



ARTÍCULO CIENTÍFICO

CARACTERIZACIÓN DE COCCINÉLIDOS DEPREDADORES (COLEOPTERA: COCCINELLIDAE) EN UN SISTEMA AGROECOLÓGICO SEMIDESÉRTICO POTOSINO

Daniel Osbaldo Ascencio-Contreras ¹

Omar Guadalupe Alvarado-Gómez ¹

José Pablo Lara-Ávila ²

Ramón Jarquin-Gálvez ² 

Verónica Ávila-Rodríguez ³

¹Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León.

daniel2315@hotmail.com,

omaralvarado085@gmail.com

²Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Autónoma de San Luis Potosí

pablo.lara@uaslp.mx

jarquin02@hotmail.com

³Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Juárez del estado de Durango.

vavilar@gmail.com

 jarquin02@hotmail.com

¹Francisco I. Madero S/N, Hacienda el Canadá, Cd. Gral. Escobedo, C. P. 66050 Nuevo León, México.

²Carretera San Luis-Matehuala km 14.5, Ejido La Palma de la Cruz, Soledad de Graciano Sánchez, C. P. 78321 San Luis Potosí, México.

³Avenida Universidad S/N Fracc. Filadelfia. C. P. 35020, Gómez Palacio, Durango, México.

Folia Entomológica Mexicana (nueva serie), 6(1): 1–8, 2020.

Recibido: 20 de septiembre 2019

Aceptado: 24 de marzo 2020

Publicado en línea: 30 de abril 2020

CARACTERIZACIÓN DE COCCINÉLIDOS DEPREDAADORES (COLEOPTERA: COCCINELLIDAE) EN UN SISTEMA AGROECOLÓGICO SEMIDESÉRTICO POTOSINO

Characterization of predatory ladybugs (Coleoptera: Coccinellidae) in a Potosino semi-desert agroecological system

Daniel Osbaldo Ascencio-Contreras¹, Omar Guadalupe Alvarado-Gómez¹, José Pablo Lara-Ávila², Ramón Jarquin-Gálvez^{2*} y Verónica Ávila-Rodríguez³.

¹Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León.

²Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Autónoma de San Luis Potosí

³Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Juárez del estado de Durango.

*Autor de correspondencia: jarquin02@hotmail.com

RESUMEN. La cochinilla silvestre, *Dactylopius opuntiae*, es la plaga más recurrente del nopal verdura en San Luis Potosí. Desde hace varios años se han observado depredadores con características similares a los coccinélidos atacando a la cochinilla silvestre en parcelas libres de plaguicidas en los municipios de Soledad de Graciano Sánchez y en Santa María del Río, S.L.P. La presente investigación tuvo por objetivo identificar los enemigos naturales de *D. opuntiae* existentes en la zona de estudio. Durante los meses de enero-abril 2019 se realizaron colectas de coccinélidos en parcelas de nopal verdura, con observaciones directas de depredación de cochinilla silvestre, para su identificación mediante observación de morfología y la secuencia parcial del gen ribosomal 28S ARNr. Los resultados, de identificación a nivel morfológico confirmaron la presencia de *Exochomus childreni guexi* e *Hyperaspis trifurcata* los cuales fueron corroborados molecularmente hasta el nivel de género.

Palabras clave: Depredadores naturales, *Opuntia*, Nopal verdura, Identificación taxonómica y molecular.

ABSTRACT. The wild mealybug, *Dactylopius opuntiae*, is the most recurrent pest of the nopal vegetable in San Luis Potosí. For several years, predators with characteristics similar to coccinellids have been observed attacking wild mealybugs in pesticide-free plots in the municipality of Soledad de Graciano Sánchez and in Santa María del Río, S.L.P. The objective of the present investigation was to identify the natural enemies of *D. opuntiae* identifies in the study area. During the months of January-April 2019, coccinellid collections were carried out in plots of prickly pear cactus, with direct observations of wild mealybug predation, for identification by observing morphology and sequencing of the 28S ARNr ribosomal gene. The results of identification at the morphological level corroborated the presence of *Exochomus childreni guexi* and *Hyperaspis trifurcata*, which were confirmed molecularly, at the gender level.

Keywords: Natural predators, *Opuntia*, Nopal vegetable, taxonomic and molecular identification.

INTRODUCCIÓN

San Luis Potosí cuenta con una superficie sembrada de nopal verdura, *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. de 300 ha, con una producción en el estado de 2,493 toneladas con rendimientos de 8.61 ton/ha (SIAP, 2018). La lista de plagas asociadas a *O. ficus-indica* incluye más de 150 especies, de las cuales sólo 11 se consideran plagas primarias en alguna región o temporada de cultivo en México (Pacheco *et al.*, 2011). Entre estas, *Dactylopius opuntiae* (Cockerell), conocida

como grana o cochinilla silvestre, destaca por su voracidad (Carneiro *et al.*, 2017), se encuentra en más de 20 estados infestando 15 especies de cactáceas, siendo la plaga del nopal verdura más importante de México. En el estado de San Luis Potosí los municipios más afectados por *D. opuntiae* son el propio San Luis Potosí, Santa María del Río y Soledad de Graciano Sánchez, con pérdidas de hasta 150 ha cuando se presentan las condiciones adecuadas para el desarrollo de la plaga (INIFAP, 2016). *Dactylopius opuntiae* también se ha registrado con categoría de plaga en

al menos 19 países, destacado Brasil, España, Turquía, Israel y Marruecos (Chávez *et al.*, 2011; Spodek *et al.*, 2014). Esta plaga ocasiona daño succionando la savia, lo que produce clorosis y disminución en el rendimiento de nopal; una infestación de este insecto mayor al 75 % en la superficie de los cladodios causa la muerte de la planta (Vanegas-Rico *et al.*, 2010).

Aunque existen recomendaciones químicas para el control de la cochinilla silvestre, en México existen restricciones para su uso, ya que, en este cultivo se realizan cortes aproximadamente cada siete días, lo que puede ocasionar que el consumidor ingiera residuos químicos, cuando no se respetan los intervalos de seguridad (COFEPRIS, 2016). De lo anterior surge la propuesta de buscar alternativas para el control de la plaga sin recurrir a los agroquímicos (Perfecto *et al.*, 2010). En ese sentido, en países como Israel y Brasil se han identificado especies de coccinélidos como *Chilocorus cacti* L. e *Hyperaspis trifurcata* Schaeffer, depredando *D. opuntiae* y se han iniciado programas de control biológico (Vanegas-Rico *et al.*, 2016).

En San Luis Potosí, paralelamente a la presencia del problema de cochinilla silvestre, se han observado depredadores con características similares a los coccinélidos que atacan a la cochinilla silvestre en el municipio de Soledad de Graciano Sánchez (Jarquin *et al.*, 2013) y se cuenta con evidencias de la presencia de *C. cacti*, en parcelas de nopal verdura en Santa María del Río (Ascencio *et al.*, 2018). En otras regiones de México, también existen un conjunto de enemigos naturales de la cochinilla silvestre, que se reportan actuando de manera diferencial en función a su densidad (Cruz *et al.*, 2016).

La familia Coccinellidae es de los grupos del Orden Coleoptera con mayor importancia bioreguladora, conocidos por la especialización depredadora de sus larvas y adultos, por lo cual, son preferidos en el control biológico de plagas (Giorgi *et al.*, 2009). Aunque el género *Hyperaspis* es señalado por la literatura en varios cultivos y malezas, solamente *H. trifurcata* se reporta asociada al cultivo del nopal silvestre y es de los depredadores más abundantes para *D. opuntiae* (Espinosa, 2001). En Villa de Milpa, Ciudad de México, se registró a la grana como una de las

especies que ocasiona mayor daño al nopal verdura y a *H. trifurcata* como uno de los principales depredadores y enemigos naturales de esta escama (Sánchez *et al.*, 2002).

Otro de los géneros de coccinélidos más estudiados, sobretodo en Estados Unidos de América y Canadá es *Exochomus*, existiendo registros de 29 especies en América, de las cuales 11 se encuentran en México (Rodríguez, 2018). Para este género la mayoría de las investigaciones son muy antiguas, Gordon 1974, 1985 y Blackwelder 1945. Rodríguez *et al.*, (2019) mencionan la presencia de *E. childreni guexi* LeConte, depredando *Melanaphis sacchari* (Zehntner) en sorgo y se ha registrado presencia de *Exochomus* sin identificar las especies en Texas (Villanueva, 2014). Ya que las identificaciones morfológicas de las especies de los enemigos naturales no siempre se realizan por ser poco precisas (Letourneau y Bothwell, 2008).

La identificación de especies con un enfoque molecular, recientemente ha tenido gran impacto dentro de las clasificaciones biológicas y de la descripción más precisa de la biodiversidad y está sirviendo como base para interpretar procesos evolutivos y de dispersión de organismos (Lanteri *et al.*, 2002).

Considerado lo anterior, si bien existen algunos reportes relacionados con identificaciones de depredadores de *Dactylopius*, éstos presentan poca información, por lo que representa un área de oportunidad ampliar el conocimiento de los enemigos naturales, existentes en el entorno potosino y valorar su impacto como potenciales agentes de control biológico.

Por lo cual el objetivo de este trabajo fue determinar la taxonómica mediante la identificación morfológica y molecular de los coccinélidos aislados depredando cochinilla silvestre, en dos de las zonas productoras más importantes de nopal verdura de San Luis Potosí.

MATERIALES Y MÉTODO

Muestreo. Durante los meses de enero-abril de 2019, se realizaron colectas de coccinélidos en el municipio de Santa María del Río, S.L.P. (22° 11' 22.9'' N y 100° 52' 36.3'' O a 1777 msnm) y en el municipio de Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P.

(21° 37'50.4'' N y 100° 43'48'' O a 1861 msnm). Se muestrearon áreas que contaban con antecedentes de presencia y mayor infestación de *D. opuntiae*, para ello se utilizó la metodología de Vanegas-Rico *et al.* (2010), la cual plantea tomar una muestra de 10 plantas al azar y de estas, cuarenta ejemplares de cada especie entomófaga, algunos de ellos se conservaron en etanol al 70 %, y otros vivos en cámaras de cría. Los coccinélidos en alcohol se utilizaron para la determinación taxonómica y el material vivo se destinó para la identificación molecular.

Identificación morfológica. La identificación taxonómica de los coccinélidos se realizó mediante ilustraciones y claves taxonómicas tomando como base de la publicación de Gordon (1985). En esta fase se utilizó un microscopio estereoscopio marca Carl Zeiss®, Discovery V20.

Identificación molecular. El proceso de identificación molecular de los organismos colectados, se realizó mediante el análisis de un fragmento de 323 pb del gen ribosomal 28S rRNA. Para lo cual, la extracción de ADN genómico de cada uno de los organismos se realizó con un protocolo basado en DNAzol® de la compañía Molecular Research Center Inc. (Cincinnati, OH USA). En el cual, en un tubo Eppendorf de 1.5 ml se agregó 500 µl de DNAzol y el organismo para ser triturado, se agitó durante cinco minutos con el vórtex, después se agregaron 300 µl de cloroformo y se volvió a agitar durante cinco minutos, se centrifugó a 12,000 rpm durante diez minutos. La fase acuosa se pasó a un tubo nuevo y se le añadió 225 µl de etanol absoluto, se mezcló por inversión durante cinco minutos y se reposó en congelador a -10 °C durante un lapso de diez minutos. Nuevamente se volvió a centrifugar a 12,000 rpm durante cinco minutos y después se decantó. Se añadió 500 µl de etanol al 70 % y se volvió a centrifugar a 10,000 rpm durante cinco minutos y se decantó. Finalmente se dejó secar a temperatura ambiente y se añadió 50 µl de H₂O estéril y se almacenó en congelador hasta su uso.

El ADN extraído se utilizó como molde para la Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR), para amplificar un fragmento de 323 pb del gen 28S rRNA, utilizando los oligonucleótidos 28S a y 28S b (Whiting *et al.*, 1997).

Las condiciones de ciclado fueron: desnaturalización inicial 95 °C 5 min; 35 ciclos a 94 °C durante 45 seg; 50 °C 45 seg; 72 °C durante 1 min 30 seg; extensión final de 72 °C durante 5 min. Los productos de amplificación fueron separados mediante electroforesis en un gel agarosa al 1.5 % con buffer TBE 1X, teñidos con bromuro de etidio (1 µl/ml.) y fueron visualizados en un fotodocumentador ENDURO™ GDS (Labnet International, Inc) con luz UV. Los productos de PCR de tamaño esperado fueron purificados y secuenciados en el Laboratorio Nacional de Biotecnología Agrícola, Médica y Ambiental (LANBAMA) del IPICYT. Las secuencias que se obtuvieron fueron analizadas mediante búsqueda de homología utilizando BLASTn (Basic Local Alignment Search Tool) del NCBI (National Center for Biotechnology Information).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Identificación morfológica de los depredadores colectados. En el caso del primer coccinélido se observaron rasgos morfológicos característicos del género y la especie. Para ello se consideró la extensión de clipeo, segmentos de la antena, características de coloración, puntos y poros en los élitros, tamaño, color de pronotum y dimorfismo sexual. De acuerdo con lo descrito en las claves taxonómicas consultadas el coccinélido referido fue *E. childreni guexi* (Figs. 1a y b).

En ese sentido recientemente Hesler (2020), documentó un nuevo registro estatal en Missouri, de *E. childreni guexi*, al encontrar diferentes patrones de color y puntos en los élitros, describiendo en unos una coloración anaranjada y solamente un punto ubicado entre el margen elítral y el ápice en cada élitro, el resto según sus descripciones presentaron características como los coccinélidos colectados en el presente estudio, coloración marrón rojiza, dos puntos en cada élitro, longitud de 2.5 a 3 mm y un pronotum color negro, dichas características también mencionadas por Gordon (1985).

La distribución previamente conocida de *E. childreni guexi* se extendió desde Louisiana hasta el sur de Texas (Gordon, 1985). El nuevo registro

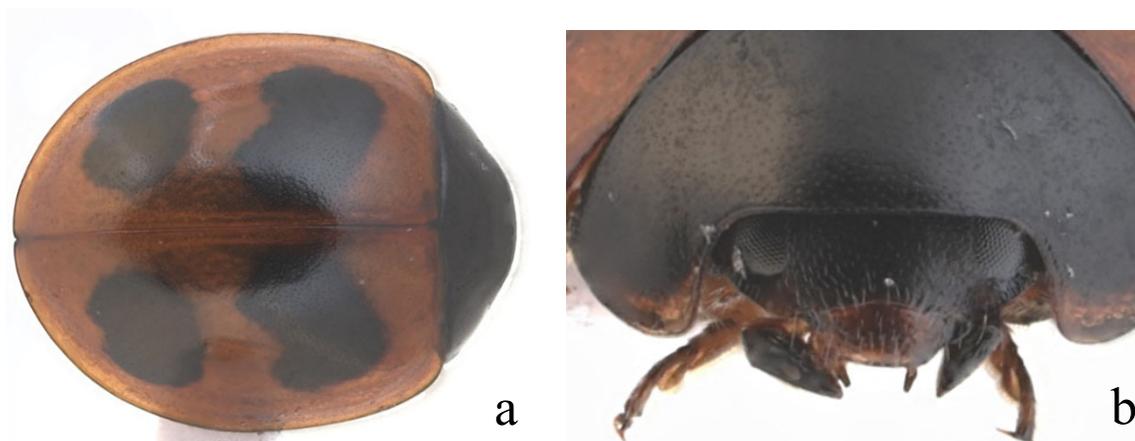


Figura 1. *Exochomus childreni guexi*. a) vista dorsal, b) vista frontal.

para Missouri es atribuido a su voracidad para alimentarse de pulgones y de otras presas (Hesler, 2020). Tanto en San Luis Potosí como en el estado de Colima y Morelos se ha reportado *E. childreni guexi* siendo registrados como depredador de *Melanaphis sacchari* y cuenta con registros de presencia en Texas, pero aún no se cuenta con la identificación de la subespecie. (Villanueva y Sekula, 2014).

En descripciones de Rodríguez *et al.* (2019), mencionan que *E. childreni guexi* tiene parecido con color y forma de *E. childreni childreni* Mulsant, sin embargo, este coccinélido no presenta dimorfismo sexual, en comparación con *E. childreni guexi*. En *E. marginipennis* LeConte, presenta el mismo color y dimorfismo sexual que *E. childreni guexi*, pero no hay diferencias notables en la genitalia, no obstante, es posible diferenciarlos por la forma ovalada que presenta *E. marginipennis*. (Gordon, 1985).

Otras diferencias que se encuentran en *E. childreni guexi* en relación a otras especies muy parecidas, son que, *E. insatiabilis* Rodríguez-Vélez, presenta élitros completamente anaranjados, mientras que *E. marginipennis* los presenta en una coloración naranja, con dos manchas en cada élitro y cada mancha se presenta de mayor tamaño (Gordon, 1985).

En *E. childreni guexi* se menciona que en el macho presenta un ángulo anterolateral en el pronoto y patas de color amarillo y en hembras el ángulo es anterolateral y el pronoto negro, además las patas son oscuras (Rodríguez *et al.*, 2019, Gordon, 1985, Casey 1899). Santos (2007),

menciona características de color anaranjado pálido, un punto en sentido transversal ovalado negro cerca del ápice por la sutura del margen externo, clípeo debajo de los ojos creando un estilo de máscara, cabeza y pronoto pálido en el macho, longitud de 2.6 a 2.9 mm y anchura de 2 a 2.4 mm. Gordon (1985), menciona que se encuentran algunas especies del género *Exochomus* las cuales no pueden ser diferenciados entre ellos por medio de genitalia y hay mucho parecido morfológico entre ellos. El presente trabajo registro además de las características morfológicas, la evidencia de depredación de *D. opuntiae*.

El segundo coccinélido fue identificado morfológicamente por rasgos de su género y especie, los cuales fueron la presencia de pubescencia en la superficie dorsal y talla pequeña menor a 2 mm, forma del cuerpo, tamaño y número de segmentos en las antenas, forma y tonalidad de fémures, línea poscoxal, coloración del cuerpo y puntos en los élitros, características de cabeza, pronoto y palpus maxiliar. Por lo cual el coccinélido colectado referido correspondió a *H. trifurcata* de acuerdo a las claves taxonómicas (Fig. 2a y b).

Al respecto Gordon (1985), menciona que el género *Hyperaspis* presenta una línea poscoxal en el primer esternón abdominal incompleto, margen posterior del metastemo abruptamente entre coxa y la marisma lateral, antena corta de 10 segmentos de alrededor de dos tercios o menos a la longitud de la cabeza, línea poscoxal en el primer esternón abdominal, características las cuales se observaron en nuestros coccinélidos.

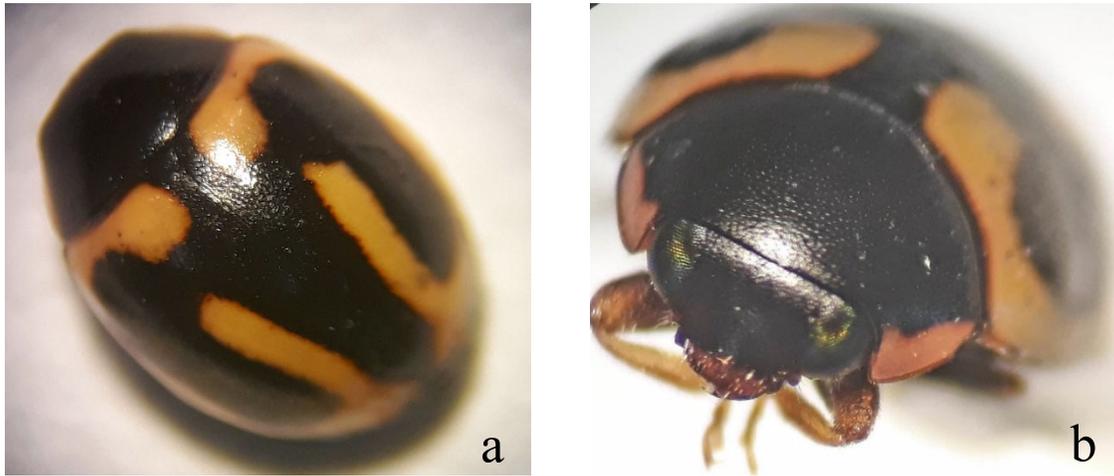


Figura 2. *Hyperaspis trifurcata*. a) vista dorsal, b) vista frontal

Una de las características visibles de *H. trifurcata* es la coloración amarillenta y que en la unión de sus élitros forman una “M” observándolo del ápice a la cabeza de color negro, presenta un protórax color negro y un ángulo anterolateral amarillento, fémures casi cilíndricos y robustos (Gordon, 1895), lo cual fue similar a lo observado en este entomófago. Así mismo en los élitros se encontró un amarillamiento blanquecino con líneas negras formando una “W” o “M” que depende el punto de observación, pronoto negro y un tamaño inferior de 2.5 mm coincidiendo plenamente con Casey (1899).

Ramírez y Santana (2015), mencionan que es escasa la información sobre la biología de *H. trifurcata* en México.

Los enemigos naturales que están más asociados al cultivo del nopal verdura tanto en México como en EE. UU., son *H. trifurcata* y *C. cacti*, los cuales son los más abundantes y se tienen reportes como depredadores de *D. opuntiae* (Gilreath y Smith, 1988; Vanegas-Rico *et al.*, 2016,).

Gordon (1985) registra para México ocho especies del género *Hyperaspis*, las cuales fueron colectadas en diferentes malezas y cultivos de diferentes estados. Se reporta que *H. trifurcata* solo se encuentra asociada con nopal silvestre y cultivado en los estados de Chihuahua, Durango, Jalisco, México y Sonora (Espinosa, 2001). También se cuenta con reportes de presencia en Argentina, Bolivia, Chile, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela (Gordon y Canapari, 2008).

Identificación molecular. Para la identificación molecular se obtuvo ADN de calidad y cantidad adecuadas de ambos especímenes, para efectuar la técnica de PCR. Se logró amplificar y secuenciar un fragmento de 323 pb del gen 28S rRNA de cada espécimen. La identificación molecular se logró mediante la comparación de las secuencias obtenidas de ADN con las secuencias del GenBank. En ambos casos, el análisis BLASTn arrojó valores E cercanos a 0. Asimismo, los valores de identidad y cobertura fueron altos, lo cual indica confiabilidad en el resultado de los alineamientos. Por lo tanto, se pudo corroborar la identificación molecular a nivel de género, concordando con la identificación taxonómica. Los resultados de las comparaciones utilizando BLAST se muestran en el cuadro 1.

En nuestros resultados morfológicos, se identificó a *E. childreni guexi*, aunque en la identificación molecular obtuvimos como resultado a *E. quadripustulatus* L. esto se debe a que no hay secuencias del gen 28S rRNA para esta especie en la base de datos del NCBI, por el momento solo se encuentra una secuencia del gen de la subunidad I del citocromo oxidasa (COI), en donde Rodríguez *et al.*, (2019), aportó características morfológicas para identificar al coccinélido, mismas en las que coincidimos. En dicho trabajo se utilizó la amplificación del gen COI, que generaron la secuencia que fue depositada con el número de acceso MH308197 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/nucleotide/1653965071>.

Cuadro 1. Identificación molecular de los coccinélidos encontrados en el presente estudio.

Especie	Tamaño (pb)	Valor E*	Identidad %	Cobertura	Resultado BLAST	Accesión
<i>Exochomus childreni guexi</i>	323	3e-131	94.57 %	98%	<i>Exochomus quadripustulatus</i>	FJ687736.1
<i>Hyperaspis trifurcata</i>	323	6e-154	98.57 %	97%	<i>Hyperaspis</i> sp. JAR-2007	EU145671.1

*Valor E es la probabilidad de que por azar dos secuencias sean idénticas.

la cual sería la única que corroboraría a *E. childreni guexi*. En NCBI, se tiene registro de cuatro genes 28S rRNA, pertenecientes a *Exochomus* sp. CO722 (accesión KP829303) (Robertson *et al.*, 2015), a *Exochomus* sp. CCOC211 (accesión JF763559) (Seago *et al.*, 2011), a *E. quadripustulatus* voucher BYU CO726 (accesión FJ687736) (Giorgi *et al.*, 2009) y *E. quadripustulatus* (accesión GU073771) (Magro *et al.*, 2010). La descripción morfológica de *E. quadripustulatus* es casi circular, longitud de 3.6-4.8 mm, su color puede variar al paso de su edad, superficie ventral negra, élitros son negros aperlados con dos puntos rojos en cada uno en forma de coma y puntos pequeños u ovalados, cabeza y pronoto negro, excepto el margen anterior y el ángulo del pronoto que es amarillo (Gordon, 1985). Lo cual a simple vista puede diferenciar estas dos especies de coccinélidos, ya que cada una presenta diferente coloración y puntos elitrales, lo que señala que en el resultado molecular nuestra secuencia de estudio presenta similitud a la secuencia de *E. quadripustulatus*.

En cuanto a la identidad del segundo coccinélido encontrado, solamente se pudo obtener el género *Hyperaspis* sp. esto debido a que en la base de datos del NCBI se cuenta con tres registros del gen 28s rRNA pertenecientes a *Hyperaspis* sp. JAR-2007 (accesión EU145671) (Robertson *et al.*, 2008), a *Hyperaspis* sp. ccoc224 (accesión JF763567) (Seago *et al.*, 2011) y a *H. lateralis* Mulsant, voucher BYU CO572 (accesión FJ687726) (Giorgi *et al.*, 2009).

Lo cual, enfatiza la necesidad de estudios exploratorios para la generación de más secuencias del gen 28S rRNA de otras especies de coccinélidos.

En los cladodios colectados para este estudio se observó mayor presencia de *H. trifurcata*, lo cual se concuerda con diferentes autores, (Aguilera *et*

al., 2005; Vanegas-Rico *et al.*, 2010; Rodríguez *et al.*, 2010).

La información sobre la abundancia de depredadores de la grana en los mismos cultivos de nopal es limitada, ya que la mayoría de las investigaciones se concretan en enlistar las especies encontradas. (Aguilera *et al.*, 2005). En general la presencia de enemigos naturales está relacionada a la densidad de grana presente en las parcelas (Vanegas-Rico *et al.*, 2010) y probablemente también tenga relación con el tipo de vegetación que se encuentre alrededor del cultivo como disponibilidad de alimento. Van Amburg *et al.* (1981), mencionan que se ha demostrado que la destrucción de hábitat, reduce la presencia de enemigos naturales en los cultivos.

CONCLUSIÓN

Los enemigos naturales correspondieron a las especies *E. childreni guexi* e *H. trifurcata* morfológicamente, lo cual se corroboró a nivel molecular hasta género. No obstante, se considera este resultado como un aporte para la identificación de las especies encontradas. Los resultados del presente trabajo enfatizan la necesidad de realizar estudios exploratorios en áreas de sistemas agroecológicos para caracterizar la biodiversidad.

AGRADECIMIENTOS

Al CONACyT por la beca otorgada para llevar a cabo los estudios de Doctorado del primer autor. Al Laboratorio Interacción Planta-Microorganismo perteneciente a la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la UASLP por el apoyo en el uso de instalaciones para llevar a cabo este trabajo. A la empresa GPEL S. A. de C. V. por las facilidades para ingresar a sus ranchos.

LITERATURA CITADA

- AGUILERA, C. A., CÁZARES, C. L., HERNÁNDEZ, M. S., Y L. E. C. MÁRQUEZ. 2005. Producción de granacochinilla (*Dactylopius coccus* Costa) en plantas de nopal a la intemperie y en microtúneles. *Agrociencia*, 39(2): 161–171.
- ASCENCIO, C. D., JARQUÍN, G. R. Y Á. J. LARA. 2018. Identificación de coccinélidos nativos de San Luis Potosí, para el control biológico de *Dactylopius* spp. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas*, 9(6): 1283–1287. doi: 10.29312/remexca.v9i6.1588.
- CASEY, T. L. 1899. A Revision of the American Coccinellidae. 7 (2) Pp. 71–169. In: T. L. Casey (Ed.). *On American Coccinellidae*. *Journal of the New York Entomological Society*.
- CARNEIRO, L. M. P., TIAGO, P. V., MEDEIROS, L. V., DA COSTA, A. F. AND DE N. T. OLIVEIRA. 2017. *Dactylopius opuntiae*: control by the *Fusarium incarnatum-equiseti* species complex and confirmation of mortality by DNA fingerprinting. *Journal of Pest Science*, 90(3): 925–933. doi: 10.1007/s10340-017-0841-4.
- CHÁVEZ, M. C. K., TECANTE, A., CASAS, A. AND L. E. CLAPS. 2011. Distribution and habitat in México of *Dactylopius costa* (Hemiptera: Dactylopiidae) and their cacti hosts (Cactaceae: Opuntioideae). *Neotropical entomology*, 40(1): 62–71. doi: doi.org/10.1590/S1519-566X2011000100009.
- COFEPRIS. 2016. Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios. Búsqueda de Registros de: plaguicidas/ nutrientes vegetales. Disponible en: <http://189.254.115.250/Resoluciones/Resoluciones/Consultas/ConWebRegPlaguicida.asp>. (Fecha de consulta: 12-III-2019).
- CRUZ, R. J. A., GONZÁLEZ, M. E., VILLEGAS, G. A. A., RODRÍGUEZ, R. AND L. F. MEJÍA. 2016. Autonomous biological control of *Dactylopius opuntiae* (Hemiptera: Dactylopiidae) in a prickly pear plantation with ecological management. *Environmental Entomology*, 45(3): 642–648. doi: 10.1093/ee/nvw023.
- ESPINOSA, O. G. E. 2001. Enemigos naturales de la cochinilla (*Dactylopius opuntiae* Cockerell) del nopal cardón (*Opuntia streptacantha* Lemaire) en el municipio de Villa Tezontepec, Hidalgo, México. Tesis profesional. Departamento de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México, 75 p.
- GIORGI, J. A., VANDENBERG, N. J., MCHUGH, J. V., FORRESTER, J. A., ŚLIPIŃSKI, S. A., MILLER, K. B. AND M. F. WHITING. 2009. The evolution of food preferences in Coccinellidae. *Biological Control*, 51(2): 215–231. doi:10.1016/j.biocontrol.2009.05.019.
- GILREATH, M. E. AND J.W. SMITH JR. 1988. Natural enemies of *Dactylopius confusus* (Homoptera: Dactylopiidae): exclusion and subsequent impact on *Opuntia* (Cactaceae). *Environmental Entomology*, 17(4): 730–738. doi: 10.1093/ee/17.4.730.
- GORDON, R. D. 1985. The Coccinellidae (Coleoptera) of America North of México. *Journal of the New York Entomological Society*, 93: 36–642.
- GORDON, R. D. AND C. CANEPARI. 2008. South american Coccinellidae (Coleoptera), part XI: a systematic revision of hyperaspidiini (hyperaspidiinae). *Annali del Museo Civico di Storia Naturale “G. Doria*, 99: 245–512.
- GUTIÉRREZ, L., NARANJO, N., JARAMILLO, L. M., MUSKUS, C., LUCKHART, S., CONN, J. E. AND M. M. CORREA. 2008. Natural Infectivity of *Anopheles* species from the Pacific and Atlantic Regions of Colombia. *Acta Tropica*, 107(2): 99–105. doi: 10.1016/j.actatropica.2008.04.019.
- HESLER, L. S. 2020. New state records of lady beetles (Coleoptera: Coccinellidae: Coccinellinae) from Missouri and Mississippi, USA. USDA Agricultural Research Service, *Insecta Mundi journal of world Insect Systematics*, 745: 1–4. doi: 10.5281/zenodo.3688647.
- INIFAP, 2016. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Disponible en: <https://www.gob.mx/inifap> (Fecha de consulta: 8-V-2019).
- JARQUIN, G. R., BUTRÓN, R. J. Y S. J. MARÍN. 2013. Manejo no químico de la cochinilla silvestre del nopal en Villa de Arriaga, San Luis Potosí. Sede Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Pp. 1550–1557. In: XII Simposio Internacional y VII Congreso Nacional de Agricultura Sostenible, SOMAS A.C. COLPOS, Volumen 1.
- LANTERI, A., LOIÁCONO, M. S. Y C. MARGARÍA. 2002. Aportes de la biología molecular a la conservación de los insectos. Pp. 207–220. In: Marco Sistemático del proyecto Pribes 2002. *Red Iberoamericana de Biogeografía y Entomología Sistemática*.
- LETOURNEAU, D. K., Y S. G. BOTHWELL. 2008. Comparison of organic and conventional farms: challenging ecologists to make biodiversity functional. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 6(8): 430–438. doi:10.1890/070081.
- MAGRO, A., LECOMPTE, E., MAGNÉ, F., HEMPTINNE, J. L., AND B. CROUAU-ROY. 2010. Phylogeny of ladybirds (Coleoptera: Coccinellidae): are the sub-

- families monophyletic? *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 54(3): 833–848. doi: [10.1016/j.ympev.2009.10.022](https://doi.org/10.1016/j.ympev.2009.10.022).
- PACHECO R., I., LOMELÍ F. J. R., RODRÍGUEZ L. E., AND D. M. RAMÍREZ. 2011. Ciclo de vida y parámetros poblacionales de *Symphorobius barberi* (Neuroptera: Hemerobiidae) criado con *Dactylopius opuntiae* Cockerell (Hemiptera: Dactylopiidae). *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)*, 27(2): 325–340. doi: [10.21829/azm.2011.272756](https://doi.org/10.21829/azm.2011.272756).
- PERFECTO, I., VANDERMEER, J. AND S. M. PHILPOTT. 2010. Complejidad ecológica y el control de plagas en un cafetal orgánico: develando un servicio ecosistémico autónomo. *Agroecología*, (5): 41–51.
- RAMÍREZ, A., AND S. SANTANA. 2015. Coleoptera: Biology of *Hyperaspis trifurcata* Schaeffer in laboratory conditions. *Dugesiana*, 20(2): 99–103.
- ROBERTSON, J. A., ŚLIPÍŃSKI, A., MOULTON, M., SHOCKLEY, F. W., GIORGI, A., LORD, N. P., AND M. F. WHITING. 2015. Phylogeny and classification of Cucujoidea and the recognition of a new superfamily Coccinelloidea (Coleoptera: Cucujiformia). *Systematic Entomology*, 40(4): 745–778. doi: [10.1111/syen.12138](https://doi.org/10.1111/syen.12138).
- ROBERTSON, J. A., WHITING, M. F., AND J. V. MCHUGH. 2008. Searching for natural lineages within the Cerylonid Series (Coleoptera: Cucujoidea). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 46(1): 193–205. doi: [10.1016/j.ympev.2007.09.017](https://doi.org/10.1016/j.ympev.2007.09.017).
- RODRÍGUEZ L., E., LOMELI F., J. R. Y R. J. M. VANEGAS. 2010. Enemigos naturales de la grana cochinilla del nopal *Dactylopius coccus* Costa (Hemiptera: Dactylopiidae). Pp. 101–112. In: P. Liberaro. y A. L. Viguera (Eds). *Conocimiento y aprovechamiento de la grana cochinilla. Publicación FAO*.
- RODRÍGUEZ V. J. M. 2018. Especie nueva de Exochomus (Coleoptera: Coccinellidae: Chilocorinae) de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 89(3): 666–671. doi: [10.22201/ib.20078706e2018.3.2445](https://doi.org/10.22201/ib.20078706e2018.3.2445).
- RODRÍGUEZ V. J. M., GALLOU, A., URIBE M. C. A., NAJAR P. M. A., HUERTA M. F. M., CONTRERAS R. A. AND B. H. C. ARREDONDO. 2019. Identification of Twelve Species of Coccinellidae (Coleoptera) Predatory on *Melanaphis sacchari* (Zehntner) (Hemiptera: Aphididae) in Mexico, and submission of reference COI sequences. *The Coleopterists Bulletin*, 73(1): 243–251. doi: [10.1649/0010-065X-73.1.243](https://doi.org/10.1649/0010-065X-73.1.243).
- SÁNCHEZ B., M. 2002. Insectos plaga del nopal verdura en Milpa Alta, DF. Tesis de Maestría en Ciencias, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Instituto de Fitosanidad, Programa de Entomología y Acarología, 53 p.
- SANTOS, A. 2007. Revisión de los coleópteros coccinélidos de las islas Canarias (Coleoptera: Coccinellidae). *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa*, 41: 1–105.
- SEAGO, A. E., GIORGI, J. A., LI, J. AND A. ŚLIPÍŃSKI. 2011. Phylogeny, classification and evolution of ladybird beetles (Coleoptera: Coccinellidae) based on simultaneous analysis of molecular and morphological data. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 60(1): 137–151. doi: [10.1016/j.ympev.2011.03.015](https://doi.org/10.1016/j.ympev.2011.03.015).
- SIAP, 2018. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Superficie cultivada de nopal verdura. Disponible en: <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119>. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>. (Fecha de consulta: 12-III-2019).
- SPODEK, M., BEN D, Y., PROTASOV, A., CARVALHO, C. J. AND Z. MENDEL. 2014. First record of *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) (Hemiptera: Coccoidea: Dactylopiidae) from Israel. *Phytoparasitica*, 42(3): 377–379. doi: [10.1007/s12600-013-0373-2](https://doi.org/10.1007/s12600-013-0373-2).
- VAN AMBURG, G. L., JAMES, A. S. AND R. H. PEMBLE. 1981. Response of arthropods to a spring burn of a tallgrass prairie in north-western Minnesota. Pp. 15. In: R. L. STUCKEY AND K. J. REESE, (Eds.). The prairie peninsula in the "shadow" of Traneau: Proc. Sixth North American Prairie Conference, 1979 Columbus, Ohio. Ohio Biological Survey Biological Notes.
- VANEGAS, R. J. M., LOMELÍ F. J. R., RODRÍGUEZ L. E., MORA A. G. 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): 415–433. doi: [10.21829/azm.2010.262718](https://doi.org/10.21829/azm.2010.262718).
- VANEGAS R. J. M., RODRIGUÉZ, L. J. R., LOMELI, F., H. GONZÁLEZ H., PÉREZ P. AND A. G. MORA. 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).
- VILLANUEVA, R. T. AND D. SEKULA. 2014. A new pest of sorghum: The sugarcane aphid. In: 20th Annual Rio Grande Valley Cotton & Grain Pre-Plant Conference. counties.
- WHITING, M. F., CARPENTER, J. C., WHEELER, Q. D., AND W. C. WHEELER. 1997. The Strepsiptera problem: phylogeny of the holometabolous insect orders inferred from 18S and 28S ribosomal DNA sequences and morphology. *Systematic biology*, 46(1): 1–68. doi: [10.1093/sysbio/46.1.1](https://doi.org/10.1093/sysbio/46.1.1).