) on *Dactylopius opuntiae* (Hemiptera: Dactylopiidae) in Morocco". *Entomological News* 128 (2): 156-60. <https://doi.org/10.3157/021.128.0202>.

- Carneiro-Leão, Mariele, Patricia Tiago, Lílian Medeiros, Antônio Félix, y Neiva Oliveira. 2017. “*Dactylopius opuntiae*: control by the *Fusarium incarnatum–equiseti* species complex and confirmation of mortality by DNA fingerprinting”. *Journal of Pest Science* 90 (junio). <https://doi.org/10.1007/s10340-017-0841-4>.
- Cruz-Rodríguez, J.A., E. Gonzalez-Machorro, A.A. Villegas Gonzalez, M.L. Rodríguez Ramírez, y F. Mejía Lara. 2016. “Autonomous Biological Control of *Dactylopius opuntiae* (Hemiptera: Dactylopiidae) in a Prickly Pear Plantation With Ecological Management”. *Environmental Entomology* 0 (0): 1-7. <https://doi.org/10.1093/ee/nvw023>.
- Da Silva Lopes, Rosineide, Luciana Gonçalves De Oliveira, Geiziquele De Lima, Maria Tereza Dos Santos Correia, Antonio Félix Da Costa, Elza Áurea De Luna-Alves Lima, y Vera Lúcia De Menezes Lima. 2019. “Pathogenic Activity of *Isaria* Spp. for Control of *Dactylopius opuntiae* (Hemiptera: Dactylopiidae) and the Effects of Selected Insecticides”. *Acta Zoológica Mexicana* 35 (noviembre): 1-5. <https://doi.org/10.21829/azm.2019.3502249>.
- El Aalaoui, M., R. Bouharroud, M. Sbaghi, M. El Bouhssini, y L. Hilali. 2019. “Predatory Potential of Eleven Native Moroccan Adult Ladybird Species on Different Stages of *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) (Hemiptera: Dactylopiidae)”. *EPPO Bulletin* 49 (2): 374-79. <https://doi.org/10.1111/epp.12565>.
- El Aalaoui, Mohamed, R. Bouharroud, M. Sbaghi, M. El Bouhssini, y L. Hilali. 2019. “First study of the biology of *Cryptolaemus montrouzieri* and its potential to feed on the mealybug *Dactylopius opuntiae* (Hemiptera: Dactylopiidae) under laboratory conditions in Morocco”. *Archives of Phytopathology and Plant Protection* 52 (13): 1112-24. <https://doi.org/10.1080/03235408.2019.1691904>.
- El Aalaoui, Mohamed, R. Bouharroud, M. Sbaghi, M. El Bouhssini, y L. Hilali. 2020. “Functional response and predation potential of *Hyperaspis campestris* (Herbst 1783) (coleoptera: Coccinellidae) on opuntiae cochineal *Dactylopius opuntiae* (hemiptera: Dactylopiidae) in Morocco”. *Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems* 12 (1 Special Issue): 63-70. <https://doi.org/10.5373/JARDCS/V12SP1/20201047>.
- El Aalaoui, Mohamed, Rachid Bouharroud, Mohamed Sbaghi, Mustapha EL Bouhssini, Lahoucine Hilali, y Nacera Dari. 2019. “Natural enemies associated with *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) (Hemiptera: Dactylopiidae) in Morocco and their population fluctuations”. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires* 7 (3). https://agrimaroc.org/index.php/Actes_IAPH2/article/view/725.
- El Aalaoui, Mohamed, Mustapha El Bouhssini, Rachid Bouharroud, y Mohamed Sbaghi. 2021. “Lethal and Sublethal Effects of the Insecticides D-Limonene, Mineral Oil, and Potassium

- Salts of Fatty Acid on *Dactylopius opuntiae* Potential Predator *Cryptolaemus Montrouzieri*". *International Journal of Tropical Insect Science* 41: 2897-2906. <https://doi.org/10.1007/s42690-021-00473-z>.
- El Aalaoui, Mohamed, y Mohamed Sbaghi. 2022. "Effects of Sublethal Concentrations of Some Biorational Insecticides in Predation Potential of *Cryptolaemus montrouzieri* on *Dactylopius opuntiae*". *International Journal of Tropical Insect Science* 42. <https://doi.org/10.1007/s42690-021-00567-8>.
- El Aalaoui, Mohamed, Mohamed Sbaghi, Rachid Bouharroud, Mustapha El Bouhssini, y Lahoucine Hilali. 2021. "Hyperpredation of Local Adults Ladybirds on the Eggs of *Cryptolaemus montrouzieri* a Potential Predator of Carmine Cactus Cochineal *Dactylopius Opuntiae* in Morocco". *International Journal of Tropical Insect Science* 41 (2): 1011-16. <https://doi.org/10.1007/s42690-020-00282-w>.
- Esparza-Gómez, Guillermo, Ana Viguera, y Liberato Portillo. 2008. "Capacidad de depredación de *Chilocorus cacti* L. (Coleoptera: Coccinellidae) en *Dactylopius opuntiae* Cockerell (Hemiptera: Dactylopiidae)". En *Grana de cochinilla y colorantes naturales*.
- Flores, A., H. Olvera, S. Rodríguez, y J. Barranco. 2013. "Predation Potential of *Chilocorus cacti* (Coleoptera: Coccinellidae) to the Prickly Pear Cacti Pest *Dactylopius opuntiae* (Hemiptera: Dactylopiidae)". *Neotropical Entomology* 42 (4): 407-11. <https://doi.org/10.1007/s13744-013-0139-z>.
- Freire, Karla T. L. S., Gianna R. Araújo, Jadson D. P. Bezerra, Renan N. Barbosa, Dianny C. V. Silva, Virgínia M. Svedese, Laura M. Paiva, y Cristina M. Souza-Motta. 2015. "Endophytic fungi of *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. (Cactaceae) sadia and infested by *Dactylopius opuntiae* (Cockerell, 1896) (Hemiptera: Dactylopiidae)". *Gaia Scientia* 9 (2): 104-10. <https://periodicos.ufpb.br/ojs2/index.php/gaia/article/view/24517>.
- Gilreath, Me, y Jw Smith. 1988. "Natural Enemies of *Dactylopius confusus* (Homoptera, Dactylopiidae) - Exclusion and Subsequent Impact on Opuntia (Cactaceae)". *Environmental Entomology* 17 (4): 730-38. <https://doi.org/10.1093/ee/17.4.730>.
- Giorgi, Jose Adriano, Paulo Roberto Ramos Barbosa, Jose Eudes de Moraes Oliveira, y Jorge Braz Torres. 2018. "Protilis Hattie Gordon and Hanley (Coleoptera: Coccinellidae: Cephaloscymnini): New Research on Native Natural Predators of the False Carmine Cochineal, *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) (Hemiptera: Dactylopiidae), in the Brazilian Semiarid Region". *Coleopterists Bulletin* 72 (3): 562-64. <https://doi.org/10.1649/0010-065X-72.3.562>.

- Gonçalves Diniz, Athaline, Luiz Felipe Silva Barbosa, Ana Carla da Silva Santos, Neiva Tinti de Oliveira, Antonio Félix da Costa, Mariele Porto Carneiro-Leão, y Patricia Vieira Tiago. 2020. "Bio-Insecticide Effect of Isolates of *Fusarium caatingaense* (Sordariomycetes: Hypocreales) Combined to Botanical Extracts against *Dactylopius opuntiae* (Hemiptera: Dactylopiidae)". *Biocontrol Science and Technology* 30 (4): 384-95. <https://doi.org/10.1080/09583157.2020.1720601>.
- Hernández-González, I. A., y J. A. Cruz-Rodríguez. 2018. "*Chilocorus Cacti* (Coleoptera: Coccinellidae) as a Biological Control Agent of the Wild Cochineal (Hemiptera: Dactylopiidae) of Prickly Pear Cactus". *Environmental Entomology* 47 (2): 334-39. <https://doi.org/10.1093/ee/nvy006>.
- Idris, I, S Elkhouri, y Y Bakri. 2019. "Evaluation of crude enzyme produced by *Bacillus subtilis* sy134d culture as a biocontrol agent against *Dactylopius opuntiae* (Dactylopiidae: Hemiptera) on cactus pear". *Journal of Bio Innovation* 8 (3): 289-300. https://jbino.com/docs/Issue03_07_2019.pdf.
- Leela, David A., y TS Muthukrihnan. 1953. "The prickly pear cochineal: Observations on its natural hosts and enemies in South India". *Indian Jour Ent* 15: 219-24. <https://www.webofscience.com/wos/alldb/full-record/BCI:BCI19552900017514>.
- Liberato Portillo, M. y Ana Lilia Viguera G. 1998. "Natural Enemies of Cochineal (*Dactylopius coccus* Costa): Importance in Mexico". *Journal of the Professional Association for Cactus Development* 3 (abril). <https://www.jpacd.org/jpacd/article/view/158>.
- Lima, Isabela Janne de, Mariele Porto Carneiro Leão, Ana Carla da Silva Santos, Antônio Felix da Costa, y Patricia Vieira Tiago. 2021. "Production of conidia by entomopathogenic isolates of *Fusarium caatingaense* on different vegetable substrates". *Biocontrol Science and Technology* 31 (2): 206-18. <https://doi.org/10.1080/09583157.2020.1843599>.
- Lopes, Rosineide da Silva, Luciana Gonçalves de Oliveira, Geiziquele de Lima, Antonio Félix da Costa, Elza Áurea de Luna Alves Lima, y Vera Lúcia de Menezes Lima. 2018. "Biological and alternative control of *Dactylopius opuntiae* by entomopathogenic fungus and plant extracts from *Opuntia ficus-indica* crop (Pernambuco/Brazil)". *Pesquisa Agropecuária Pernambucana* 23 (1): 4. <https://doi.org/10.12661/pap.2018.007>.
- Mendel, Zvi, Alexei Protasov, Juan M. Vanegas-Rico, J. Refugio Lomeli-Flores, Pompeo Suma, y Esteban Rodríguez-Leyva. 2020. "Classical and Fortuitous Biological Control of the Prickly Pear Cochineal, *Dactylopius opuntiae*, in Israel". *Biological Control* 142 (marzo): 104157. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2019.104157>.

- Oliveira, L. G., Rosineide S. Lopes, Venézio Felipe dos Santos, Elza Aurea Luna-Alves Lima, Elizabeth A. A. Maranhão, y Antonio F. da Costa. 2019. "Efficacy of Biocontrol Agents *Beauveria bassiana* and Plant Extracts on *Dactylopius opuntiae* Cockerell (Hemiptera: Dactylopiidae)". *Journal of Agricultural Science* 12 (1): 171. <https://doi.org/10.5539/jas.v12n1p171>.
- Petty, FW. 1946. "Control of cochineal in spineless cactus plantations. Revised measures". *Farming in South Africa* 21: 615-19. <https://www.webofscience.com/wos/alldb/full-record/CABI:19470700384>.
- Pretorius, MW, y H Van Ark. 1992. "Further Insecticide Trials for the Control of *Cactoblastis cactorum* (Lepidoptera: Pyralidae) as Well as *Dactylopius opuntiae* (Hemiptera: Dactylopiidae) on Spineless Cactus". *Phytophylactica* 24: 229-33. https://journals.co.za/doi/pdf/10.10520/AJA03701263_1471.
- Protasov, Alex, Mendel Zvi, Malkie Spodek, y Carvalho Jorge. 2017. "Management of the Opuntia cochineal scale insect, *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) in Israel". *Alon Hanotea* 71: 48-51. <https://www.researchgate.net/publication/320583651>.
- Ramírez-Sánchez, Carlos Jesús, Francisco Javier Morales-Flores, Raquel Alatorre-Rosas, Jaime Mena-Covarrubias, y Santiago de Jesús Méndez-Gallegos. 2019. "Efectividad de hongos entomopatógenos sobre la mortalidad de *Dactylopius opuntiae* (Hemiptera: Dactylopiidae) en condiciones de laboratorio". *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 10 (22): 1-14. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i22.1854>.
- Salas-Monzon, Raquel, Esteban Rodriguez-Leyva, J. Refugio Lomeli-Flores, y Juan M. Vanegas-Rico. 2020. "How Two Predators Feed on *Dactylopius opuntiae* Beneath Its Ventral Side". *Southwestern Entomologist* 45 (3): 823-26. <https://doi.org/10.3958/059.045.0324>.
- Santos, P. de S., M. a. Q. da Silva, A. C. Monteiro, y C. a. T. Gava. 2011. "Improving Photoprotection of *Beauveria bassiana* Conidia for Biological Control of the Cactus Pest *Dactylopius opuntiae* in the Semiarid Region Northeast of Brazil". *Biocontrol Science and Technology* 21 (8): 893-902. <https://doi.org/10.1080/09583157.2011.586022>.
- Santos, P. de S., M. A. Q. da Silva, A. C. Monteiro, y C. A. T. Gava. 2012. "Selection of surfactant compounds to enhance the dispersion of *Beauveria bassiana*". *Biocontrol Science and Technology* 22 (3): 281-92. <https://doi.org/10.1080/09583157.2012.655708>.
- Silva, Raquel Maria da, Edcleyton José de Lima, Djalma Cordeiro dos Santos, Cesar Auguste Badji, João Tiago Correia Oliveira, y Keila Aparecida Moreira. 2021. "Assessment of resistance inducers does not control *Dactylopius opuntiae* in genotypes of *Opuntia* spp."

- Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade* 8 (18): 533-42. [https://doi.org/10.21438/rbgas\(2021\)081834](https://doi.org/10.21438/rbgas(2021)081834).
- Silva Santos, Ana Carla da, Rafael Leão Soares Oliveira, Antonio Félix da Costa, Patricia Vieira Tiago, y Neiva Tinti de Oliveira. 2016. "Controlling *Dactylopius opuntiae* with *Fusarium incarnatum–equiseti* Species Complex and Extracts of *Ricinus communis* and *Poincianella pyramidalis*". *Journal of Pest Science* 89 (2): 539-47. <https://doi.org/10.1007/s10340-015-0689-4>.
- Silva-Lima, M, DMP Da Silva, HM Falcao, WM Ferreira, LD Silva, y BAJ Paranhos. 2011. "Predators of the *Dactylopius opuntiae* (Hemiptera: Dactylopiidae) on fodder opuntia in the Pernambuco State, Brazil. Predadores associados a *Dactylopius opuntiae* (Hemiptera: Dactylopiidae) em palma forrageira no estado de Pernambuco, Brasil." *Revista Chilena de Entomología* 36: 51-54. https://www.researchgate.net/publication/325754242_PREDADORES_ASSOCIADOS_A_DACTYLOPIUS_OPUNTIAE_HEMIPTERA_DACTYLOPIIDAE_EM_PALMA_FORRAGEIRA_NO_ESTADO_DE_PERNAMBUCO_BRASIL.
- Tellez-Navarro, MM, A Soler, C García, D Buendía, y E Rodríguez. 2018. "Evaluation of the predatory capacity of the beetle *Cryptolaemus montrouzieri* on the mealybug *Dactylopius opuntiae* in prickly pear (*Opuntia ficus-indica* L.)". *Phytoma España: La revista profesional de sanidad vegetal*, n.º 296: 42-49. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6867654>.
- Tiago, P.V., L.V. Medeiros, M.P. Carneiro Leão, A.C.D.S. Santos, A.F. da Costa, y N.T. de Oliveira. 2016. "Polymorphisms in entomopathogenic fusaria based on inter simple sequence repeats". *Biocontrol Science and Technology* 26 (10): 1401-10. <https://doi.org/10.1080/09583157.2016.1210084>.
- Torres, Jorge Braz, y Jose Adriano Giorgi. 2018. "Management of the False Carmine Cochineal *Dactylopius Opuntiae* (Cockerell): Perspective from Pernambuco State, Brazil". *Phytoparasitica* 46 (3): 331-40. <https://doi.org/10.1007/s12600-018-0664-8>.
- Vanegas-Rico, J. M., J. R. Lomeli-Flores, E. Rodríguez-Leyva, G. Mora-Aguilera, y J. M. Valdez. 2010. "Enemigos naturales de *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) en *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller en el centro de México". *Acta Zoológica Mexicana (N.S.)* 26 (2). <https://doi.org/10.21829/azm.2010.262718>.
- Vanegas-Rico, J. M., Esteban Rodríguez-Leyva, J. Refugio Lomeli-Flores, Héctor González-Hernández, Alejandro Pérez-Panduro, y Gustavo Mora-Aguilera. 2016. "Biology and Life History of *Hyperaspis trifurcata* Feeding on *Dactylopius opuntiae*". *BioControl* 61 (6): 691-701. <https://doi.org/10.1007/s10526-016-9753-0>.

- Vanegas-Rico, Juan M., J. Refugio Lomeli-Flores, Esteban Rodríguez-Leyva, Alejandro Pérez-Panduro, Héctor González-Hernández, y Antonio Marín-Jarillo. 2015. “*Hyperaspis trifurcata* (Coleoptera: Coccinellidae) and its parasitoids in Central Mexico”. *Revista Colombiana de Entomología* 41 (2): 194-99.
- Vanegas-Rico, Juan Manuel, Alejandro Pérez-Panduro, J Refugio Lomelí-Flores, Jorge Manuel Valdez-Carrasco, Gustavo Mora-Aguilera, y Esteban Rodriguez-Leyva. 2017. “*Dactylopius opuntiae* (Cockerell) (Hemiptera: Dactylopiidae) Population Fluctuations and Predators in Tlalnepantla, Morelos, Mexico”. *Folia Entomológica Mexicana* 3 (2): 23-31.
- Velez Alencar, Bruno Augusto de, Athaline Goncalves Diniz, Luiz Felipe Silva Barbosa, Ana Carla da Silva Santos, Antonio Felix da Costa, y Patricia Vieira Tiago. 2019. “Potential of *Fusarium incarnatum-equiseti* Species Complex Isolates with *Chenopodium ambrosioides* and *Enterolobium contortisiliquum* Extracts to Control *Dactylopius opuntiae*”. *International Journal of Tropical Insect Science* 39 (2): 131-38. <https://doi.org/10.1007/s42690-019-00014-9>.
- Villanueva Sanchez, Evert, Samuel Ramirez Alarcon, Clemente Villanueva Verduzco, Irma Sanchez Cabrera, Alfonso Luna Cruz, y Jaime Daniel Canseco Gonzalez. 2018. “Numerical Response of *Chilocorus cacti* on *Dactylopius opuntiae*”. *Southwestern Entomologist* 43 (3): 705-13. <https://doi.org/10.3958/059.043.0316>.
- Yousef-Yousef, Meelad, y Enrique Quesada-Moraga. 2020. “Towards *Dactylopius Opuntiae* (Cockerell) (Hemiptera: Dactylopiidae) Biological and Integrated Management at Field Conditions in Cadiz Province (Spain)”. *Biocontrol Science and Technology* 30 (9): 951-61. <https://doi.org/10.1080/09583157.2020.1771280>.

Control químico no convencional

- Acosta-Navarrete, María Susana, Calderón-Ruiz Alberto, Ramírez-Lemus Lidia, y Guzmán-Cabrera Rafael. 2018. “Aceite de higuera como inhibidor biológico en grana cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa) para producción de nopal verdura.” *Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales* 4 (11): 1-7.
- Araya, Alemu, y Abraha Berhe. 2016. “Management of cochineal (*Dactylopius coccus* Costa) insect pest through botanical extraction in tigray, north Ethiopia”. *Journal of the drylands*, 6 (2).
- Borges, L.R., D.C. Santos, E.W.F. Gomes, V.A.L.B. Cavalcanti, I.M.M. Silva, HM Falcao, y D.M.P. Da Silva. 2013. “Use of biodegradable products for the control of *Dactylopius opuntiae* (hemiptera: Dactylopiidae) in cactus pear”. *Acta Horticulturae* 995 (Query date: 2020-07-24 18:07:25): 379-86. doi:[10.17660/ActaHortic.2013.995.49](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2013.995.49).

- Braga, Gilberto S., Marco Antônio G. Costa, y Albericio N. Rocha. 2017. "Formulação orgânica eficiente para controle de Cochonilha (*Dactylopius coccus*) em plantas ornamentais: estudo de caso em *Hibiscus rosa-sinensis* L". *Revista Fitos* 11. doi:[10.5935/2446-4775.20170014](https://doi.org/10.5935/2446-4775.20170014).
- Brito, Carlos Henrique de, Edson Batista Lopes, Ivanildo Cavalcanti de Albuquerque, y Jacinto de Luna Batista. 2008. "Evaluation of alternative products and pesticides in control carmine cochineal in the state of Paraíba". *Revista de Biologia e Ciências da Terra* 8 (2): 1-5.
- Cuevas-Salgado María Idalia, Castañeda-Templos Flor Andrea, y Romero-Nápoles Carlos. 2015. "Aceites vegetales comestibles como alternativa de control para cochinilla silvestre del nopal *Dactylopius opuntiae* Cockerell (Hemiptera: Dactylopiidae), bajo condiciones de campo." *Boletín de la Sociedad Mexicana de Entomología (nueva serie)* Número especial 1: 64-70.
- El Aalaoui, Mohamed, y Mohamed Sbaghi. 2022. "Effects of Sublethal Concentrations of Some Biorational Insecticides in Predation Potential of *Cryptolaemus montrouzieri* on *Dactylopius Opuntiae*". *International Journal of Tropical Insect Science* 42. doi:[10.1007/s42690-021-00567-8](https://doi.org/10.1007/s42690-021-00567-8).
- Idris, Imad, Ghaleb Tayoub, y Yaser Bakri. 2021. "Effectiveness of Some Plant Extracts against the Different Stages of the Cochineal Insect *Dactylopius opuntiae* on Prickly Pear in Syria". *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies* 27 (2): 94-99.
- Lacerda, Cynthia Araújo de, Venézio Felipe dos Santos, Larissa Rolim Borges, Elisabete Albuquerque dos Santos, Emmelyne Ketlen Soares Luz da Costa, Carlos Alberto Tavares da Silva Filho, Ranilson Emmanuel de Aquino, Mariana de Lima Ataíde, y Deise Maria Passos da Silva. 2011. "The use of alternative products for the control of cochineal-carmine *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) on prickly pears.". *Pesquisa Agropecuária Pernambucana* 16 (Especial): 31-41.
- Lopes, Batista Edson, Carlos Henrique de Brito, Ivanildo Cavalcanti de Albuquerque, y Jacinto de Luna Batista. 2009. "Desempenho do óleo de laranja no controle da cochonilha-do-carmim em palma gigante". *Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal* 6 (1): 252-58.
- Lopes, R. S., L. G. Oliveira, A. F. Costa, M. T. S. Correia, E. a. L. A. Lima, y V. L. M. Lima. 2018. "Efficacy of *Libidibia Ferrea* Var. *Ferrea* and *Agave Sisalana* Extracts against *Dactylopius opuntiae* (Hemiptera: Coccoidea)." *Journal of Agricultural Science (Toronto)* 10 (4): 255-67. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20183146590>.
- Lopez-Rodriguez, Patricia E., Gildardo Aquino-Perez, Francisco J. Morales-Flores, Jaime Mena-Covarrubias, Esteban Rodriguez-Leyva, y Santiago de Jesus Mendez-Gallegos. 2021. "Non-conventional products as an alternative to control *Dactylopius opuntiae* Cockerell (Hemiptera:

- Dactylopiidae)". *Revista Fitotecnia Mexicana* 44 (3). Chapingo: Soc Mexicana Fitogenetica: 417-24. <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000740924600015>.
- Palacios Mendoza, Celina, Ramón Nieto-Hernández, Celina Llanderal-Cázares, y Héctor González-Hernández. 2004. "Efectividad biológica de productos biodegradables para el control de la cochinilla silvestre *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) (Homoptera: Dactylopiidae)". *Acta zoológica mexicana*, enero. Instituto de Ecología A.C. <https://www.scienceopen.com/document?vid=a119afb4-8276-4df6-aa99-76d4d3092ccd>.
- Pérez-Ramírez, Adriana, Federico Castrejón-Ayala, y Alfredo Jiménez-Pérez. 2014. "Potential Of Terpenoids And Mealybug Extract To Deter The Establishment Of *Dactylopius opuntiae* (Hemiptera: Dactylopiidae) Crawlers On *Opuntia ficus-indica*". *The Florida Entomologist* 97 (1). Florida Entomological Society: 269-71. <https://www.jstor.org/stable/24362465>.
- Ramdani, Chaimae, Rachid Bouharroud, Mohamed Sbaghi, Abdelhalim Mesfioui, y Mustapha El Bouhssini. 2021. "Field and Laboratory Evaluations of Different Botanical Insecticides for the Control of *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) on Cactus Pear in Morocco". *International Journal of Tropical Insect Science* 41 (2): 1623-32. doi:[10.1007/s42690-020-00363-w](https://doi.org/10.1007/s42690-020-00363-w).
- Ramdani, Chaimae, Karim El Fakhouri, Mohamed Sbaghi, Rachid Bouharroud, Rachid Boulamtat, Abderrahim Aasfar, Abdelhalim Mesfioui, y Mustapha El Bouhssini. 2021. "Chemical Composition and Insecticidal Potential of Six Essential Oils from Morocco against *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) under Field and Laboratory Conditions". *Insects* 12 (11). Multidisciplinary Digital Publishing Institute: 1007. doi:[10.3390/insects12111007](https://doi.org/10.3390/insects12111007).
- Silva Santos, Ana Carla da, Rafael Leão Soares Oliveira, Antonio Félix da Costa, Patricia Vieira Tiago, y Neiva Tinti de Oliveira. 2016. "Controlling *Dactylopius opuntiae* with *Fusarium incarnatum–equiseti* Species Complex and Extracts of *Ricinus Communis* and *Poincianella pyramidalis*". *Journal of Pest Science* 89 (2): 539-47. doi:[10.1007/s10340-015-0689-4](https://doi.org/10.1007/s10340-015-0689-4).
- Suassuna, Paulo, Aldo Torres, Ana Viguera, y Liberato Portillo. 2008. "Pruebas de control de *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) con extractos vegetales en el nordeste de Brasil." En *Grana cochinilla y colorantes naturales*. Colegio de Postgraduados, México. 78-80 pp.
- Torres-Gabriola, Gabriela, y María Idalia Cuevas-Salgado. 2019. "Control of *Dactylopius opuntiae* Cockerell, 1929 (Hemiptera: Dactylopiidae) with recycled vegetable oils under laboratory conditions". *Entomología Mexicana* 6: 134-39. <https://www.entomologia.socmexent.org/revista/2019/EA/EA%20134-139.pdf>.
- Vázquez-García, M., S. Garabito-Espinoza, J. Tabares-Vega, y G. Castillo-Herrera. 2011. "Essential Oils from Aromatic Plant Species and Insecticidal Effects on *Dactylopius opuntiae*

(Cockerell) (Homoptera: Dactylopiidae) in Mobile Juveniles.” *Acta Horticulturae*, 894 (abril): 215-23. doi:[10.17660/ActaHortic.2011.894.24](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2011.894.24).

Viguera, A.L., J. Cibrán-Tovar, y C. Pelayo-Ortiz. 2009. “Use of botanicals extracts to control wild cochineal (*Dactylopius opuntiae* cockerell) on cactus pear.” *Acta Horticulturae*, n.º 811 (febrero): 229-34. doi:[10.17660/ActaHortic.2009.811.28](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2009.811.28).

Control químico convencional

Brito, Carlos Henrique de, Edson Batista Lopes, Ivanildo Cavalcanti de Albuquerque, y Jacinto de Luna Batista. 2008. “Evaluation of alternative products and pesticides in control carmine cochineal in the state of Paraíba”. *Revista de Biología e Ciências da Terra*, 8 (2): 1-5.

Burger, WA. 1972. “Control Cactoblastis and cochineal”. *Farming in South Africa* 48: 6-8. <https://www.webofscience.com/wos/alldb/full-record/CABI:19720700111>.

El Aalaoui, Mohamed, Rachid Bouharroud, Mohamed Sbaghi, Mustapha El Bouhssini, Lahoucine Hilali, y Khadija Dari. 2019. “Comparative Toxicity of Different Chemical and Biological Insecticides against the Scale Insect *Dactylopius opuntiae* and Their Side Effects on the Predator *Cryptolaemus montrouzieri*”. *Archives of Phytopathology and Plant Protection* 52 (1-2): 155-69. doi:[10.1080/03235408.2019.1589909](https://doi.org/10.1080/03235408.2019.1589909).

Idris, Imad, Ghaleb Tayoub, y Yaser Bakri. 2021. “Effectiveness of Some Plant Extracts against the Different Stages of the Cochineal Insect *Dactylopius opuntiae* on Prickly Pear in Syria”. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies* 27 (2): 94-99.

Lopes, R. S., L. G. Oliveira, A. F. Costa, M. T. S. Correia, E. a. L. A. Lima, y V. L. M. Lima. 2018. “Efficacy of *Libidibia ferrea* var. *ferrea* and *Agave sisalana* Extracts against *Dactylopius opuntiae* (Homoptera: Coccoidea)”. *Journal of Agricultural Science* 10 (4): 255-67. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20183146590>.

Pérez, Ricardo, Guadalupe Bravo-Silva, José Martínez-Martínez, Álvaro Hernández, Teresa Jesús, y Ramírez Pedraza. 2019. “Evaluación de la efectividad biológica de bioinsecticida para el control de cochinilla silvestre (*Dactylopius opuntiae* Cockerell), en nopal (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.), en Totolapan, Morelos, México”. *Revista Chilena de Entomología* 45 (1): 55-64.

Petty, BK. 1946. “Miscellaneous D.D.T. Studies, with special Reference to some common agricultural Pests”. *Science Bulletin. Department of Agriculture and Forestry, Union of South Africa* 276: 16. <https://www.webofscience.com/wos/alldb/full-record/CABI:19491000195>.

- Suassuna, Paulo, Aldo Torres, Ana Viguera, y Liberato Portillo. 2008. "Pruebas de control de *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) con extractos vegetales en el nordeste de Brasil." En *Grana cochinita y colorantes naturales*.
- Torres, Jorge Braz, y Jose Adriano Giorgi. 2018. "Management of the False Carmine Cochineal *Dactylopius opuntiae* (Cockerell): Perspective from Pernambuco State, Brazil". *Phytoparasitica* 46 (3): 331-40. doi:[10.1007/s12600-018-0664-8](https://doi.org/10.1007/s12600-018-0664-8).
- Vázquez-García, M., S. Garabito-Espinoza, J. Tabares-Vega, y G. Castillo-Herrera. 2011. "Essential Oils from Aromatic Plant Species and Insecticidal Effects on *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) (Homoptera: Dactylopiidae) in Mobile Juveniles." *Acta Horticulturae*, n.º 894 (abril): 215-23. doi:[10.17660/ActaHortic.2011.894.24](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2011.894.24).
- Zeitoun, Rawan, Salem Hayar, Liliane Majed, Khaled El-Omari, y Sylvie Dousset. 2020. "Comparison of the Efficacy of Two Insecticides for the Management of *Dactylopius opuntiae* on Prickly Pear Cactus in Lebanon and Monitoring of the Insecticides Residues Dissipation Rates in Fruits and Cladodes". *Sn Applied Sciences* 2 (1): 118. doi:[10.1007/s42452-019-1910-5](https://doi.org/10.1007/s42452-019-1910-5).

Resistencia vegetal

- Akroud, Hayat, Mohamed Sbaghi, Rachid Bouharroud, Tayeb Koussa, Mohamed Boujghagh, y Mustapha El Bouhssini. 2021. "Antibiosis and Antixenosis Resistance to *Dactylopius opuntiae* (Hemiptera: Dactylopiidae) in Moroccan Cactus Germplasm". *Phytoparasitica* 49 (4). Dordrecht: Springer: 623-31. doi:[10.1007/s12600-021-00897-w](https://doi.org/10.1007/s12600-021-00897-w).
- Borges, L.R., D.C. Santos, V.A.L.B. Cavalcanti, E.W.F. Gomes, HM Falcao, y D.M.P. Da Silva. 2013. "Selection of cactus pear clones regarding resistance to carmine cochineal *Dactylopius opuntiae* (dactylopiidae)". *Acta Horticulturae* 995 (Query date: 2020-07-24 18:07:25): 359-66. doi:[10.17660/actahortic.2013.995.47](https://doi.org/10.17660/actahortic.2013.995.47).
- Dutra, M. De F. B., M. H. Aloufa, N. F. De Melo, y J. I. P. Leite. 2020. "Aclimatização de genótipos de palma forrageira *Opuntia stricta* (Haw.) E *Nopalea cochenilifera* (L.) Salm-Dyck resistentes a cochonilha-do-carmim (*Dactylopius opuntiae*)". *Holos* 36 (7): e10689. doi:[10.15628/holos.2020.10689](https://doi.org/10.15628/holos.2020.10689).
- Falcão, H.M., M.T. Oliveira, A.C. Mergulhão, M.V. Silva, y M.G. Santos. 2013. "Ecophysiological performance of three *Opuntia ficus-indica* cultivars exposed to carmine cochineal under field conditions". *Scientia Horticulturae* 150: 419-24. doi:[10.1016/j.scienta.2012.11.021](https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.11.021).

- Lopes, EB, CH de Brito, IC de Albuquerque, y JL Batista. 2010. “Seleção de genótipos de palma forrageira (*Opuntia* spp. e *Nopalea* spp.) resistentes à cochonilha-do-carmim (*Dactylopius opuntiae* Cockerell, 1929) na ...”. *Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia* 7 (1): 204-15.
- Matos, Thiago Kelvin, Jhonyson Guedes, Elenilson Alves Filho, Licia Luz, Gisele Simone Lopes, Ronaldo do Nascimento, João de Sousa, et al. 2021. “Integrated UPLC-HRMS, Chemometric Tools, and Metabolomic Analysis of Forage Palm (*Opuntia* Spp. and *Nopalea* Spp.) to Define Biomarkers Associated with Non-Susceptibility to Carmine Cochineal (*Dactylopius opuntiae*)”. *Journal of the Brazilian Chemical Society*. doi:[10.21577/0103-5053.20210060](https://doi.org/10.21577/0103-5053.20210060).
- Mergulhão, Adália Cavalcanti do Espírito Santo, Kátia Fernanda Rito, Clébia Maria Alves Almeida, Daniel Oliveira Jordão Amaral, Maria Luiza Ribeiro Bastos Silva, y Márcia Vanusa Silva. 2012. “Identification of Genes Expressed during the Interaction between Prickly Pear Cactus and Carmine Cochineal by Differential Display-RT-PCR”. *Agricultural Science Research Journals Vol. 2* (December): 648-52. <https://www.mendeley.com/catalogue/50c56c78-263d-3420-9c86-f26798d08faa/>.
- Sbaghi, M., R. Bouharroud, M. Boujghagh, y M.E.L. Bouhssini. 2019. “Sources of resistance to *Opuntia* spp. against the carmine cochineal, *Dactylopius opuntiae*, in Morocco. “. *EPPO Bulletin* 49 (3): 585-92. doi:[10.1111/epp.12606](https://doi.org/10.1111/epp.12606).
- Silva, D.M. Passos Da, L.M. Houllou-Kido, D. Cordeiro Dos Santos, R. Gonçães Alves Ferreira, V. Felipe Dos Santos, W. Melo Ferreira, M. Silva De Lima, H. Marinho Falcão, y F. De Sena Tabosa. 2009. “Resistance of in vitro grown forage cactus clones to *Dactylopius opuntiae* (Hemiptera: Dactylopiidae)”. *Acta Horticulturae* 811 (Query date: 2020-07-24 18:07:25): 299-302. doi:[10.17660/ActaHortic.2009.811.40](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2009.811.40).
- Silva, Érik Serafim da, Isaac Araújo Gomes, Luzimar Joventina de Melo, Weverton Pereira de Medeiros, y Marcos Barros de Medeiros. 2020. “Characteristics of forage palm *Opuntia* spp. with potential for resistance to cochineal *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) (Hemiptera: Dactylopiidae)”. *Revista Brasileira de Gestao Ambiental e Sustentabilidade* 7 (17): 1533-41. <http://revista.ecogestaobrasil.net/v7n17/v07n17a31a.html>.
- Silva, Marta Gerusa Soares da, José Carlos Batista Dubeux, Liz Carolina da Silva Lagos Cortes Assis, Diógenes Luis Mota, Luiz Lúcio Soares da Silva, Mércia Virginia Ferreira dos Santos, y Djalma Cordeiro dos Santos. 2010. “Anatomy of Different Forage Cacti with Contrasting Insect Resistance”. *Journal of Arid Environments* 74 (6): 718-22. doi:[10.1016/j.jaridenv.2009.11.003](https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2009.11.003).
- Silva, Raquel Maria da, Edcleyton José de Lima, Maria Alane Pereira Barbosa, Wellington Leal dos Santos, Edson Flávio Teixeira da Silva, Cesar Auguste Badji, Cristina Maria de Souza-Motta, João Tiago Correia Oliveira, y Keila Aparecida Moreira. 2021. “Phenylalanine ammonia lyase (PAL) activity in

genotypes of *Opuntia* spp. against artificial infestation of *Dactylopius opuntiae* submitted to biotic and abiotic resistance inducers”. *Research, Society and Development* 10 (5): e41610515106. doi:[10.33448/rsd-v10i5.15106](https://doi.org/10.33448/rsd-v10i5.15106).

Silva, Raquel Maria da, Edcleyton José de Lima, Djalma Cordeiro dos Santos, Cesar Auguste Badji, João Tiago Correia Oliveira, y Keila Aparecida Moreira. 2021. “Assessment of resistance inducers does not control *Dactylopius opuntiae* in genotypes of *Opuntia* spp.” *Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade* 8 (18): 533-42. doi:[10.21438/rbgas\(2021\)081834](https://doi.org/10.21438/rbgas(2021)081834).

Vasconcelos, Andréa Guimarães Vieira de, Mario de Andrade Lira, Vanildo Leal Bezerra Cavalcanti, Mércia Virginia Ferreira dos Santos, y Lilia Willadino. 2009. “Selection of forage palm clones resistant to carmine cochineal (*Dactylopius* sp)”. *Revista Brasileira de Zootecnia* 38 (5): 827-31. doi:[10.1590/S1516-35982009000500007](https://doi.org/10.1590/S1516-35982009000500007).

Control físico

Moran, V. C., y J. H. Hoffmann. 1987. “The Effects of Simulated and Natural Rainfall on Cochineal Insects (Homoptera: Dactylopiidae): Colony Distribution and Survival on Cactus Cladodes”. *Ecological Entomology* 12 (1): 61-68. doi:[10.1111/j.1365-2311.1987.tb00985.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2311.1987.tb00985.x).

Control legal

Macêdo, Helenize Carlos de, Josandra Araújo Barreto de Melo, y Rogério Barbosa Bezerra. 2014. “Territory, public policies and rural development in the municipality of caturité, PB”. *GeoTextos* 10 (2). doi:[10.9771/1984-5537geo.v10i2.9285](https://doi.org/10.9771/1984-5537geo.v10i2.9285).

Control etológico

El Aalaoui, Mohamed, y Mohamed Sbaghi. 2021. “Evaluation of Trapping Systems for Cactus Mealybug on Prickly Pear in Greenhouses”. *Arthropod Management Tests* 46 (1): 139. doi:[10.1093/amt/tsab139](https://doi.org/10.1093/amt/tsab139).

Control cultural

Portillo, L., Burgos, A., & Viguera, A. L. 2019. “Cactus pear and cochineals: Good agricultural practice and control”. *Acta Horticulturae*, 1247: 199-205.. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2019.1247.27>