



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA**



MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

**BIOPROSPECCIÓN PARA EL CONTROL BIOLÓGICO DE *Dactylopius spp.* EN
EL NOPAL MEDIANTE COCCINÉLIDOS NATIVOS DE SAN LUIS POTOSÍ**

Por

IAF. DANIEL OSBALDO ASCENCIO CONTRERAS

Tesis presentada como requisito parcial para obtener el grado de
Maestro en Producción Agropecuaria



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA



MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

**BIOPROSPECCIÓN PARA EL CONTROL BIOLÓGICO DE *Dactylopius spp.* EN
EL NOPAL MEDIANTE COCCINÉLIDOS NATIVOS DE SAN LUIS POTOSÍ**

Por

IAF. DANIEL OSBALDO ASCENCIO CONTRERAS

Tesis presentada como requisito parcial para obtener el grado de
Maestro en Producción Agropecuaria

DIRECTOR DE TESIS

Dr. Ramón Jarquin Gálvez

ASESORES

Dr. José Pablo Lara Ávila

Dr. José Marín Sánchez

El trabajo titulado “**BIOPROSPECCIÓN PARA EL CONTROL BIOLÓGICO DE *Dactylopius spp.* EN EL NOPAL MEDIANTE COCCINÉLIDOS NATIVOS DE SAN LUIS POTOSÍ**” fue realizado por el: **IAF. Daniel Osbaldo Ascencio Contreras** como requisito parcial para obtener el obtener el grado de “**Maestro en Producción Agropecuaria**” y que fue revisado y aprobado por el suscrito comité de tesis.

Dr. Ramón Jarquin Gálvez

Director de tesis

Dr. José Pablo Lara Ávila

Asesor

Dr. José Marín Sánchez

Asesor

Ejido de Palma de la Cruz, municipio de Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí
a 10 de enero de 2018

DEDICATORIAS

Papá, Gerardo Nicolás Ascencio Fernández. Otro gran resultado de lo que me has enseñado en la vida, siempre seguir adelante y obtener cada una de las metas que uno se propone. Gracias por confiar en mí y seguir apoyándome, hoy concluye esta gran etapa de Maestría, gracias por el cariño que siempre me has tenido.

Mamá, Carolina Contreras Zapata. Gracias por esos consejos y amor que siempre me has brindado, por estar conmigo en cada momento importante de mi vida, gracias por siempre estar pendiente y seguir cuidándome como si siguiera siendo un niño, otro éxito más que concluye que también va dedicado a ti.

Hermana, Claudia Carolina Ascencio Contreras. Gracias por ese cariño incondicional que siempre me has brindado y por estar presente en cada gran momento de mi vida, te quiero mucho y este logro lo tomes como ejemplo y como reto, ya que debes de superarme y seguir preparándote cada día más y más, una gran hermana que tengo.

A mi novia, María Guadalupe Guerrero Gonzalez. Eres una de mis inspiraciones y de mis sueños para seguir superándome y ser mejor cada día, gracias por ese gran amor que me brindas, por el apoyo y claro por la paciencia que me tienes, eres una gran mujer con grandes sueños y metas que admiro y quiero muchísimo, simplemente eres la chispa que me hace muy feliz, gracias por todo.

A mis queridos amigos que son parte de mi familia desde la infancia, Daniel Ortega, Fabián Borbolla, Paco Manríquez, Benito López, que me han brindado una gran amistad, un gran apoyo y grandes consejos.

A mis amigos: Gloria Guadalupe, Beatriz Pérez, Miguel Herrera Jr, Oscar León, Mauro Martínez, Emmanuel Martínez, Israel Méndez, Idrissa, Sinhue, Pedro Pérez, Daniel Faz.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada para mis estudios de Posgrado con el número de CVU. 737251. A la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, a la Facultad de Agronomía y Veterinaria ya mis profesores por todos los conocimientos y experiencias para formarme profesionalmente.

A mis asesores

Dr. Ramón Jarquín Gálvez, Dr. José Pablo Lara Ávila y Dr. José Marín Sánchez por su apoyo en la realización de este trabajo de investigación, gracias por brindarme la oportunidad de trabajar con ustedes y por compartir sus conocimiento conmigo, les agradezco el tiempo que me han dedicado, se les estima doctores. En especial al Dr. Ramón Jarquín Gálvez, por la colaboración, paciencia, apoyo y sobre todo por orientarme y haber guiado el desarrollo del trabajo y llegar a la terminación del mismo.

Al Dr. José Cruz Salazar Torres, Profesor de la Universidad Autónoma de Chapingo, México, del departamento de Parasitología Agrícola por el apoyo y asesoría en la identificación de *Dactylopius opuntiae*.

Al Ing. *José Luis Lizcano* Aquino, Director del área de Producción de la empresa Grupo de Productores de Energías Limpias SA de CV., por las facilidades de llevar a cabo el trabajo de investigación en el rancho denominado San Ignacio del municipio de Santa María del Río, San Luis Potosí.

Centro Nacional de Referencia de Control Biológico (CNRCB), en Tecomán, Colima, por las facilidades en las instalaciones para llevar a cabo las identificaciones de los coccinélidos y al Biólogo José Manuel Rodríguez Vélez por el apoyo y asesoría. Al Centro de Investigación en Ciencias de la Salud y Biomedicina (CICSaB) de la UASLP y al Laboratorio Nacional de Biotecnología Agrícola Medica y Ambiental (LANBAMA) del IPICYT.

Al Dr. José Pablo Lara Ávila, Profesor Investigador de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, por el apoyo económico para la realización del trabajo.

CONTENIDO

	Página
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
CONTENIDO.....	v
INDICE DE CUADROS.....	vii
INDICE DE FIGURAS.....	ix
ANEXOS.....	x
RESUMEN.....	xi
SUMMARY.....	xii
INTRODUCCIÓN.....	1
Hipótesis	3
Objetivos	3
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
<i>Opuntia ficus indica</i>	4
Lo cochinilla silvestre del nopal	6
Características del nopal verdura como hospedante	8
Taxonomía <i>Dactylopius opuntiae</i>	9
Biología <i>Dactylopius opuntiae</i>	9
Ciclo de vida <i>Dactylopius opuntiae</i>	10
Tipos de control	11
Control biológico y sus enemigos naturales	11
Importancia de coccinélidos como control biológico	12
Taxonomía <i>Chilocorus cacti</i>	14
Biología <i>Chilocorus cacti</i>	14
Ciclos de vida <i>Chilocorus cacti</i>	15
Taxonomía <i>Exochomus childreni guexi</i>	16
Biología <i>Exochomus spp</i>	16
Ciclos de vida <i>Exochomus spp</i>	16
Estudios moleculares	19

METODOLOGIA.....	21
Localización del trabajo.....	21
Colectas.....	21
Identificación taxonómica de los coccinélidos	21
Identificación taxonómica de <i>Dactylopius spp</i>	22
Identificación molecular y Análisis Filogenético de las regiones 12S, 18S y 28S rRNA de los organismos presentes en nopal verdura	22
Ciclo de vida de coccinélidos y depredación contra <i>Dactylopius spp</i>	23
Diseño experimental.....	24
Registro temperatura y humedad	24
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	25
CONCLUSIONES.....	60
LITERATURA CITADA.....	61

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Identificación molecular de los organismos colectados en nopal verdura, con las comparaciones de la base de datos de secuencias de NCBI.....	36
2	Datos obtenidos de <i>C. cacti</i> en condiciones de laboratorio, procedimiento ANOVA con formato de SAS, 2004.....	45
3	Efecto promedio de las diferentes etapas de desarrollo de <i>Chilocorus cacti</i> sobre la depredación de grana cochinilla en nopal, en San Luis Potosí.....	46
4	Efecto promedio de las diferentes relaciones depredador-presa de <i>Chilocorus cacti</i> , sobre los niveles de depredación de grana cochinilla en nopal, en San Luis Potosí.....	47
5	Efecto promedio de las diferentes fechas de estudio depredador- presa sobre la grana cochinilla en nopal, en San Luis Potosí.....	47
6	Datos obtenidos de <i>E. childreni guexi</i> en condiciones de laboratorio, procedimiento ANOVA con formato de SAS, 2004.....	48
7	Efecto promedio de las diferentes etapas de desarrollo de <i>E. childreni guexi</i> sobre la depredación de grana cochinilla en nopal, en San Luis Potosí.....	49
8	Efecto promedio de las diferentes relaciones depredador-presa de <i>E. childreni guexi</i> , sobre los niveles de depredación de grana cochinilla en nopal, en San Luis Potosí.....	49
9	Efecto promedio de las diferentes fechas de estudio depredador- presa sobre la grana cochinilla en nopal, en San Luis Potosí.	50

10	Datos obtenidos de <i>C. cacti</i> en condiciones de campo, procedimiento ANOVA con formato de SAS, 2004.....	51
11	Efecto promedio de las diferentes etapas de desarrollo de <i>Chilocorus cacti</i> sobre la depredación de grana cochinilla en nopal, en San Luis Potosí.....	52
12	Efecto promedio de las diferentes relaciones depredador-presa de <i>Chilocorus cacti</i> , sobre los niveles de depredación de grana cochinilla en nopal, en San Luis Potosí.....	52
13	Efecto promedio de las diferentes fechas de estudio depredador-presa sobre la grana cochinilla en nopal, en San Luis Potosí.. ..	53
14	Datos obtenidos de <i>E. childreni guexi</i> en condiciones de campo, procedimiento ANOVA con formato de SAS, 2004.....	53
15	Efecto promedio de las diferentes etapas de desarrollo de <i>E. childreni guexi</i> sobre la depredación de grana cochinilla en nopal, en San Luis Potosí.....	54
16	Efecto promedio de las diferentes relaciones depredador-presa de <i>E. childreni guexi</i> , sobre los niveles de depredación de grana cochinilla en nopal, en San Luis Potosí.....	55
17	Efecto promedio de las diferentes fechas de estudio depredador-presa sobre la grana cochinilla en nopal, en San Luis Potosí.. ..	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1 Extensión del clípeo dilatado debajo de los ojos	25
2 Tribu Chilacorini.....	26
3 Línea postcoxal	26
4 Características de <i>Chilocorus cacti</i>	27
5 Genitalia del macho. de <i>Chilocorus cacti</i>	27
6 <i>Chilocorus cacti</i>	28
7 Ciclo de vida <i>Chilocorus cacti</i>	29
8 Extensión del clípeo dilatado debajo de los ojos	30
9 Tribu Chilacorini	30
10 Características del genero <i>Exochomus</i>	31
11 Características de especie <i>Exochomus</i>	31
12 <i>Exochomus childreni guexi</i>	32
13 Ciclo de vida <i>Exochomus childreni guexi</i>	33
14 Características <i>Dactylopius opuntiae</i>	34
15 Setas normales	35
16 Anillo anal en forma semilunar de la hembra adulta, <i>Dactylopius opuntiae</i>	35
17 Poros esparcidos en el margen externo del espiráculo posterior.....	35
18 Amplificación de la región por PCR de la región 12S rRNA (345 pb) de los organismos colectados en nopal verdura.	40
19 Árbol filogenético 12S, con los organismos en estudio	41
20 Amplificación de la región por PCR de la región 18S rRNA (933 pb) de los organismos colectados en nopal verdura.....	42
21 Árbol filogenético 18S, con los organismos en estudio.....	42
22 Amplificación de la región por PCR de la región 28S rRNA (323 pb) de los organismos colectados en nopal verdura	43
23 Árbol filogenético 28S, con los organismos en estudio	44

ANEXOS

	Página
TRIPTICO TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	76
CARTA VINCULACIÓN INGENIERO LIZCANO	77

RESUMEN

El principal problema fitosanitario del nopal verdura en San Luis Potosí, México es la grana silvestre y el control químico es ineficiente. El presente estudio partió de la hipótesis de que los enemigos naturales de *Dactylopius spp.* existentes en San Luis Potosí son *Chilocorus spp.* y *Exochomus spp.* El objetivo fue realizar la identificación de *Dactylopius spp.* y sus enemigos naturales para establecer las bases de un programa de control biológico por conservación. En agosto del 2015, de junio a septiembre 2016 y de febrero a junio 2017 se realizaron colectas de coccinélidos y granas en el rancho San Ignacio del municipio de Santa María del Río, S.L.P. El sitio de colecta fue una parcela de diez hectáreas, que se subdividió en diez subparcelas de una hectárea. Se eligió una subparcela y se muestreo un área donde hubo mayor presencia de *Dactylopius spp.*, que fue de ochenta metros cuadrados y aproximadamente 665 plantas. Se utilizó la metodología de Vanegas *et al.*, 2010., la cual plantea un tamaño de muestra de 10 plantas tomadas al azar y de cada una, un cladodio, del cual se colectaron treinta ejemplares de cada género y se conservaron en alcohol etílico al 70%, y otros vivos en cámaras de cría. Algunos coccinélidos colectados se llevaron para su identificación al Centro Nacional de Referencia de Control Biológico, en Tecomán, Colima, donde se definieron características morfológicas contrastando con bibliografía del grupo. *Dactylopius spp.*, fue identificado con apoyo del departamento de Parasitología Agrícola de la Universidad Autónoma de Chapingo, México. En la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la UASLP., se realizaron las identificaciones genéticas correspondientes. La grana correspondió a *Dactylopius opuntiae* Familia: Dactylopiidae, Orden: Hemiptera y los coccinélidos identificados fueron *Chilocorus cacti* y *Exochomus childreni guexi*. Subfamilia: Chilacorinae, Tribu: Chilacorini. Esta es la primera identificación completa de los depredadores presentes en parcelas de nopal verdura en San Luis Potosí, México.

SUMMARY

The main fito-sanitary problem of the nopal vegetable in San Luis Potosí, Mexico is the wild seed and the chemical control is inefficient. The present study arise from the hypothesis that the natural enemies of *Dactylopius spp.* existent in San Luis Potosí is *Chilocorus spp.* y *Exochomus spp.* The objective was to carry out the identification of *Dactylopius spp.* and its natural enemies to establish the bases of a program of biological control for conservation. In August of 2015, from June to September 2016 and from February to June 2017, *Coccinellidae* collections were carried out and seeds in the ranch San Ignacio of the municipality of Santa María of the River, S.L.P. The collection place was a parcel of ten hectares that was subdivided in ten subparcels of a hectare. A subparcel was chosen and sampled in an area where there was bigger presence of *Dactylopius spp.* that was of eighty square meters and approximately 665 plants. The methodology was used from Vanegas *et al.*, 2010. which outlines a size of sample of 10 plants taken at random and of each a, a *cladodio*, of which thirty copies of each gender were collected and they were conserved in ethylic alcohol to 70%, and other alive ones in breeding cameras. Some collected *Coccinellidae* was taken for their identification to the National Center of Reference of Biological Control, in Tecoman, Colima, where they were defined characteristic morphological contrasting with bibliography of the group. *Dactylopius spp.* it was identified with support of the department of Agricultural Parasitology of the Autonomous University of Chapingo, Mexico. In the Ability of Agronomy and Veterinary science of the UASLP. they were carried out the corresponding genetic identifications. The seed corresponded *Dactylopius opuntiae* Family: Dactylopiidae, Order: Hemipterous and the identified *Coccinellidae* was *Chilocorus cacti* and *Exochomus childreni guexi.*, Subfamilia: Chilacorinae, Tribe: Chilacorini. This is the first complete identification of the present species in parcels of nopal vegetable in San Luis Potosí, Mexico.

INTRODUCCIÓN

San Luis Potosí, México, es parte del área considerada centro de origen del género *Opuntia*, y sus variantes cultivadas son producto de la relación prolongada de domesticación. (Aguirre, 1983., Reyes, 2009). La cochinilla silvestre (*Dactylopius spp.*) parasita a las plantas de *Opuntia* y cinco de las once especies de *Dactylopius* existentes en América se encuentran en México. La más común es *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) (Hemíptera: Dactylopiidae) (Flores *et al.*, 2006). La cochinilla silvestre del nopal es la plaga más importante del nopal verdura en San Luis Potosí, al incrementarse la superficie cultivada, ampliarse la época de producción y por el mal manejo de agroquímicos (García *et al.*, 2008, Luna 2011, Pacheco *et al.*, 2011). Cabe mencionar que el control químico, se basa en la aplicación de organofosforados (Palacios *et al.*, 2004), no es eficiente y causa daños al ambiente y a la salud de los trabajadores. Además, es complicado corroborar los intervalos de seguridad de los productos porque los cortes de cosecha pueden realizarse cada 7 días (Luna, 2011). Se reconoce que *D. opuntiae* puede terminar en seis meses con una plantación (Pérez y Becerra, 2001).

Las consecuencias y desventajas de los diferentes tipos de control y que no existen insecticidas autorizados para el manejo de cochinilla silvestre, surge la propuesta del control autónomo de plaga como una alternativa sostenible (Vandermeer *et al.*, 2010). En la zona de estudio la incidencia de cochinilla silvestre se presenta de abril a septiembre (García *et al.*, 2008), el tiempo entre generaciones varía de 35-45 días y los factores que dificultan el control de esta plaga son su cubierta cerosa, su resistencia a factores climáticos adversos, altas tasas de reproducción y ciclo de vida corto (Pacheco *et al.*, 2011). El daño en nopal lo ocasionan las hembras, tanto ninfas como adultas ya que, al extraer savia, provocan amarillamiento, el debilitamiento y muerte de la planta (Vanegas *et al.*, 2010). En el caso del macho una vez que emerge se dirige hacia las hembras para copular; permanece vivo de dos a cuatro días y después muere (Marín y Cisneros, 1977). La ineficiencia de los insecticidas causa abandono de las plantaciones de nopal, permitiendo que los enemigos naturales se restablezcan haciendo evidente la acción depredadora de algunas catarinitas en nopales sin medidas de control químico (Luna, 2011).

En el Estado de San Luis Potosí desde hace varios años se han observado depredadores con características similares a los coccinélidos atacando a la cochinilla silvestre en el municipio de Soledad de Graciano Sánchez (Jarquín *et al.*, 2013). Los coccinélidos son una importante familia de coleópteros conocidos como catarinitas, mariquitas o conchuelas y siguen siendo de gran importancia para los agro ecosistemas, ya que ayudan al control natural de plagas de importancia económica como áfidos, mosquita blanca, escamas y en general, insectos de cuerpo blando (Morón y Terrón, 1988). Existen un conjunto de enemigos naturales de la cochinilla que actúan de manera diferencial en función a su densidad (Vanegas *et al.*, 2010; Machorro, 2014; Cruz *et al.*, 2016). Coccinellidae es una familia muy diversa y conocida dentro del orden Coleóptera, se les conoce vulgarmente con el nombre de "chinitas" o "mariquitas", y debido a su inofensiva apariencia y vistosos colores son considerados como uno de los grupos de coleópteros más carismáticos (Zabala *et al.*, 2003). Una alternativa para reducir estos riesgos, denominada Control biológico autónomo, considera que es importante el establecimiento dentro de los agroecosistemas, de redes de interacción biótica que limiten la amplitud de las fluctuaciones poblacionales (Vandermeer *et al.*, 2010). Los primeros estudios de técnicas moleculares basados en ADN han sido superados por el uso de la Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR), la que puede desarrollarse con pequeñas cantidades de ADN y en ocasiones hasta con solo un individuo (Kox *et al.*, 2005). Los estudios genéticos con artrópodos requieren ADN de buena calidad. En dichos estudios se deben procesar un gran número de muestras por lo que es indispensable contar con un método de extracción eficiente, rápido y económico (Gutiérrez *et al.*, 2008).

Hipótesis:

Chilocorus spp. y *Exochomus spp.* como enemigos naturales de *Dactylopius spp.* en nopal verdura, son insectos potenciales para su uso dentro de una estrategia de control biológico por conservación.

Objetivos:

General

- Establecer las bases de un programa de control biológico por conservación de *Chilocorus spp.* y *Exochomus spp.* contra *Dactylopius spp.*

Específicos

- Colectar y determinar la presencia de *Chilocorus spp.* y *Exochomus spp.* en la región.
- Identificar morfológica y genéticamente a los organismos.
- Determinar los ciclos de vida de *Chilocorus spp.* y *Exochomus spp.* en laboratorio y campo.

REVISIÓN DE LITERATURA

Opuntia ficus-indica

El nopal es una cactácea que se desarrolló en regiones áridas y semiáridas de México y es endémica del Continente Americano (Borrego y Burgos, 1986). es una cactácea que se desarrolló en regiones áridas y semiáridas de México y es endémica del Continente Americano (Borrego y Burgos, 1986). Las cactáceas forman un grupo de plantas perennes nativas del Continente Americano que constituyen una de las más distintivas familias en América, con cerca de 1600 especies (Barthlott y Hunt, 1993).

El género más importante dentro de las cactáceas es *Opuntia* (Briton y Rose, 1963), con aproximadamente 350 especies, lo cual lo hace muy diverso, las cuales solo 100 se encuentran en México (Bravo, 1978). *Opuntia* por su distribución, reproducción y dispersión se considera como el género de cactáceas más exitoso (Reyes *et al.*, 2006).

Los nopales (*Opuntia spp.*) son un grupo de cactáceas platiopuntias de importancia económica mundial, de la cual sobresale el nopal verdura, *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller, especie considerada como la cactácea más cultivada en el mundo (Nobel, 2002). Sus sistemas fisiológicos y morfológicos las habilitan para soportar altas temperaturas y poca disponibilidad de agua y su eficiencia en almacenaje de la misma, las hojas se desarrollaron como espinas para poder disminuir la evapotranspiración (Nobel y De la Barrera, 2003).

La importancia económica y social del cultivo del nopal verdura en México radica en la gran superficie ocupada por nopaleras tanto silvestres como cultivadas, en el tipo y número de productores involucrados, en el tipo de regiones en que se cultiva nopal, en la diversidad de los productos generados (Flores-Hernández *et al.*, 2004; Blanco 2008; Araya, 2002). Y posee características ecológicas y bioquímicas en las industrias de alimentos, energéticas y farmacológicas, (Treviño *et al.*, 2013).

Opuntia ficus-indica (L) Miller, después de años de selección y domesticación, es la especie más utilizada para la producción de frutos en México y el mundo y de las más importantes para la producción de nopal verdura que se consumen principalmente en México. (Flores-Valdez, 1995).

La producción de nopal verdura en nuestro país en el ciclo 2016 fue 810,939.18 Ton, con rendimiento de 66.32 Ton/ ha⁻¹ y en el estado de San Luis Potosí se obtuvo una producción de 3051.07 Ton, para un rendimiento 10.15 Ton/ ha⁻¹, (SIAP, 2016). El cultivo en México, sobre todo de *Opuntia ficus-indica*, está destinado a producción de tunas y nopalitos que se consumen como verdura. (Márquez-Berber *et al.*, 2012).

En México, centro de origen y domesticación de *O. ficus-indica* (Griffith 2004), se registran seis de las 11 especies descritas de dactilópodos (Portillo y Viguera 2006). y es el centro de origen del nopal, de sus fitófagos y enemigos naturales de estos. Por los incrementos poblacionales algunos fitófagos, se han catalogado como plagas y catalogados como problemas principales en el cultivo del nopal, (Mena, 2011). Y San Luis Potosí es considerado centro de origen del genero *Opuntia*, las variantes cultivadas son producto de la larga relación *Homo sapiens* y *Opuntia* (Aguirre, 1983., Reyes, 2009).

En el estudio más reciente de estos organismos, se menciona que *Dactylopius opuntiae* es más abundante en la parte central del país (Chávez *et al.*, 2011), lo que hace coincidir con las áreas más importantes de cultivos de nopal para consumo de cladodios jóvenes (SIAP 2016). La región del Altiplano Potosino se caracteriza por la abundancia de especies de nopal, el cual es un recurso que se aprovecha para la producción de frutos, verdura (nopalitos) y/o forraje (SAGARPA-INIFAP, 2010).

La cochinilla silvestre del nopal

Los insectos denominados escamas, son elementos frecuentes en los agroecosistemas (Mestre *et al.*, 2010), grupo diverso que hasta el 2010 se tenían descritas a nivel mundial aproximadamente 8000 especies (Ben Dov *et al.*, 2010). Las escamas actúan como parásitos de plantas ya que con estilete penetran las células de los órganos de las plantas y acceden a líquidos internos de cual se alimentan (Nieto, 1999).

A nivel mundial se reconocen la existencia de nueve especies de grana cochinilla (Volchansky *et al.*, 1999). En México se tienen reportes de la presencia de seis de ellas, casi todas son consideradas plagas del nopal y se han englobado en la categoría, que en la mayoría de los autores han llamado grana silvestre (Portillo y Viguera, 2006).

La cochinilla silvestre del nopal es catalogada como una plaga muy importante para la producción de nopal tunero y nopal verdura. (Mena, 2011; Vanegas *et al.*, 2010). *D. opuntiae* puede terminar en seis meses con una plantación, (Perez y Becerra, 2001).

La cochinilla silvestre del nopal, *Dactylopius opuntiae*, es el dactilópido con más nopales hospederos (Portillo y Viguera, 2006) y el más nocivo, ya que afecta los cultivos de nopal verdura *Opuntia ficus-indica*. (Vanegas *et al.*, 2010), cuyo manejo se realiza principalmente con insecticidas químicos, lo cual es una práctica ineficiente, además de que representa riesgos sanitarios y ecológicos (Arias *et al.*, 2008).

La cochinilla silvestre del nopal es un insecto parasito con forma de escama, las hembras desarrollan una cubierta sedosa, parecida al algodón que los protege de sus depredadores naturales como también reduce la eficacia del control químico (Badii y Flores, 2001; Vanegas, 2009).

Si la infestación es severa, se provoca la caída de pencas, la planta se debilita e incluso la muerte de esta, el debilitamiento en cladodios ocasiona una producción de menor cantidad y brotes de los frutos débiles, aparte de que los frutos dañados por la cochinilla son menos dulces y presentan una apariencia poco estética. (Mena y Rosas 2004).

En especies de cactáceas, principalmente con los géneros *Opuntia*, Dactylopiidae desarrolló una especificidad evolutiva en contra de este, pero también está asociada a otros géneros, tales como: *Cereus*, *Cleistocactus*, *Cylindropuntia*, *Echinopsis*, *Selicereus*, *Tephrocactus* y *Tunilla* (Anderson, 2001). Y en México se reporta la asociación de *Dactylopius* spp. con 72 especies de *Opuntia* y 3 especies de *Nopalea* (Portillo, 2008).

Dactylopius spp. son un grupo monogénico de insectos que pertenecen a la familia Dactylopiidae (Perez y Koastarab, 1992). La familia Dactylopiidae (Hemiptera: Coccoidea) se integra por un grupo monogenerico (*Dactylopius*) de 11 especies de escamas blandas, nativas del continente americano (Portillo y Viguera 2006). Los hábitos alimenticios de las escamas blandas están especializados en platiopuntias, la especie *D. opuntiae* sobresale por su amplio rango de nopales hospederos (Portillo y Viguera 2006), reportándose como la plaga primaria de *Opuntia ficus-indica* en cultivos del centro de México (Vanegas et al., 2010).

Las hembras permanecen fijas a la planta hospedera, mediante su aparato bucal (Espinosa, 2001). Esta condición genera que a su alrededor se construyan redes de interacción biótica, principalmente con hormigas y otros himenópteros (Perfecto *et al.*, 2010). Otra característica importante es la presencia del ácido carminico en su hemolinfa y músculos durante todos sus estadios, ese ácido es una antraquinona que es tóxica para otros insectos y sirve para disuadir a los depredadores (Eisner *et al.*, 1980). Además los cuerpos de las hembras permanecen inmóviles que sirven para huevos, larvas y pupas de otros insectos, los cuales a su vez interactúan con sus depredadores (Perfecto *et al.*, 2010). Las hembras adultas de *Dactylopius Opuntia*, dañan los cladodios y frutos del nopal al succionar la savia con su aparato bucal chupador (Badii y Flores, 2001; Vanegas, 2009).

La grana cochinilla pertenece al grupo de los cocoideos o insectos escama, posee un cuerpo blando, plano u oval, cubierto de una sustancia polvorosa o algodonosa secretada por glándulas especiales. Las hembras no poseen alas y miden unos 5 mm de largo., estas se agrupan en colonias que dan la apariencia de algodonosa blanca sobre el tejido vegetal. Los machos se logran distinguir de las hembras por que cuentan con alas y son de un menor tamaño, en su caso las hembras penetran su aparato bucal en el tejido del

cactus para succionar la savia y quedan inmóviles hasta completar su ciclo de vida (Vargas, 1988).

Las especies de *Dactylopius* pose un cuerpo blando, cuyas estructuras cuticulares excretan cera blanquecina a modo de algodón, excepto a *D. coccus* cuya excreción semeja a talco blanquecino, la cera que recubre al cuerpo del insecto lo protege contra factores ambientales, incluso con insecticidas y depredadores (Moran *et al.*, 1987).

El control de *D. opuntiae* se realiza principalmente con insecticidas organofosforados como Malatión y Paratión metílico, sin embargo, las consecuencias ecológicas y de salud son muy dañinas (Galloway y Handy 2003), pero las restricciones para su uso, han obligado a buscar otras alternativas, explorando detergentes, extractos vegetales, aceites minerales y aplicaciones de conidios de *Beauveria bassiana* (Palacios *et al.*, 2004, Borges *et al.*, 2013).

En la zona de estudio San Luis Potosí., S.L.P. la incidencia de cochinilla silvestre se presenta de abril a septiembre (García *et al.*, 2008)., el tiempo entre generaciones varia de 35-45 días (Pacheco *et al.*, 2011), y los factores que dificultan el control de esta plaga son su cubierta cerosa, resistencia a factores climáticos adversos, altas tasas de reproducción y ciclo de vida corto (Pacheco *et al.*, 2011). El daño en nopal lo ocasionan las hembras, tanto ninfas como adultas ya que, al extraer savia, provocan amarillamiento, el debilitamiento y muerte de la planta (Vanegas *et al.*, 2010). En el caso del macho una vez que emerge se dirige hacia las hembras para copular; permanece vivo de dos a cuatro días y después muere (Marín y Cisneros, 1977).

Características del nopal verdura como hospedante

La especie de *Opuntia ficus-indica* son originarios de América tropical y subtropical y debido a la gran adaptación, se puede encontrar en una gran variedad de condiciones agroclimáticas (Sáenz *et al.*, 2006). Pertenece a la familia Cactaceae y al género *Opuntia* (Grin, 2005). En México, la especie *Opuntia ficus indica*, es utilizada para la cría de grana y monitoreo, debido a algunas características morfológicas, como ausencia parcial o total de espinas, los cladodios son más grandes a comparación con otras especies de

nopales. (Nobel, 2002). La anatomía y morfología se adapta a un fuerte estrés ambiental, estas plantas de 1.5 m de altura aproximadamente, presentan tallos y cladodios que comúnmente les llaman pencas, con forma elíptica por lo general son de color verde pálido a oscuro, las espinas usualmente están ausentes, en ocasiones se presentan en algunos cladodios, la espina normalmente es acicular hundida y blanca de un promedio de 6mm de longitud. El fruto es esférico, cilíndrico o elíptico frecuentemente amarillo pálido a rojo purpura. (Reyes-Agüero *et al.*, 2005). Las especies de cochinillas reportadas en el mundo, de encuentran de cierta manera asociadas principalmente a nopales de los géneros *Opuntia*, siendo *Opuntia ficus indica*, *Opuntia tormentosa*, *Opuntia filifera* y *Opuntia streptacantha* (Portillo y Vigueras, 2006).

Taxonomía *Dactylopius opuntiae*

La familia Dactylopiidae posee un solo género: *Dactylopius*. De Lotto (1974) enlista nueve especies las cuales son: *D. tomentosus* (Lamark), *D. coccus* Costa, *D. austrinus* De Lotto, *D. confertus* De Lotto, *D. salmianus* De Lotto, *D. confusus* (Cockerell), *D. opuntiae* (Cockerell), *D. zimmermanni* De Lotto y *D. ceylonicus* (Green), esta especie citada en México. Portillo (2008), menciona que las especies aumentarían a 10, cuestión de que Ben Dov y Marotta (2001), reasignan una nueva especie como *D. bassi*.

Taxonomía actual de *D. opuntiae* (Cockerell) Cockerell, 1929:328; De Lotto, 1974:184. Reino: Animal, Phylum: Arthropoda, Subphylum: Atelocerata, Clase: Insecta, Orden: Hemiptera, Sub Orden: Stenorrhyncha, Superfamilia: Coccoidea, Familia: *Dactylopius*, Especie: *D. opuntiae* (Cockerell). *Dactylopius opuntiae* esta se distingue de otras especies por presencia de poros en el extremo de la parte dorsal, los cual incrementan en el antepenúltimo segmento del abdomen, presenta sedas dorsales que son delgadas y largas (De Lotto, 1974).

Biología de *Dactylopius opuntiae*

Los *Dactylopius*, presentan un tipo de metamorfosis intermedia entra la considerada simple o Hemimetábola y la metamorfosis completa u Holometábola (Borror *et al.*, 1989). Los adultos exhiben un dimorfismo sexual, las hembras difieren de los machos en

su ciclo de vida, las hembras presentan tres estados: huevo, ninfa (I y II) y adulto, los machos presentan cinco estados: huevo, ninfa (I y II), prepupa, pupa y adulto. (Gullan y Kosztarab, 1997).

Los individuos de esta especie presentan dimorfismo sexual y los estadios entre machos y hembras son diferentes, las hembras pasan por las siguientes fases: huevo, ninfa uno y dos, adulto áptero y en el macho las fases son: huevo, ninfa uno y dos, prepupa, pupa y adulto alado, a partir de las ninfas II los machos y hembras presentan diferencias físicas. (Vanegas, 2009). Las ninfas hembras son gregarias, estas presentan fototropismo positivo y poseen sedas dorsales más largas que los machos, lo que permiten transportarse y dispersarse a través de corrientes de aire, en las ninfas de los machos presentan un fototropismo negativo y completan su desarrollo encima de la capa algodonosa de las hembras adultas (Moran *et al.*, 1982; Vanegas, 2009).

Ciclo de vida *Dactylopius opuntiae*

Cada hembra pone en promedio 160 huevos que eclosionan de inmediato en ninfas, El ciclo de vida de las hembras va de 90 a 130 días y al ser un insecto áptero se fijan en los cladodios hasta que mueren (Badii y Flores, 2001). y se reproduce de forma sexual, pueden aparecer hembras partenogénicas (Flores *et al.*, 2006).

Pérez (2011) mencionan que las ninfas I y las hembras adultas de *D. opuntiae* prefieren las zonas del cladodio protegidas del sol y la lluvia. En el caso de las colonias que están expuestas en zonas del cladodio, se asientan por debajo de la areola y tienen una cubierta de seda más compacta, esto les brinda protección contra lluvia (Moran y Hoffmann, 1987).

El incremento de temperatura es una condición favorable para su establecimiento y reduce el tiempo en el que completa su ciclo. (Vanegas, 2009). La biología así como el ciclo de vida del género *Dactylopius*, pueden variar en función de la temperatura ambiental y sus características morfológicas generales son muy similares (Mathenge *et al.*, 2009).

Tipos de control

Dactylopius opuntiae (Hemiptera: Dactylopiidae), es el coccoideo más nocivo y de mayor distribución mundial que afecta al nopal verdura y otras especies de nopales cultivadas, silvestres y de ornato. Esta plaga produce clorosis en tejidos de frutos y cladodios, acelerando su senescencia y en altas poblaciones ocasionan la muerte de la planta. (Vanegas *et al.*, 2010).

El control de esta plaga se basa principalmente en el uso de insecticidas convencionales, ya que hay estudios sobre métodos alternativos, como aceites minerales (López *et al.*, 2009), clones resistentes (Borges *et al.*, 2013), jabones (Palacios *et al.*, 2004), insecticidas botánicos (Borges *et al.*, 2013) y combinaciones comerciales (Vigueras *et al.*, 2009). De lado al control biológico hay investigaciones sobre uso de hongos entomopatógenos (Santos *et al.*, 2011). Las investigaciones sobre insectos entomófagos son escasas y se refieren a estudios de identificación y evaluación de parámetros poblacionales (Flores *et al.*, 2013). Los enemigos naturales de dactilópidos incluye siete familias de insectos, de los cuales los coccinélidos presentan más especies depredadoras. (Rodríguez *et al.*, 2010).

Los tipos de control que se utilizan sobre el manejo de *D. opuntiae* son: Un control cultural, se recomienda revisar y seleccionar las pencas para evitar sembrar plantas infestadas de insectos (Delgadillo *et al.*, 2008), en control mecánico incluye el corte de los cladodios infestados, aunque se reconoce que es laboriosa (Delgadillo *et al.*, 2008). O bien, cepillado de cladodios cuando la infestación de cochinilla es baja (Palacios *et al.*, 2004).

Control Biológico y sus enemigos naturales.

Existe un conjunto de enemigos naturales de *Dactylopius spp.* que actúan de una manera diferencial en función de su densidad (Vanegas *et al.*, 2010; Cruz Rodríguez *et al.*, 2016). Se conoce existencia de enemigos naturales de la cochinilla silvestre, y con frecuencias se menciona su presencia en zonas productoras de nopal verdura en México. (Delgadillo *et al.*, 2008).

Los programas de control biológico se orientan, con frecuencias a identificar al enemigo natural ya sea fuerte o eficaces, y que impacto tienen en la dinámica poblacional del organismo plaga (Vandermeer *et al.*, 2010).

Cuando las densidades son bajas se han observado presencia de *Hyperaspis trifurcata*, *Leucopis bellula* y *Simpheobius barberi*. En cuanto las densidades son altas a *Laetilia coccidivora* y *Chilocorus cacti*. La investigación de depredadores ha estado orientada a promover el control biológico aumentativo y conservación, *L. coccidivora*, *S. barberi*, *C. cacti* y *H. trifurcata*, como los agentes de control más efectivos de la cochinilla silvestre. (Flores *et al.*, 2013; Vanegas, 2015).

Importancia de Coccinélidos como control biológico

El orden Coleóptera es el grupo más importante de depredadores para el control biológico tanto de plagas exóticas como nativas. Estos depredadores ayudan a suprimir las plagas por medio de liberaciones aumentativas en invernaderos, inoculaciones estacionales en otros cultivos y mediante su conservación en áreas alrededor de los cultivos. (Nicholls, 2010).

Los depredadores asociados a dactilópodos incluye cinco familias de insectos, de los cuales Coccinellidae es el grupo con mayor riqueza específica, varias de ellas distribuidas en Norteamérica (Rodríguez-Leyva *et al.*, 2010). En México, los coccinélidos más abundantes son *Chilocorus cacti* L. e *Hyperaspis trifurcata*. (Vanegas *et al.*, 2010).

Los Coccinellidae es una familia muy diversa y conocida dentro del orden Coleóptera. Se les conoce vulgarmente con el nombre de "chinitas" o "mariquitas", y debido a su inofensiva apariencia y vistosos colores son considerados como uno de los grupos de coleópteros más carismáticos (Zabala *et al.*, 2003).

La subfamilia Chilacorinae incluye tres tribus Telsimiini Casey, 1899; Platynaspini Mulsant, 1846 y Chilacorini Costa 1849; Del grupo de los depredadores, las catarinitas de la subfamilia Chilacorinae se alimentan principalmente de insectos de la superfamilia

Coccoidea y en menor grado de Aphidoidea (Hemiptera) (Gordon, 1985); es un grupo importante ya que varias especies se utilizan en el control biológico.

En Norteamérica están presentes seis géneros, *Chilocorus Leach*, *Axion Mulsant*, *Brumoides Chapin*, *Exochomus Redtenbacher*, *Arawana Leng* y *Halmus Mulsant*, los cinco primeros nativos y el último introducido (Gordon, 1985). Para Sudamérica se registran cinco, *Chilocorus Leach*, *Zagreus Mulsant*, *Harpasus Mulsant*, *Exochomus* y *Curinus Mulsant* 1580 (González, 2009).

Dentro de los insectos con reconocida actividad biorreguladora, se encuentran los coccinélidos que se destacan por su voracidad (González *et al.*, 2003). En el Estado de San Luis Potosí desde hace varios años se han observado depredadores con características similares a los coccinélidos atacando a la cochinilla silvestre en el municipio de Soledad de Graciano Sánchez (Jarquín y Butrón, 2013). y recientemente en Santa María del Rio (Com. Per. Lizcano, 2015).

Los coccinélidos constituyen una importante familia de coleópteros conocidos comúnmente como “catarinitas” “mariquitas”. o “conchuelas” son coleópteros de gran importancia para los agroecosistemas, ya que ayudan de manera notable al control de plagas de importancia económica tales como áfidos, mosquita blanca, escamas y en general, insectos de cuerpo blando (Morón y Terrón 1988).

Estos depredadores conocidos comúnmente como mariquitas, chinitas, etc., según el país, pertenecen al orden Coleoptera y son depredadores generalistas que se distribuyen más o menos bien en todo el mundo. Las mariquitas son de enemigos naturales más visibles y conocidos. Se encuentran más de 450 especies en Norteamérica, algunas nativas y otras introducidas desde otros países. (Nicholls, 2010).

Chilocorus cacti es una especie reportada como un depredador de *D. opuntiae* que se alimenta de hembras (Badii y Flores, 2001), ninfas y huevos y también se ha utilizado en diversos programas como agente de control biológico contra otros hemípteros plaga (Vanegas *et al.*, 2010). Aparte ha sido reconocido como un agente de control biológico de insecto de escamas (Samways *et al.*, 1999).

Chilocorus cacti es uno de los depredadores de amplio espectro más usados por ejercer eficiente control de la densidad de ácaros e insectos fitófagos (Aurali *et al.*, 2001). Este coccinélido se utilizó en campañas de control biológico de insectos escama como *Asterolecanium pustulans* (Cockerell), *Pseudaulacaspis pentagona* Targioni y *Diaphorina citri* en Puerto Rico (Cruz y Segarra 1992). En México hay reportes e informes técnicos de que *C. cacti* depreda a la escama de nieve *Unaspis citri* (Comstock) (SENASICA 2006), y a la escama blanca del mango *Aulacaspis tubercularis* Newstead (Carrillo *et al.*, 2008). Además, se distribuye en la parte sur y oeste de EE.UU. (Gordon 1985). La ineficiencia de los insecticidas causa abandono de las plantaciones de nopal, permitiendo que los enemigos naturales se restablezcan haciendo evidente la acción depredadora de algunas catarinitas en nopaleras sin medidas de control químico (Luna 2011).

Taxonomía *Chilocorus cacti*

De acuerdo a Gordon 1985.

Filo: Arthropoda, Subfilo: Hexapoda, Clase: Insecta, Subclase: Pterygota, Infraclass: Neoptera, Orden: Coleoptera, Familia: Coccinellidae Subfamilia: Chilocorinae, Genero: *Chilocorus*, Especie: *cacti* (L).

Biología *Chilocorus cacti*

En México se identificó como enemigo natural y agente de control biológico dentro de programas de control biológico por conservación a partir del 2000 (Vanegas, 2009). y se encuentra presente en al menos 12 estados del país, Quintana Roo, Tamaulipas, México, Michoacán, Guanajuato, Sinaloa, Colima, Durango, Veracruz, Yucatán, Nayarit (Machkour-M´rabet *et al.*, 2105). Se ha utilizado con interacción para un control biológico autónomo de la cochinilla silvestre del nopal (Cruz-Rodríguez *et al.*, 2016). Pero es un depredador generalista y tiene a desaparecer cuando el alimento se acaba (DeBach y Rosen, 1976).

El papel de *C. cacti* como agente de control biológico de *D. opuntiae* se ha observado cuando ésta alcanza densidades altas (Cruz-Rodríguez *et al.*, 2016). El origen es americano y naturalmente se distribuye desde el sur de Estados Unidos hasta el norte de América del sur. (Gordon, 1985). *C. cacti* ha sido introducida con éxito en diferentes países y se encuentra en una amplia gama de tipos de clima. (Samways *et al.*, 1999).

Se distribuye desde el sur de los Estados Unidos hasta Colombia (Néstor, 2011). En México se distribuye en Baja California, Baja California Sur, Campeche, Coahuila, Chihuahua, Distrito Federal, Durango, Guanajuato, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sonora, Tamaulipas, Veracruz y Yucatán (Ruiz y Coronado, 2006).

En el Continente Americano está presente la tribu Chilacorini (Gordon, 1985). Los miembros de esta tribu se caracterizan por tener cuerpo hemisférico, cípeo expandido y apéndices cortos que son recibidos en depresiones presentes en la superficie ventral del cuerpo. En las interacciones que *C. cacti* establece con otras especies, está documentado en procesos de comensalismo y parasitismo, esto atribuye a su protección química debido a la coloración aposemática que evita ser depredada (Ceryngier *et al.*, 2012).

C. cacti llega a presentar su ciclo de vida más corto comparado con el de su presa (Flores *et al.*, 2013). Tanto en etapas de larva y adulto se alimentan de ninfas que se encuentran sobre los cladodios, aunque también puede consumir hembras y machos adultos (Esparza Gómez *et al.*, 2008).

Ciclos de vida *Chilocorus cacti*

Su ciclo de vida, aproximadamente en condiciones de laboratorio es de 31 días, desde la eclosión de huevos hasta la emergencia del adulto, llega alcanzar un porcentaje de supervivencia de 71% hasta la etapa de larva (Hattingh y Samways, 1994).

Los huevos tienen una longitud de 1 mm, son de forma oval y color grisáceo, la hembra los coloca cerca de las colonias de cochinilla., las larvas miden aproximadamente 0.5 mm o más, presentan cuatro instares con individuos de color negro, presenta rayas amarillas y espinas negras en el dorso, las pupas miden 5 mm de

largo, color negro o marrón (Gordon, 1985; Wang *et al.*, 2015). El adulto es un insecto de forma ovalada y convexa, presenta una longitud promedio de 5 mm y ancho de 4.5mm, es de color negro excepto por la mancha amarilla o roja en cada élitro. La importante característica para su identificación de *C. cacti* es el color rojo o amarillo de su superficie ventral (Gordon, 1985; Machkour *et al.*, 2015).

Taxonomía *Exochomus childreni guexi*

De acuerdo a Mulsant, 1850 y LeConte 1852.

Filo: Arthropoda, Subfilo: Hexapoda, Clase: Insecta, Orden: Coleoptera, Familia: Coccinellidae, Subfamilia: Chilocorinae, Género: *Exochomus*, Especie: *childreni*, Subespecie: *guexi*.

Biología y ciclos de vida *Exochomus spp.*

En la literatura científica consultada no existe al momento información sobre aspectos biológicos y capacidad de consumo de esta especie *Exochomus childreni guexi*. En *Exochomus* los machos son levemente más pequeños que las hembras y con la punta del abdomen romo, mientras que el abdomen de las hembras termina en punta bien marcada (Mead, 1977).

Basándonos en otros trabajos hablando del mismo género Palomares *et al.*, (2016) mencionan del ciclo biológico de *E. marginipennis*, El tiempo de huevo a adulto de *E. marginipennis* fue de $28,05 \pm 1,13$ días. La longevidad promedio del estado adulto fue de $58,77 \pm 8,33$ días con un valor máximo de 104. La duración del estado larvario fue de $16,40 \pm 0,73$ días siendo la larva II y la larva IV los estadios de menor y mayor duración, respectivamente.

Michaud y Olsen (2004) mencionan que el ciclo de vida varía dependiendo de las condiciones ambientales y alimentación, como sucede con *Exochomus childreni* Mulsant, donde estos mismos autores indican que desde la postura de huevo hasta la preoviposición, el ciclo biológico de esta especie es de $60,8 \pm 1,96$ días, mientras que Sengonca y Arnold (2003), sin mencionar la longevidad del adulto, reportan para *E. quadripustulatus*, un tiempo de desarrollo de larva a pupa de $28,3 \pm 1,8$ días a una temperatura de 25°C.

En lo que se refiere a los sexos, Doult (1964) y Pfannenstiel y Yeargan (2002) mencionan que los depredadores tienen proporción sexual casi uniforme (50:50). Sin embargo, en el estudio de *E. marginipennis* registraron que la proporción sexual mostró un predominio de las hembras sobre los machos, resultados que posiblemente indican una mayor presencia de la hembra sobre el macho bajo condiciones naturales, y que la alimentación (presa) posiblemente no influye sobre la relación de sexos como sucede con otras especies de la familia Coccinellidae, como lo afirman Angulo *et al.*, (2011). Michaud y Olsen (2004) aseveran que las hembras de tres especies son significativamente más voraces que los machos, y en los dos restantes incluida una del género *Exochomus* (*E. childre-ni*), no mostró diferencias. Aguilar *et al.*, (2005) plantea en forma general, que el mayor consumo de alimento de las hembras sobre los machos es debido a que necesitan mayor cantidad de proteínas y nutrientes para la producción de huevos, condición que no se observó en éste estudio; en las investigaciones de Omkar y Srivastava (2003), mencionan que el consumo equivalente de presas por hembras y machos, pudo haber estado influenciado por fenómenos como el tiempo de exposición de la presa, tiempo de búsqueda y nivel de hambre de los depredadores.

En los Estados Unidos de Norte América (Florida, Kansas y Texas) han observado a *E. marginipennis* como un insecto muy activo en primavera y verano, sin embargo, asocian esta actividad a la presencia de pulgones y no con *D. citri* (Evans, 2014). Por otro lado, en Cuba se ha observado a miembros del género *Exochomus* (*E. cubensis* Dim-mock), alimentándose de forma natural de *D. citri* (González *et al.*, 2003). En estudios realizados en Florida, E.U.A., Michaud y Olsen (2004) determinaron varias especies de coccinélidos como depredadores muy voraces del PAC, entre ellos *E. childre-ni*. Durante el estado larval, *E. marginipennis* pasa por cuatro estadios, tal como ha sido registrado para la mayoría de las especies de Coccinellidae (Hodek, 1973; de Oliveira *et al.*, 2004), siendo la larva II y la larva IV los estadios de menor y mayor duración, respectivamente. Machado (1982) señala que la mayor duración del 4to instar está relacionada con la necesidad de incrementar los nutrientes requeridos para la transformación en pupa y posterior emergencia del adulto. Esta situación se asemeja a otras especies del mismo género como *E. quadripustulatus* y *E. childre-ni*, donde Muma (1956) y Sengonca y Arnold (2003) encontraron que el estadio IV es el más longevo.

Exochomus guexi, una de las formas de color de *E. marginipennis*, fue descrito en Luisiana y nombrado para el Sr. J. A. Guex que recogió especímenes para LeConte. Leng (1908). *Exochomus spp.* es redondo, convexo, cabeza negra, pálida en la parte anterior del varón, pronotum del macho negro con ángulos anteriores o márgenes laterales muy pálidos; Hembra con pronotum negro, ángulos anteriores sólo pálido, élitros con dos patrones de color: negro con un punto pálido en cada lado; A veces con una mancha pálida alargada en la sutura en el centro que puede unirse a los dos en la base; márgenes laterales de elitros sumamente pálidos por la mitad o más de la longitud; o elitros naranja rojizo, cada elitro con una mancha negra sub apical de tamaño variable ya veces con una mancha negra en el disco por encima de la mitad. La superficie ventral negra en el varón, los márgenes laterales del prosterno y ocasionalmente los márgenes laterales del cuerpo pálidos; En hembra, negra con epipleura pálida. Patas anteriores del macho en color pálido, últimos dos pares (medias y posteriores) más oscura; Hembra con fémur negro, tibias y tarsos pálido. Longitud, 2,4-3,3 m m; Anchura, 2,1-2,8 mm. (Chapin, 1971).

Exochomus childreni no exhibe el dimorfismo sexual secundario de *E. marginipennis* y es claramente convexo y redondo en forma con las punciones de elitros muy finas, escasas, a menudo casi invisibles. Además, la epipleuron elytral está descendiendo fuertemente externamente en *E. childreni*, más que en la mayoría de los especímenes de *E. marginipennis*. La forma occidental de *E. margini pennis*, que posee el patrón de color de *E. childreni*, es a veces difícil de separar de esa especie, pero si hay ejemplos de ambos, la distinción suele ser evidente. *Exochomus de flega* Casey se basa en una sola hembra de Missouri y no se puede mantener incluso como una subespecie. Aquí lo consideró un sinónimo junior de *E. marginipennis*. (Gordon, 1985).

E. childreni parece estar restringido a la Florida donde la forma normal del color no se puede confundir con la de cualquier otro coccinellido. Las formas de 4 manchas o de 4 bandas, sin embargo, se asemejan a *E. marginipennis* que también ocurre en la Florida. (Gordon, 1985).

La diferencia aparente entre *E. c. Guexi* y *E. c. Childreni* es el impresionante dimorfismo sexual exhibido por *E. c. Guexi*, en otros aspectos morfológicos parecen ser extremadamente similares., *Exochomus guexi* ha sido considerado un sinónimo de *E.*

childreni por autores anteriores, pero creo que se justifica por una clasificación subespecífica (Gordon, 1985).

Estudios moleculares

Los primeros estudios de las técnicas moleculares basados en ADN han sido superados por el uso de la Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR), la que puede desarrollarse con pequeñas cantidades de ADN y en ocasiones hasta con solo un individuo (Kox *et al.*, 2005). Los estudios genéticos con artrópodos requieren ADN de buena calidad. En dichos estudios se deben procesar un gran número de muestras por lo que es indispensable contar con un método de extracción eficiente, rápido y económico (Gutiérrez *et al.*, 2008). Los biólogos evolutivos usan tanto datos morfológicos como moleculares para establecer hipótesis de relaciones filogenéticas entre organismos, para estimar la variación dentro de las poblaciones y para probar hipótesis de adaptaciones ecológicas. Sin embargo, es común observar incongruencias entre los análisis basados en datos morfológicos y los basados en datos moleculares (Hillis y Wiens, 2000), lo que ha originado polémicas respecto a qué tipo de datos pueden proveer de información adecuada para sustentar y probar hipótesis evolutivas. Los datos moleculares también tienen la ventaja de trabajar directamente con la base genética de la variación, mientras que la base genética de la mayoría de los caracteres morfológicos se asume. Asimismo, en el acercamiento molecular los caracteres se pueden seleccionar y definir de una manera relativamente objetiva (Hillis y Wiens, 2000). En estudios morfológicos, los caracteres deben ser descubiertos y delimitados generalmente sin ningún criterio explícito para la selección o la codificación del carácter, por lo que tienen el potencial de ser arbitrarios. Por ejemplo, las morfologías no divulgan generalmente sus criterios para incluir o excluir caracteres y cuando se dan los criterios, varían considerablemente entre estudios. Sin embargo, tienen la ventaja de permitir un muestreo taxonómico mucho más cuidadoso que el que se realiza con análisis moleculares, lo que es importante para las revisiones sistemáticas, los estudios de la evolución del carácter y la valoración filogenética. (Hillis y Wiens, 2000).

Los marcadores moleculares son una herramienta necesaria en muchos campos de la biología. Además, se utilizan para localizar y aislar genes de interés, existen varias

técnicas moleculares que nos permiten conocer cómo se encuentran las proporciones de genes en las poblaciones naturales de manera indirecta, como con los análisis de proteínas, o de manera directa con estudios de ADN. (Simpson, 1997).

METODOLOGIA

Localización

El presente trabajo se estableció en el Rancho San Ignacio del municipio de Santa María del Río, San Luis Potosí. Ubicado geográficamente a 22°11'22.9" LN y 100°52'36.3" LO a 1,777 msnm.

Colectas

En agosto del 2015, de junio a septiembre 2016 y de febrero a junio 2017, se realizaron colectas de coccinélidos y granas en el rancho San Ignacio del municipio de Santa María del Río, S.L.P. El sitio de colecta fue una parcela de diez hectáreas, la cual se subdividió en diez subparcelas de una hectárea. Se eligió una subparcela y se muestreo un área con antecedentes de presencia de *Dactylopius spp*, con dimensiones de veinte metros de largo por cuatro de ancho, que constó de cinco hileras y aproximadamente 665 plantas. Para ello se utilizó la metodología de Vanegas *et al.*, (2010). la cual plantea tomar una muestra de 10 plantas al azar y de cada una, un cladodio, del cual se colectaron los coccinélidos y granas presentes. De cada especie colectada se tomaron treinta ejemplares de cada uno y se conservaron en alcohol etílico al 70%, y otros vivos en cámaras de cría.

Identificación taxonómica de coccinélidos

Los coccinélidos colectados se llevaron para su identificación al Centro Nacional de Referencia de Control Biológico, en Tecomán, Colima, su identificación taxonómica se realizó mediante ilustraciones y claves taxonómicas basándose en el libro de Coccinellidae (Gordon, 1985). y se utilizaron diez especímenes de cada género. El sexo se identificó con un microscopio simple, así como la cuantificación de segmentos en el abdomen, ya que está documentado que los machos presentan seis segmentos y las hembras cinco. En este proceso se utilizó un microscopio estereoscopio marca Car Zeiss®, Discovery V20, una cámara Axio cam HRC adaptada al mismo, y el programa

combine ZM[®]. para digitalizar las imágenes del microscopio (Axio Vision SE64). Finalmente se seleccionó de entre 30 a 40 fotos las de mayor calidad.

Identificación taxonómica de *Dactylopius spp.*

Para la identificación de la grana silvestre, se utilizó un microscopio AxioStar plus marca Carl Zeiss[®], con aumentos de 40x a 100x. En esta parte se revisaron 10 laminillas utilizando la metodología de montaje propuesto por Hamon y Koaztarab (1979) descrito por Solís (1993) y para su determinación se utilizaron las claves de Howell & Williams (1976) y De Lotto (1974).

Identificación molecular y Análisis Filogenético de las regiones 12S, 18S y 28S rRNA de los organismos presentes en nopal verdura.

En el proceso de la identificación genética de los organismos, se realizó análisis filogenético de la región 12S, 18S y 28S rRNA. La extracción de ADN de cada uno de los organismos se realizó con el protocolo basado de DNAzol[®], que se describe a continuación. En un tubo eppendorf se agregó 500 µl de DNAzol[®] y el organismo para ser triturado, se agita durante cinco minutos, después se agrega 300 µl de cloroformo y se vuelve agitar durante cinco minutos, después se centrifuga a 12,000 rpm durante diez minutos, la base acuosa se pasa a un tubo nuevo y se le añade 225 µl de etanol absoluto, se mezcla por inversión durante cinco minutos y se reposa en congelador durante un lapso de diez minutos, transcurrido ese tiempo se vuelve centrifugar a 12,000 rpm durante cinco minutos y después se decanta, a esto se añade 500 µl de etanol al 70% y se vuelve a centrifugar a 10,000 rpm durante cinco minutos y se vuelve decantar, ya después se deja secar a temperatura ambiente y por último se añade 50 µl de H₂O estéril y se almacena en congelador para conservar las muestras.

Con el ADN extraído se realizó la Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR) utilizando los oligos para 12S, 18S y 28S.

Para 12S rRNA (345 pb) SR-J-14233 (AAGAGCGACGGGCGATGTGT) y SR-N-14588 (AAACTAGGATTAGATACCCTATTAT).

Para 18S rRNA (933 pb) 18S ai (CCTGAGAAACGGCTACCACATC) y 18S bi (GAGTCTCGTTCGTTATCGGA).

Para 28S rRNA (323 pb) 28S sa (GACCCGTCTTGAAACACGGA) y 28S sb (TCGGAGGGAACCAGCTACTA).

Las condiciones de PCR para amplificar un fragmento de las regiones de rRNA fueron: Buffer 5x, 5 µl; Oligo rRNA F, 1 µl, rRNA R, 1 µl; Taq, 0.3 µl; H₂O estéril, 15.7 µl; ADN, 2 µl. Las condiciones de ciclado fueron: desnaturalización inicial 95°C, 5 min; 35 ciclos a 95°C durante 1min; 1 min a 52°C; 72°C durante 1 min; extensión final de 72°C durante 10 min. Se realizó la electroforesis de gel agarosa al 1% con buffer TBE 1X, se visualizaron con bromuro de etidio (1 µl/ml.) en fotodocumentador con UV. Los productos de PCR que mostraron amplificación del tamaño esperado, se mandaron clonar y purificar al Centro de Investigación en Ciencias de la Salud y Biomedicina (CICSaB) de la UASLP y a secuenciar en el Laboratorio Nacional de Biotecnología Agrícola Medica y Ambiental (LANBAMA) del IPICYT.

Para la identificación filogenética de los organismos, las secuencias que se obtuvieron se analizaron en BLAST (Basic Local Alingment Search Tool) en el NCBI (National Center for Biotechnology Information). Las secuencias de las regiones 12S, 18S y 28S rRNA fueron alineadas en el programa Sea View con algoritmo Muscle (Edgar,2004; Gouy *et al.*,2010). En el programa MEGA 7.0 (Tamura *et al.*,2013) se determinó el modelo de sustitución y se calculó el árbol filogenético con 1000 permutaciones bootstrap para medir la significación de ramas.

Ciclo de vida de coccinélidos y depredación contra *Dactylopius spp*

Se utilizaron cámaras de crías con recipientes de plásticos esto en laboratorio, en cuestión de campo se utilizaron jaulas entomológicas, en ambos se utilizó tela organza para favorecer su ventilación, en cada recipiente y jaula se introdujeron cladodios infestados de cochinilla silvestre del nopal para su alimentación.

En las observaciones de laboratorio se revisaban cada dos a tres días y en campo de tres a cuatro días, de esto se realizaban anotaciones tanto del tiempo en días de depredación como de ciclo de vida de los enemigos naturales. En depredación a grana, las relaciones del enemigo natural contra grana silvestre fueron, 1:1, 2:1 y 3:1.

Diseño experimental

Los datos obtenidos en la depredación de grana silvestre se analizaron en programa SAS (2004). Y se utilizó un diseño factorial debido que se buscó evaluar diferentes factores que actúen simultáneamente en el experimento. Tanto en el 2016 y 2017 se utilizaron tres tratamientos con nueve repeticiones cada uno, esto en condiciones de laboratorio como en campo.

Registro de temperatura y humedad

Para las condiciones de laboratorio se utilizó un termohigrómetro, para registrar la mínima máxima de temperatura y humedad presentadas esto se guardaba automáticamente en el aparato y se revisaba cada día o dos. En campo se revisaba diariamente los registros de los siguientes servidores, The weather Channel/aplicación.tiempo.iphone y <http://www.accuweather.com/es/mx/mexico-weather>. Ya con los datos obtenidos tanto de laboratorio como de campo se realizó un promedio de temperatura y humedad mínima y máxima por mes.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las identificaciones de los coccinélidos encontrados en parcelas de nopal verdura de San Luis Potosí, México coincidió plenamente con las claves taxonómicas de Gordon (1985).

Chilocorus spp.

El primer criterio empleado para asignar los especímenes a una subfamilia, fue visualizar la extensión del clípeo hasta los ojos (Figura 1a) y antena reducida a diez segmentos o menos (Figura 1b), por lo cual fue posible afirmar que los especímenes analizados mediante sus características pertenecen a subfamilia Chilocerinae. Esta se distingue por tener el clípeo dilatado debajo de los ojos, creando una especie de mascara fácil de distinguir (Figura 1a).



Figura 1a. Extensión del clípeo dilatado debajo de los ojos, creando una especie de mascara fácil de distinguir.



Figura 1b. Antena reducida a diez segmentos o menos, imagen del libro de Gordon 1985.

El criterio para clasificar los especímenes en la tribu de esta subfamilia que consta de tres tribus, Telsimiini, Platynaspini, y Chilocorini; es que sólo Chilocorini se encuentra en el hemisferio occidental. (Figura 2)



Figura 2. Tribu Chilocorini

Para el género se empleó el carácter de línea postcoxal, la cual se observó claramente. El género *Chilocorus* presenta en el clípeo un ribete en el borde anterior y está ligeramente recortado (Figura 3.).



Figura 3. Línea postcoxal, la cual se observó claramente.

Para asignar especie, el criterio se basó en las manchas y círculos rojos y por su pecho rojizo, de acuerdo con lo señalado por Gordon (1985). (Figuras 4). y para corroborar se realizó disección del insecto. (Figura 5).



Figura 4. Características de *Chilocorus cacti*.

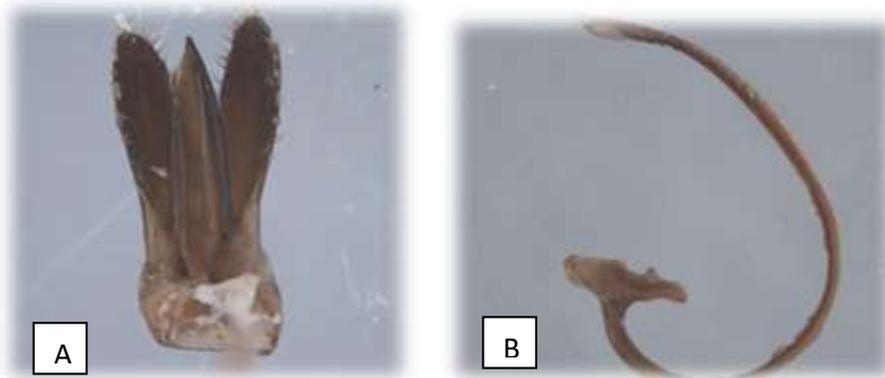


Figura 5. Genitalia del macho. A) Tegmen en vista frontal. B) Sifus en vista lateral

El coccinélido colectado de acuerdo con las claves taxonómicas fue *Chilocorus cacti*, (Coleoptera: Coccinellidae). (Figura 6).



Figura 6. *Chilocorus cacti*, depredando grana silvestre.

Ciclos de vida Chilocorus cacti en 2016.

El estudio se realizó en una cámara de cría de junio a septiembre con promedios de temperaturas y humedad relativa registradas en el laboratorio de Parasitología de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la UASLP. Condiciones de temperatura, min 23°C, máx. 27.5 °C. con Humedad al 48% Su ciclo de vida tuvo una duración promedio de 55 a 62 días. Huevo 6-8 días. Larva 13-15 días. Pupa 10-12 días. Vida de adulto 26-28 días (Figura 7). La cría en condiciones de campo se realizó en jaulas entomológicas durante las mismas fechas que en laboratorio, los promedios de temperaturas y humedad relativa son del municipio de Santa María de Rio, San Luis Potosí. Condiciones del mes de junio, temp. min 13°C, máx. 28.5 °C. humedad 63%, julio temp. min 13°C, máx. 29 °C. humedad 68%, agosto temp. min 14.5°C, máx. 30 °C. humedad 53% y septiembre temp. min 13.5°C, máx. 26.5 °C. humedad 60%. % Su ciclo de vida tuvo una duración promedio de 55 a 63 días. Huevo 4-5 días. Larva 10-12 días. Pupa 9-10 días. Vida de adulto 32-36 días (Figura 7). Datos del clima obtenidos de <http://www.accuweather.com/es/mx/mexico-weather> y The weather Channel/aplicación. tiempo.iphone.

Ciclos de vida Chilocorus cacti en 2017.

El estudio se realizó en una cámara de cría de febrero a junio con promedios de temperaturas y humedad relativa registradas en el laboratorio de Parasitología de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la UASLP. Condiciones de temperatura, min 25.5°C, máx. 31.5 °C. con Humedad al 65% Su ciclo de vida tuvo una duración promedio de 64 a 73 días. Huevo 7-8 días. Larva 16-17 días. Pupa 8-10 días. Vida de adulto 33-38 días (Figura 7). La cría en condiciones de campo se realizó en jaulas entomológicas durante las mismas fechas que en laboratorio, los promedios de las temperaturas y humedad relativa son del municipio de Santa María de Rio, San Luis Potosi. Condiciones del mes de febrero, temp. min 1°C, máx. 29 °C. humedad 71.5%, marzo temp. min 4°C, máx. 31 °C. humedad 88%, abril temp. min 5°C, máx. 32 °C. humedad 81%, mayo temp. min 7°C, máx. 36 °C. humedad 84% y junio temp. min 12°C, máx. 32 °C. humedad 87 %. Su ciclo de vida tuvo una duración promedio de 61 a 75 días. Huevo 5-7 días. Larva 14-16 días. Pupa 9-10 días. Vida de adulto 33-42 días (Figura 7). Datos del clima obtenidos de <http://www.accuweather.com/es/mx/mexico-weather> y The weather Channel/aplicación. tiempo.iphone.

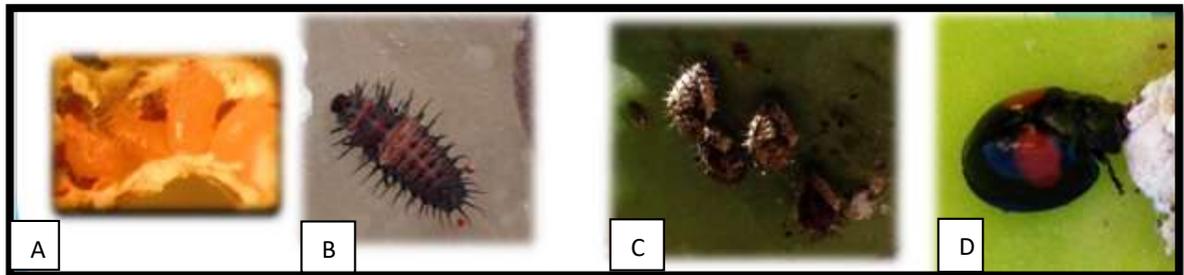


Figura 7. Ciclo de vida *Chilocorus cacti*. A) Huevo, B) Larva, C) Pupa y D) Adulto

Exochomus spp.

El primer criterio para identificar a subfamilia fue por la característica de que el clípeo está extendido hasta los ojos y antena reducida a 10 segmentos o menos, que lo distingue de los demás (Figura 8).



Figura 8. Extensión del clípeo dilatado debajo de los ojos, creando una especie de mascara fácil de distinguir.

Para llegar a la tribu de esta subfamilia se consideró la existencia de 3 tribus, Telsimiini, Platynaspini, y Chilocorini; pero sólo Chilocorini ocurre en el hemisferio occidental. (Figura 9).



Figura 9. Tribu Chilocorini

Para su género por sus características de coloración, puntos en los élitros y tamaño, de acuerdo a las características que menciona Gordon (1983). (Figura 10a). Imagen Libro Gordon (1985). (Figura 10b).



Figura 10. Características del genero *Exochomus*

Para su especie por el tipo de coloración nos daba la posibilidad de 4 especies, sin embargo 2 de ellas (*E. fasciatus* y *E. childreni childreni*), fueron descartadas ya que nuestros ejemplares de los machos tienen las patas y el ángulo anterolateral del pronotum no negro sino más bien cobrizo (Figura 11a). Esto nos restringía a *E. marginipennis* y *E. childreni guexi*, sin embargo, por la proporción de su cuerpo en donde según Gordon (1985), *E. marginipennis* es más alargado que *E. childreni guexi*, y basándose en las medidas que el mismo Gordon señala; nuestro ejemplar se acerca más a *E. childreni guexi*, además de no presentar tan marcada puntuación de los poros de los élitros. (Figura 11b).

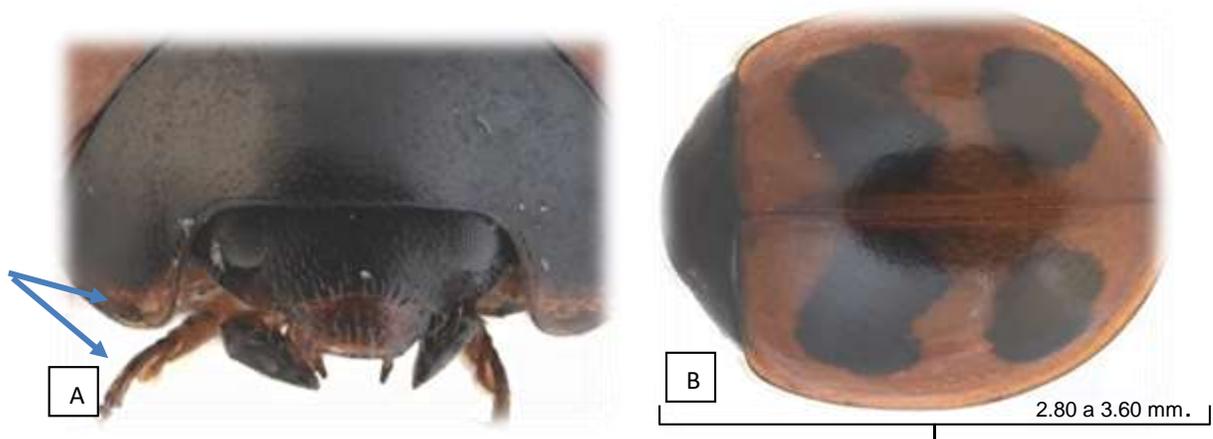


Figura 11. Características de especie *Exochomus*.

El coccinélido colectado de acuerdo con las claves taxonómicas fue *Exochomus childreni guexi*, (Coleoptera: Coccinellidae). (Figura 12).



Figura 12. *Exochomus childreni guexi*

Ciclos de vida Exochomus childreni guexi en 2016.

El estudio se realizó en una cámara de cría de junio a septiembre con promedios de temperaturas y humedad relativa registradas en el laboratorio de Parasitología de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la UASLP. Condiciones de temperatura, min 23°C, máx. 27.5 °C. con Humedad al 48% Su ciclo de vida tuvo una duración promedio de 63 a 72 días. Huevo 5-6 días. Larva 15-17 días. Pupa 8-9 días. Vida de adulto 35-40 días (Figura 13). La cría en condiciones de campo se realizó en jaulas entomológicas durante las mismas fechas que en laboratorio, los promedios de las temperaturas y humedad relativa son del municipio de Santa María de Rio, San Luis Potosi. Condiciones del mes de junio, temp. min 13°C, máx. 28.5 °C. humedad 63%, julio temp. min 13°C, máx. 29 °C. humedad 68%, agosto temp. min 14.5°C, máx. 30 °C. humedad 53% y septiembre temp. min 13.5°C, máx. 26.5 °C. humedad 60%. % Su ciclo de vida tuvo una duración promedio de 61 a 73 días. Huevo 3-5 días. Larva 12-15 días. Pupa 6-8 días. Vida de adulto 40-45 días (Figura 13). Datos del clima obtenidos de <http://www.accuweather.com/es/mx/México-weather> y The weather Channel/aplicación. tiempo.IPhone.

Ciclos de vida *Exochomus childreni guexi*.en 2017.

El estudio se realizó en una cámara de cría de febrero a junio con promedios de temperaturas y humedad relativa registradas en el laboratorio de Parasitología de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la UASLP.

Condiciones de temperatura, min 25.5°C, máx. 31.5 °C. con Humedad al 65% Su ciclo de vida tuvo una duración promedio de 64 a 75 días. Huevo 6-8 días. Larva 15-18 días. Pupa 8-9 días. Vida de adulto 35-40 días (Figura 13). La cria en condiciones de campo se realizó en jaulas entomológicas durante las mismas fechas que en laboratorio, los promedios de las temperaturas y humedad relativa son del municipio de Santa María de Rio, San Luis Potosi. Condiciones del mes de febrero, temp. min 1°C, máx. 29 °C. humedad 71.5%, marzo temp. min 4°C, máx. 31 °C. humedad 88%, abril temp. min 5°C, máx. 32 °C. humedad 81%, mayo temp. min 7°C, máx. 36 °C. humedad 84% y junio temp. min 12°C, máx. 32 °C. humedad 87 %. Su ciclo de vida tuvo una duración promedio de 59 a 72 días. Huevo 5-7 días. Larva 13-17 días. Pupa 8-10 días. Vida de adulto 33-38 días (Figura 13). Datos del clima obtenidos de <http://www.accuweather.com/es/mx/mexico-weather> y The weather Channel/aplicación. tiempo.iphone.

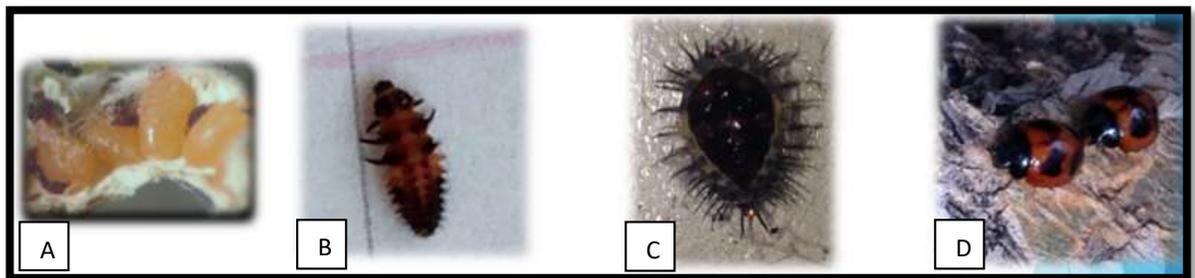


Figura 13. Ciclo de vida *Exochomus childreni guexi*

A) Huevo, B) Larva, C) Pupa y D) Adulto

Dactylopius spp

Se identificó como *Dactylopius opuntiae*, con base en los rasgos de la hembra adulta distinguibles en la región dorsal: setas con ápice truncado de 2 tamaños, presencia de algunos poros en el margen externo de los espiráculos torácicos posteriores y la agrupación de racimos en los últimos 3 segmentos abdominales, considerados por De Lotto (1974), Millar (1976) y Solís (1993).

Características *Dactylopius opuntiae*

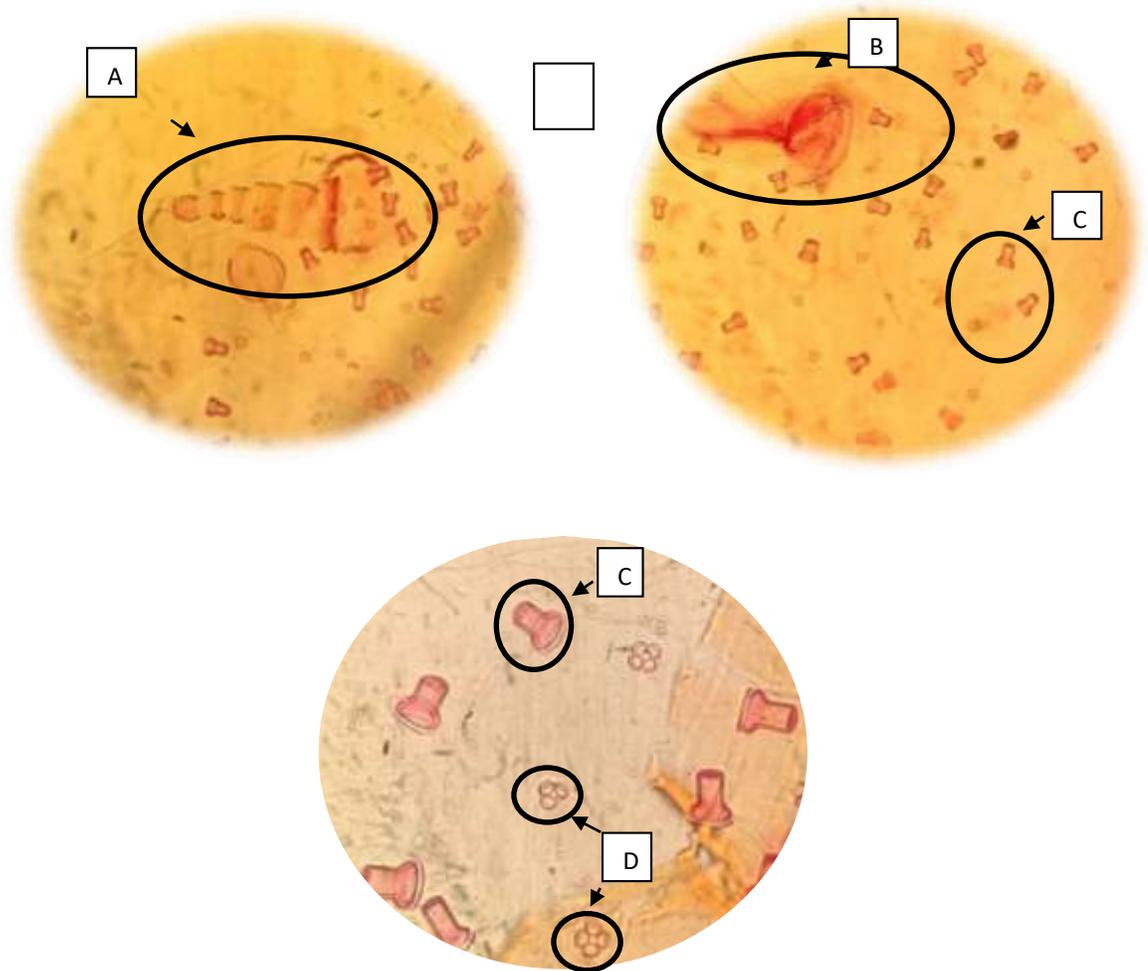


Figura 14. Características *Dactylopius opuntiae*. A) Antena de siete segmentos,
A) Espiráculo, C) Setas de ápice truncado, D) Racimos de tres y cuatro poros.

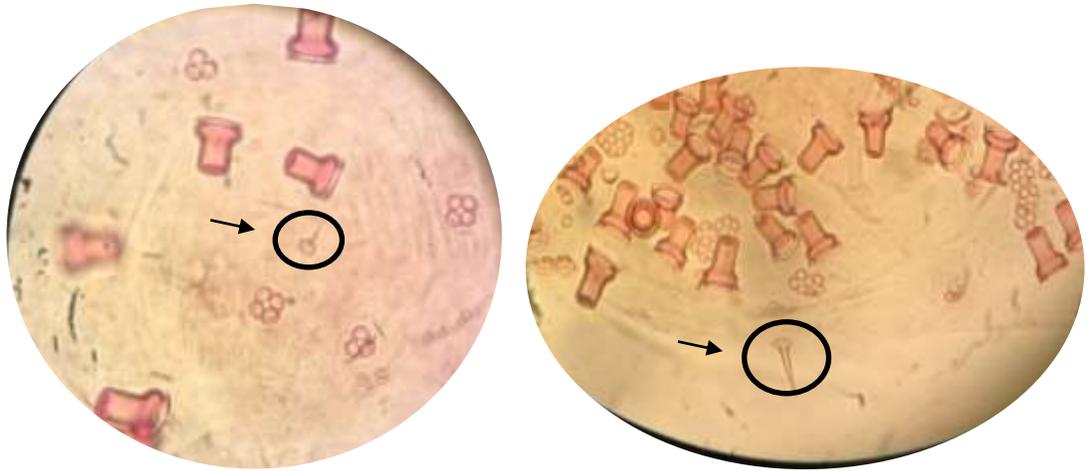


Figura 15. Setas normales.

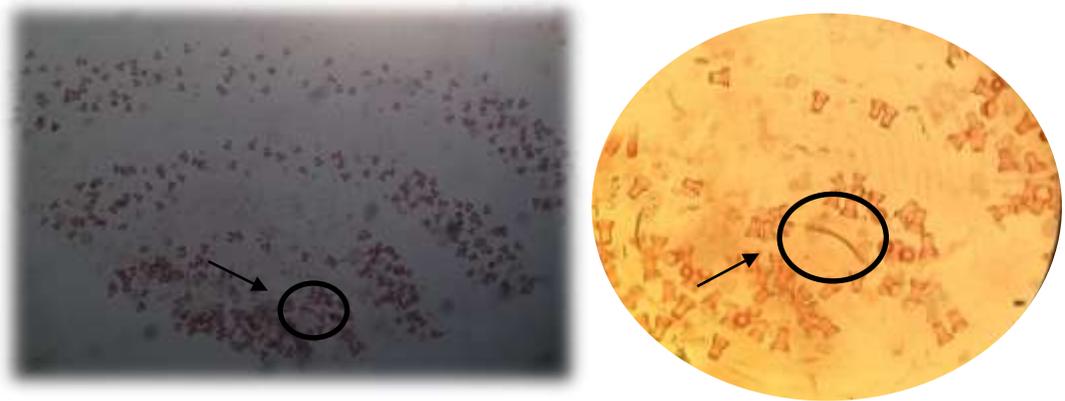


Figura 16. Anillo anal en forma semilunar de la hembra adulta, *Dactylopius opuntiae*.

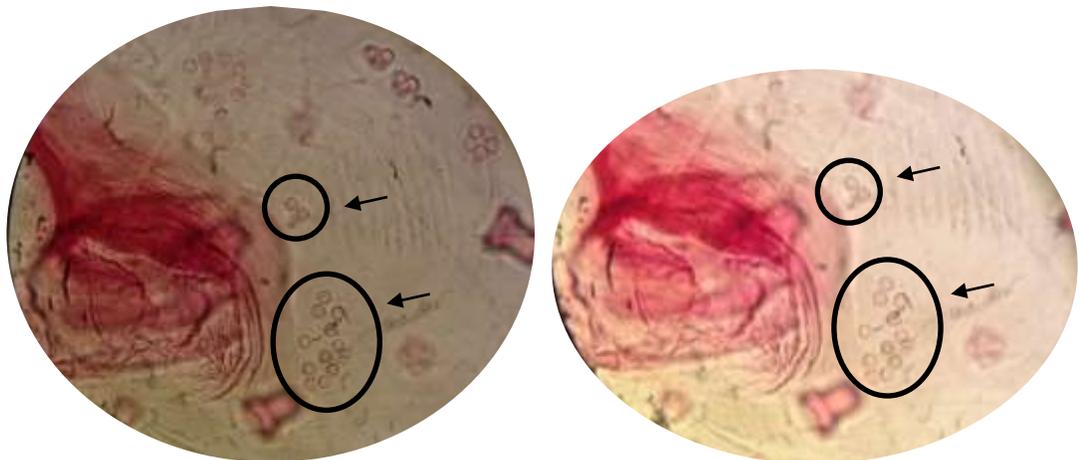


Figura 17. Poros esparcidos en el margen externo del espiráculo posterior

Identificación molecular y Análisis Filogenético de las regiones 12S, 18S y 28S rRNA de los organismos presentes en nopal verdura.

La identificación se logró mediante el uso de BLAST (Basic Local Alingment Search Tool) en el NCBI (National Center for Biotechnology Information) analizando las secuencias obtenidas. El valor E, es la probabilidad de que por azar la secuencia problema sea igual a la secuencia en la base de datos, en la mayoría de las secuencias es igual o cercana a 0 lo cual brinda confiabilidad en los resultados de homología de secuencias.

Cuadro 1. Identificación molecular de los organismos colectados en nopal verdura, con las comparaciones de la base de datos de secuencias de NCBI.

Gen	bp	Tubo	Organismo	Size	E value	Alineamientos (BLAST)
12S	345	1--1	<i>Chilocorus cacti</i>	386	2e -177	<i>Chilocorus cacti</i> isolate CO573 12S ribosomal RNA gene, partial sequence; mitochondrial
"	"	1--2	<i>Chilocorus cacti</i>	394	4e -174	<i>Chilocorus cacti</i> isolate CO573 12S ribosomal RNA gene, partial sequence; mitochondrial
"	"	1--3	<i>Chilocorus cacti</i>	387	2e -177	<i>Chilocorus cacti</i> isolate CO573 12S ribosomal RNA gene, partial sequence; mitochondrial
"	"	2--1	<i>Chilocorus cacti</i>	389	2e -- 172	<i>Chilocorus cacti</i> isolate CO573 12S ribosomal RNA gene, partial sequence; mitochondrial
"	"	2--3	<i>Chilocorus cacti</i>	556	3e -- 132	<i>Chilocorus cacti</i> isolate CO573 12S ribosomal RNA gene, partial sequence; mitochondrial
"	"	2--4	<i>Chilocorus cacti</i>	388	4e -- 174	<i>Chilocorus cacti</i> isolate CO573 12S ribosomal RNA gene, partial

						sequence; mitochondrial
"	"	3--1	<i>Exochomus childreni guexi</i>	390	9e -- 141	<i>Exochomus quadripustulatus</i> mitochondrial partial 12S rRNA gene, isolated in Cambridgeshire, United Kingdom
"	"	3--2	<i>Exochomus childreni guexi</i>	387	2e -- 137	<i>Exochomus quadripustulatus</i> mitochondrial partial 12S rRNA gene, isolated in Cambridgeshire, United Kingdom
"	"	3--3	<i>Exochomus childreni guexi</i>	386	3e -- 140	<i>Exochomus quadripustulatus</i> mitochondrial partial 12S rRNA gene, isolated in Cambridgeshire, United Kingdom
"	"	4--2	<i>Exochomus childreni guexi</i>	387	8e -- 141	<i>Exochomus quadripustulatus</i> mitochondrial partial 12S rRNA gene, isolated in Cambridgeshire, United Kingdom
"	"	4--3	<i>Exochomus childreni guexi</i>	386	3e -- 140	<i>Exochomus quadripustulatus</i> mitochondrial partial 12S rRNA gene, isolated in Cambridgeshire, United Kingdom
"	"	4--4	<i>Exochomus childreni guexi</i>	386	1e -- 138	<i>Exochomus quadripustulatus</i> mitochondrial partial 12S rRNA gene, isolated in Cambridgeshire, United Kingdom
18S	933	5--1	<i>Chilocorus cacti</i>	990	0	<i>Chilocorus cacti</i> isolate CO573 18S ribosomal RNA gene, partial sequence
"	"	5--2	<i>Chilocorus cacti</i>	1089	0	<i>Chilocorus cacti</i> isolate CO573 18S ribosomal RNA gene, partial sequence

"	"	5--3	<i>Chilocorus cacti</i>	1087	0	<i>Chilocorus cacti</i> isolate CO573 18S ribosomal RNA gene, partial sequence
"	"	5--4	<i>Chilocorus cacti</i>	1143	0	<i>Chilocorus cacti</i> isolate CO573 18S ribosomal RNA gene, partial sequence
"	"	7--2	<i>Exochomus childreni guexi</i>	988	0	<i>Exochomus sp.</i> CO722 18S ribosomal RNA gene, partial sequence
"	"	7--4	<i>Exochomus childreni guexi</i>	1100	0	<i>Exochomus sp.</i> CO722 18S ribosomal RNA gene, partial sequence
28S	323	10--1	<i>Chilocorus cacti</i>	344	1e -- 178	<i>Chilocorus cacti</i> isolate CO573 28S ribosomal RNA gene, partial sequence
"	"	10--2	<i>Chilocorus cacti</i>	357	0	<i>Chilocorus cacti</i> isolate CO573 28S ribosomal RNA gene, partial sequence
"	"	10--3	<i>Chilocorus cacti</i>	352	0	<i>Chilocorus cacti</i> isolate CO573 28S ribosomal RNA gene, partial sequence
"	"	10--4	<i>Chilocorus cacti</i>	352	0	<i>Chilocorus cacti</i> isolate CO573 28S ribosomal RNA gene, partial sequence
"	"	11--1	<i>Exochomus childreni guexi</i>	349	7e -- 151	<i>Exochomus quadripustulatus</i> voucher BYU CO726 28S ribosomal RNA gene, partial sequence
"	"	11--3	<i>Exochomus childreni guexi</i>	352	3e -- 165	<i>Exochomus quadripustulatus</i> voucher BYU CO726 28S ribosomal RNA gene, partial

						sequence
"	"	11--4	<i>Exochomus childreni guexi</i>	442	1e -- 159	<i>Exochomus quadripustulatus</i> voucher BYU CO726 28S ribosomal RNA gene, partial sequence
"	"	12--2	<i>Exochomus childreni guexi</i>	352	3e -- 165	<i>Exochomus quadripustulatus</i> voucher BYU CO726 28S ribosomal RNA gene, partial sequence
"	"	12--3	<i>Exochomus childreni guexi</i>	359	8e -- 166	<i>Exochomus quadripustulatus</i> voucher BYU CO726 28S ribosomal RNA gene, partial sequence
"	"	12--4	<i>Exochomus childreni guexi</i>	375	7e -- 122	<i>Exochomus quadripustulatus</i> voucher BYU CO726 28S ribosomal RNA gene, partial sequence
"	"	13--4	<i>Dactylopius opuntiae</i>	441	0	<i>Dactylopius opuntiae</i> voucher ARC-PPRI SB298.5 28S ribosomal RNA gene, partial sequence

Con la técnica de extracción utilizada se obtuvo ADN de calidad y cantidad adecuada para efectuar la técnica de PCR. Se logró amplificar los fragmentos y se obtuvieron los tamaños esperados en los productos de PCR de los oligos 12S, 18S y 28S. Con la finalidad de darle significancia estadística a los árboles filogenético se utilizó el programa MEGA 7.0, los arboles fueron calculados mediante el método de máxima probabilidad con 1000 permutaciones de bootstrapp.

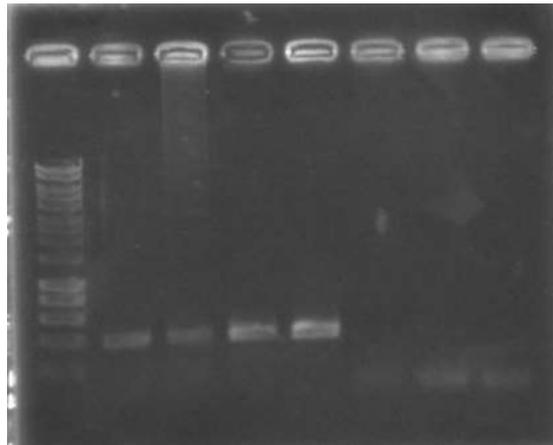


Figura 18. Amplificación de la región por PCR de la región 12S rRNA (345 pb) de los organismos colectados en nopal verdura. Carril 1: Marcador de peso molecular. Carril 2: *Chilocorus cacti* 1. Carril 3: *Chilocorus cacti* 2. Carril 4: *Exochomus childreni guexi* 3. Carril 5: *Exochomus childreni guexi* 4. Carril 6: *Dactylopius opuntiae* 5. Carril 7 y 8: Control negativo.

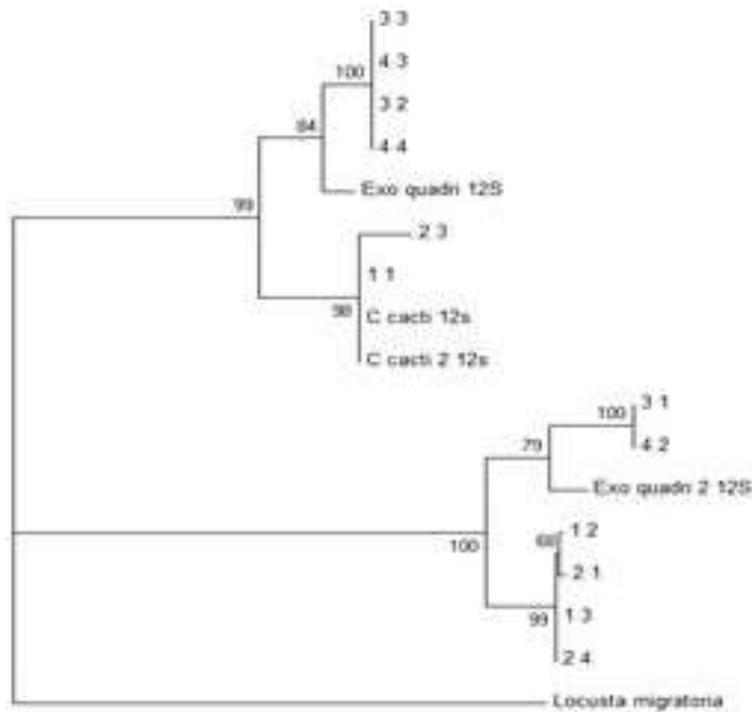


Figura 19. Árbol filogenético 12S, con los organismos en estudio *Chilocorus cacti*, (1 y 2) y *Exochomus childreni guexi* (3 y 4). Abrev. de las referencias del NCIB. Exo. quadri 12s y Exo. quadri 2 12s (*Exochomus quadripustulatus*); *C. cacti* 12s y *C. cacti* 2 12s (*Chilocorus cacti*).

El mejor método de sustitución fue Tamura 3-parameter model. Se agrupan los organismos de estudio con los de referencia basados en secuencias de NCBI, (Exo quadri 12s, Exo quadri 2 12s) con el organismo (3 y 4) y (*C. cacti* 12s y *C. cacti* 2 12s), con algunos organismos (1-1 y 2-3), esto muestra que hay una relación filogenética entre las secuencias de estudio con las que se utilizaron de referencia lo que confirman la estrecha relación genética de los organismos en el grupo, en el caso de *Locusta migratoria* se muestra que hay una gran diferencia filogenética en comparación con los demás.

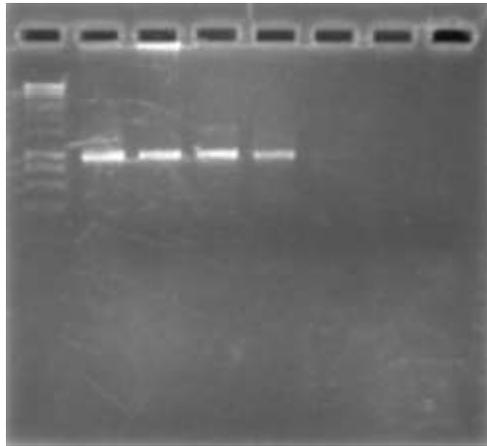


Figura 20. Amplificación de la región por PCR de la región 18S rRNA (933 pb) de los organismos colectados en nopal verdura. Carril 1: Marcador de peso molecular. Carril 2: *Chilocorus cacti* 1. Carril 3: *Chilocorus cacti* 2. Carril 4: *Exochomus childreni guexi* 3. Carril 5: *Exochomus childreni guexi* 4. Carril 6: *Dactylopius opuntiae* 5. Carril 7 y 8: Control negativo.

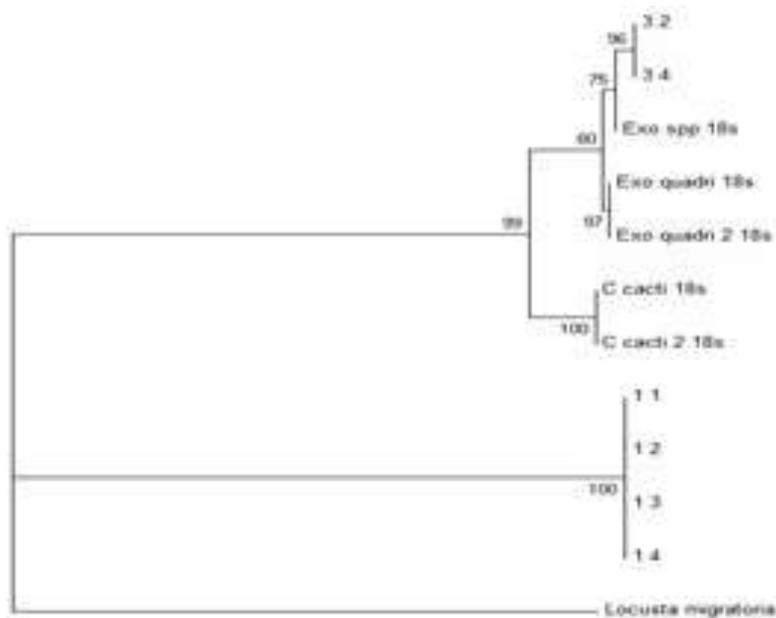


Figura 21. Árbol filogenético 18S, con los organismos en estudio *Chilocorus cacti*, (1) y *Exochomus childreni guexi* (3). Abrev. de las referencias del NCIB. Exo. spp 18s (*Exochomus spp*); Exo. quadri 18s y Exo. quadri 2 18s (*Exochomus quadripustulatus*); *C. cacti* 18s y *C. cacti* 2 18s (*Chilocorus cacti*).

El mejor método de sustitución fue Kishino-Yano model. Los organismos en estudio *Exochomus childreni* (3) se agrupan con los de referencia, teniendo una estrecha relación de genética con las secuencias de referencia de NCBI, (*Exo spp* 18s, *Exo quadri* 18s, *Exo quadri 2* 18s). Por otra parte, se muestra una exactitud filogenética con (*C. cacti* 18s y *C. cacti 2* 18s). Los organismos correspondientes a *C. cacti* (1), son genéticamente diferentes en comparación de NCBI, en el caso de *Locusta migratoria* se muestra que hay una gran diferencia filogenética en comparación con los demás organismos.

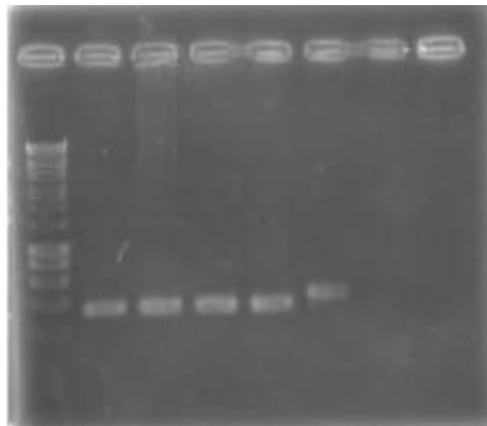


Figura 22. Amplificación de la región por PCR de la región 28S rRNA (323 pb) de los organismos colectados en nopal verdura. Carril 1: Marcador de peso molecular. Carril 2: *Chilocorus cacti* 1. Carril 3: *Chilocorus cacti* 2. Carril 4: *Exochomus children guexi* 3. Carril 5: *Exochomus childreni guexi* 4. Carril 6: *Dactylopius opuntiae* 5. Carril 7 y 8: Control negativo.

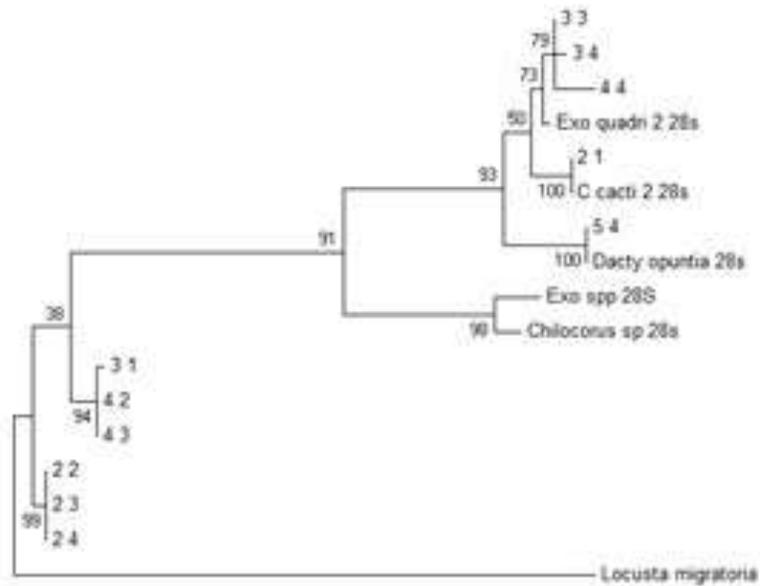


Figura 23. Árbol filogenético 28S, con los organismos en estudio *Chilocorus cacti*, (2), *Exochomus childreni guexi* (3 y 4) y *Dactylopius opuntiae* (5). Abrev. de las referencias del NCIB. Exo. spp 28s (*Exochomus spp*); Exo. quadri 2 28s (*Exochomus quadripustulatus*); *C. cacti* 2 28s (*Chilocorus cacti*); Dacty opuntia 28s (*Dactylopius opuntiae*).

El mejor método de sustitución fue Kimura 2-parameter model. Algunos organismos en estudio de *Exochomus childreni* (3-3, 3-4 y 4-4) se agruparon con el de referencia (Exo.quadri 2 28s), teniendo estrecha relación genética, al igual agrupándose con las secuencias de *Chilocorus cacti* (2-1) y su referencia (*C. cacti* 2 28s), estas dos últimas comparten la misma exactitud genética, teniendo una relación semejante con el grupo de (Exo quadri 2 28s). *Dactylopius opuntia* (5) es de la misma exactitud genética de (Dacty opuntia 28s). Tanto (Exo spp 28s) y (Chilocorus spp 28s) comparten una gran relación genética, en comparación con algunos de los organismos en estudio (2-2, 2-3, 2-4), (3-1) y (4-2, 4-3) los cuales no semejan la misma relación con los de referencia como los demás y *Locusta migratoria* que es el organismo más alejado genéticamente con los del estudio y de las referencias.

Depredación contra *Dactylopius opuntiae*

Condiciones de Laboratorio

Tiempo de depredación registrado en los meses de junio-septiembre 2016 y febrero-junio 2017, se obtuvo promedios de tiempos (días) de depredación con promedios de temperaturas y humedad relativa registradas en el laboratorio de Parasitología de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la UASLP. Año 2016 condiciones de temperatura, min 23°C, máx. 27.5 °C. con Humedad al 48%. y 2017 condiciones de temperatura, min 25.5°C, máx. 31.5 °C. con Humedad al 65%.

Cuadro 2. Datos obtenidos de *C. cacti* en condiciones de laboratorio, procedimiento ANOVA con formato de SAS, 2004.

Variable dependiente: diadepre

		Suma de	Cuadrado de		
Fuente	DF	cuadrados	la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	17	831.6898148	48.9229303	67.31	<.0001
Error	36	26.1666667	0.7268519		
Total correcto	53	857.8564815			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	diadepre Media
0.969498	6.970178	0.852556	12.23148

			Cuadrado de		
Fuente	DF	Anova SS	la media	F-Valor	Pr > F
etapa	2	169.2314815	84.6157407	116.41	<.0001
relacion	2	575.1759259	287.5879630	395.66	<.0001
mes	1	18.3750000	18.3750000	25.28	<.0001
etapa*relacion	4	54.9907407	13.7476852	18.91	<.0001
etapa*mes	2	3.6944444	1.8472222	2.54	0.0928
relacion*mes	2	3.6944444	1.8472222	2.54	0.0928
etapa*relacion*mes	4	6.5277778	1.6319444	2.25	0.0834

Resultados que se muestran <.0001, indica que, si hay diferencia significativa, en las variables de etapa, relación, mes y etapa*relación.

En condiciones de laboratorio, de acuerdo a la comparación de medias en etapa adulto de *Chilocorus cacti*, se presentó mayor depredación, seguida, que supera con diferencias significativas al resto de las etapas de este coccinélido (cuadro 3). Esta mayor depredación se obtuvo con la relación 5, que supera significativamente a las relaciones 10 y 15, la cual quiere decir en relación 1:1, 2:1, 3:1 de enemigo natural contra plaga, (cuadro 4)., durante los meses de junio, julio, agosto y septiembre del 2016, a diferencia del 2017, donde la depredación fue menor, (cuadro 5)., en el año 2016 condiciones de temperatura, min 23°C, máx. 27.5 °C. con Humedad al 48%. y 2017 condiciones de temperatura, min 25.5°C, máx. 31.5 °C. con Humedad al 65%.

Cuadro 3. Efecto promedio de las diferentes etapas de desarrollo de *Chilocorus cacti* sobre la depredación de grana cochinilla en nopal, en San Luis Potosí.

Etapa de desarrollo de <i>Chilocorus cacti</i>	Depredación de grana cochinilla
Adulto	14.6944 a
Adularva	11.3889 b
Larva	10.6111 c
DMS	0.6946

Medias con la misma letra en sentido vertical son iguales estadísticamente (Tukey, $\alpha= 0.05$); DMS = Diferencia mínima significativa.

Cuadro 4. Efecto promedio de las diferentes relaciones depredador-presa de *Chilocorus cacti*, sobre los niveles de depredación de grana cochinilla en nopal, en San Luis Potosí

Relación depredador-presa	Depredación de grana cochinilla
1:1	16.3889 a
2:1	11.8889 b
3:1	8.4167 c
DMS	0.6946

Medias con la misma letra en sentido vertical son iguales estadísticamente (Tukey, $\alpha= 0.05$); DMS = Diferencia mínima significativa

Cuadro 5. Efecto promedio de las diferentes fechas de estudio depredador- presa sobre la grana cochinilla en nopal, en San Luis Potosí.

Fecha de establecimiento depredador- presa	Depredación de grana cochinilla
junio-septiembre, 2016	12.8148 a
febrero-junio, 2017	11.6481 b
DMS	0.4706

Medias con la misma letra en sentido vertical son iguales estadísticamente (Tukey, $\alpha= 0.05$); DMS = Diferencia mínima significativa

Cuadro 6. Datos obtenidos de *E. childreni guexi* en condiciones de laboratorio, procedimiento ANOVA con formato de SAS, 2004

Variable dependiente: diadepre

		Suma de	Cuadrado de		
Fuente	DF	cuadrados	la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	17	615.1898148	36.1876362	39.08	<.0001
Error	36	33.3333333	0.9259259		
Total correcto	53	648.5231481			

	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	diadepre	Media
	0.948601	7.093723	0.962250	13.56481	
Cuadrado de					
Fuente	DF	Anova SS	la media	F-Valor	Pr > F
etapa	2	32.5648148	16.2824074	17.59	<.0001
relacion	2	470.3703704	235.1851852	254.00	<.0001
mes	1	7.0416667	7.0416667	7.61	0.0091
etapa*relacion	4	44.2129630	11.0532407	11.94	<.0001
etapa*mes	2	49.0833333	24.5416667	26.51	<.0001
relacion*mes	2	3.1111111	1.5555556	1.68	0.2007
etapa*relacion*mes	4	8.8055556	2.2013889	2.38	0.0700

Resultados que se muestran <.0001, indica que, si hay diferencia significativa, en las variables de etapa, relación, etapa*relación y etapa*mes.

En condiciones de laboratorio, de acuerdo a la comparación de medias en etapa adulto de *E. childreni guexi*, se presentó mayor depredación, seguida, que supera con diferencias significativas al resto de las etapas de este coccinélido (cuadro 7). Esta mayor depredación se obtuvo con la relación 5, que supera significativamente a las relaciones 10 y 15, la cual quiere decir en relación 1:1, 2:1, 3:1 de enemigo natural contra plaga, (cuadro 8), durante los meses de junio, julio, agosto y septiembre del 2016, a diferencia del 2017, donde la depredación fue menor, (cuadro 9), en el año 2016 condiciones de temperatura, min 23°C, máx. 27.5 °C. con Humedad al 48%. y 2017 condiciones de temperatura, min 25.5°C, máx. 31.5 °C. con Humedad al 65%.

Cuadro 7. Efecto promedio de las diferentes etapas de desarrollo de *E. childreni guexi* sobre la depredación de grana cochinilla en nopal, en San Luis Potosí.

Etapa de desarrollo de <i>E. childreni guexi</i>	Depredación de grana cochinilla
Adulto	14.4444 a
Adularva	13.6944 a
Larva	12.5556 b
DMS	0.784

Medias con la misma letra en sentido vertical son iguales estadísticamente (Tukey, $\alpha= 0.05$); DMS = Diferencia mínima significativa.

Cuadro 8. Efecto promedio de las diferentes relaciones depredador-presa de *E. childreni guexi*, sobre los niveles de depredación de grana cochinilla en nopal, en San Luis Potosí

Relación depredador-presa	Depredación de grana cochinilla
1:1	17.0833 a
2:1	13.7500 b
3:1	9.8611 c
DMS	0.784

Medias con la misma letra en sentido vertical son iguales estadísticamente (Tukey, $\alpha= 0.05$); DMS = Diferencia mínima significativa

Cuadro 9. Efecto promedio de las diferentes fechas de estudio depredador- presa sobre la grana cochinilla en nopal, en San Luis Potosí.

Fecha de establecimiento depredador- presa	Depredación de grana cochinilla
junio-septiembre, 2016	13.9259 a
febrero-junio, 2017	13.2037 b
DMS	0.5311

Medias con la misma letra en sentido vertical son iguales estadísticamente (Tukey, $\alpha= 0.05$); DMS = Diferencia mínima significativa

Condiciones de campo

Tiempo de depredación registrado en los meses de junio-septiembre y se obtuvo promedios de tiempos (días) de depredación. los promedios de las temperaturas y humedad relativa son del municipio de Santa María de Río, San Luis Potosi. En el año 2016 condiciones del mes de junio, temp. min 13°C, máx. 28.5 °C. humedad 63%, julio temp. min 13°C, máx. 29 °C. humedad 68%, agosto temp. min 14.5°C, máx. 30 °C. humedad 53% y septiembre temp. min 13.5°C, máx. 26.5 °C. humedad 60% y en 2017 condiciones del mes de febrero, temp. min 1°C, máx. 29 °C. humedad 71.5%, marzo temp. min 4°C, máx. 31 °C. humedad 88%, abril temp. min 5°C, máx. 32 °C. humedad 81%, mayo temp. min 7°C, máx. 36 °C. humedad 84% y junio temp. min 12°C, máx. 32 °C. humedad 87 %.

Cuadro 10. Datos obtenidos de *C. cacti* en condiciones de campo, procedimiento ANOVA con formato de SAS, 2004.

Variable dependiente: diadepre

		Suma de	Cuadrado de		
Fuente	DF	cuadrados	la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	80	1826.915638	22.836445	34.74	<.0001
Error	162	106.500000	0.657407		
Total correcto	242	1933.415638			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	diadepre Media
0.944916	11.05335	0.810807	7.335391

		Cuadrado de			
Fuente	DF	Anova SS	la media	F-Valor	Pr > F
etapa	2	124.0576132	62.0288066	94.35	<.0001
relacion	2	666.3971193	333.1985597	506.84	<.0001
mes	8	512.2860082	64.0357510	97.41	<.0001
etapa*relacion	4	43.8312757	10.9578189	16.67	<.0001
etapa*mes	16	318.8497942	19.9281121	30.31	<.0001
relacion*mes	16	61.9547325	3.8721708	5.89	<.0001
etapa*relacion*mes	32	99.5390947	3.1105967	4.73	<.0001

Resultados que se muestran <.0001, indica que, si hay diferencia significativa.

En condiciones de campo, de acuerdo a la comparación de medias en etapa larva y adulto de *Chilocorus cacti*, presentó mayor depredación, que supera con diferencias significativas a la siguiente etapa del coccinélido (cuadro 11). Esta mayor depredación se obtuvo con la relación 5, que supera significativamente a las relaciones 10 y 15, la cual quiere decir en relación 1:1, 2:1, 3:1 de enemigo natural contra plaga, (cuadro 12)., el mes de agosto 2016 resulto ser el mejor mes de depredación con temperaturas, min 14.5°C, máx. 30 °C. humedad 53%. que supera con diferencias significativas a los otros meses. (cuadro 13).

Cuadro 11. Efecto promedio de las diferentes etapas de desarrollo de *Chilocorus cacti* sobre la depredación de grana cochinilla en nopal, en San Luis Potosí.

Etapa de desarrollo de <i>Chilocorus cacti</i>	Depredación de grana cochinilla
Larva	7.9815 a
Adulto	7.6852 a
Adularva	6.3395 b
DMS	0.3014

Medias con la misma letra en sentido vertical son iguales estadísticamente (Tukey, $\alpha= 0.05$); DMS = Diferencia mínima significativa.

Cuadro 12. Efecto promedio de las diferentes relaciones depredador-presa de *Chilocorus cacti*, sobre los niveles de depredación de grana cochinilla en nopal, en San Luis Potosí.

Relación depredador-presa	Depredación de grana cochinilla
1:1	9.3395 a
2:1	7.3827 b
3:1	5.2840 c
DMS	0.3014

Medias con la misma letra en sentido vertical son iguales estadísticamente (Tukey, $\alpha= 0.05$); DMS = Diferencia mínima significativa

Cuadro 13. Efecto promedio de las diferentes fechas de estudio depredador-presa sobre la grana cochinilla en nopal, en San Luis Potosí.

Fecha de establecimiento depredador- presa	Depredación de grana cochinilla
agosto, 2016	10.4259 a
febrero, 2017	8.6667 b
junio, 2016	8.0370 c b
septiembre 2016	7.5000 c d
mayo, 2017	6.9630 d
abril, 2017	6.7407 e
marzo, 2017	6.3704 e f
julio, 2016	5.8519 g f
junio, 2017	5.4630 g
DMS	0.6938

Medias con la misma letra en sentido vertical son iguales estadísticamente (Tukey, $\alpha= 0.05$); DMS = Diferencia mínima significativa

Cuadro 14. Datos obtenidos de *E. childreni guexi* en condiciones de campo, procedimiento ANOVA con formato de SAS, 2004.

Variable dependiente: diadepre

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	80	2613.351852	32.666898	48.85	<.0001
Error	162	108.333333	0.668724		
Total correcto	242	2721.685185			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	diadepre Media
0.960196	9.349076	0.817756	8.746914

Cuadrado de					
Fuente	DF	Anova SS	la media	F-Valor	Pr > F
etapa	2	93.006173	46.503086	69.54	<.0001
relacion	2	961.055556	480.527778	718.57	<.0001
mes	8	1111.185185	138.898148	207.71	<.0001
etapa*relacion	4	188.234568	47.058642	70.37	<.0001
etapa*mes	16	73.549383	4.596836	6.87	<.0001
relacion*mes	16	118.500000	7.406250	11.08	<.0001
etapa*relacion*mes	32	67.820988	2.119406	3.17	<.0001

Resultados que se muestran <.0001, indica que, si hay diferencia significativa, es decir que al menos un tratamiento es diferente a los demás

En condiciones de campo, de acuerdo a la comparación de medias en etapa larva de *E. childreni guexi*, presentó mayor depredación, que supera con diferencias significativas a la siguiente etapa del coccinélido (cuadro 15). Esta mayor depredación se obtuvo con la relación 5, que supera significativamente a las relaciones 10 y 15, la cual quiere decir en relación 1:1, 2:1, 3:1 de enemigo natural contra plaga, (cuadro 16)., el mes de agosto 2016 resulto ser el mejor mes de depredación con temperaturas, min 14.5°C, máx. 30 °C. humedad 53%. que supera con diferencias significativas a los otros meses. (cuadro 17).

Cuadro 15. Efecto promedio de las diferentes etapas de desarrollo de *E. childreni guexi* sobre la depredación de grana cochinilla en nopal, en San Luis Potosí.

Etapa de desarrollo de <i>E. childreni guexi</i>	Depredación de grana cochinilla
Larva	9.4753 a
Adulto	8.8025 b
Adularva	7.9630 c
DMS	0.304

Medias con la misma letra en sentido vertical son iguales estadísticamente (Tukey, $\alpha= 0.05$); DMS = Diferencia mínima significativa.

Cuadro 16. Efecto promedio de las diferentes relaciones depredador-presa de *E. childreni guexi*, sobre los niveles de depredación de grana cochinilla en nopal, en San Luis Potosí.

Relación depredador-presa	Depredación de grana cochinilla
1:1	11.2099 a
2:1	8.6914 b
3:1	6.3395 c
DMS	0.304

Medias con la misma letra en sentido vertical son iguales estadísticamente (Tukey, $\alpha= 0.05$); DMS = Diferencia mínima significativa

Cuadro 17. Efecto promedio de las diferentes fechas de estudio depredador-presa sobre la grana cochinilla en nopal, en San Luis Potosí.

Fecha de establecimiento depredador- presa	Depredación de grana cochinilla
agosto, 2016	12.5741 a
febrero, 2017	10.5185 b
junio, 2016	10.3148 b
septiembre 2016	10.2222 b
julio, 2016	8.2963 c
mayo, 2017	7.4259 d

abril, 2017	7.0926 d e
marzo, 2017	6.6111 e
junio, 2017	5.6667 f
DMS	0.6998

Medias con la misma letra en sentido vertical son iguales estadísticamente (Tukey, $\alpha= 0.05$); DMS = Diferencia mínima significativa

DISCUSIÓN

La identificación de los coccinélidos encontrados en San Luis Potosí, México coincidieron plenamente con las claves taxonómicas de Gordon (1985).

Las características de Coccinellidae corroboradas fueron su clípeo expandido lateralmente hasta los ojos, antena reducida a diez segmentos o menos, segmento apical de cilíndrico palpus maxilar con truncate ápice; maxilar cardo ampliarse o fuertemente esclerotizado (Gordon 1985). El género *Chilocorus* presenta en el clípeo un ribete en el borde anterior y está ligeramente recortado. Para asignar especie, el criterio se basó en las manchas y círculos rojos y por su pecho rojizo, de acuerdo con lo señalado por Gordon (1985). El borde anterior del pronoto es llamativamente cóncavo, con los costados muy prolongados, la base de los élitros es bastante más ancha que la del pronoto. Ventralmente las epipleuras son anchas y descienden hasta el ápice. El metasterno tiene depresiones para alojar los fémures (Santos, 2007). *Chilocorus cacti* es uno de los depredadores de amplio espectro más usados por ejercer eficiente control de la densidad de ácaros e insectos fitófagos (Aurali *et al.*, 2001). Este coccinélido se utilizó en campañas de control biológico de insectos escama como *Asterolecanium pustulans* (Cockerell), *Pseudaulacaspis pentagona* Targioni y *Diaphorina citri* en Puerto Rico (Cruz y Segarra 1992). En México hay reportes e informes técnicos de que *C. cacti* depreda a la escama de nieve *Unaspis citri* (Comstock) (SENASICA 2006), y a la escama blanca del mango *Aulacaspis tubercularis* Newstead (Carrillo *et al.*, 2008). Además, se distribuye en la parte sur y oeste de EE.UU. (Gordon, 1985).

Las características de *C. cacti* con su forma casi circular, longitud de 4.0 a 6.20 mm, ancho 3.60 a 5.20 mm. color negro muy brillante, élitros con una mancha discal circular marrón anaranjado, aislada de los bordes, de 1/3 del largo del élitro, lado inferior negro, meso, metasterno y abdomen marrón; el dorso es glabro y muy convexo. Patas marrón oscuro casi negro, antenas y piezas bucales amarillentas (Gonzales 2014).

En adulto es un insecto de forma ovalada y convexa, presenta una longitud promedio de 5 mm y anchura de 4.5mm, es de color negro excepto por la mancha amarilla o roja en cada élitro. La importante característica para su identificación de *C. cacti* es el color rojo o amarillo de su superficie ventral (Gordon, 1985; Machkour *et al.*, 2015).

En los *Exochomus* las placas metacoxales se redondean como siempre, pero no son completas y las especies son bastante numerosas y son mucho más pequeños y generalmente menos convexos que en otros géneros. (Casey, 1899). En la especie *childreni* los élitros son color anaranjado pálido completamente, cada uno con un punto en sentido transversal ovalada negra cerca del ápice por la sutura del margen externo, cabeza y pronoto pálido en el macho, este último con una nube oscura mediana hacia la base, las patas pálidas o menos en gran parte, longitud de 2.6 a 2.9 mm, anchura de 2-2.4 mm. (Casey 1899). Los Chillocorinae se distinguen por tener el clípeo dilatado debajo de los ojos, creando una especie de máscara fácil de distinguir. (Santos, 2007).

Se identificó como *Dactylopius opuntiae*, con base en los rasgos de la hembra adulta distinguibles en la región dorsal: setas con ápice truncado de 2 tamaños, presencia de algunos poros en el margen externo de los espiráculos torácicos posteriores y la agrupación de racimos en los últimos 3 segmentos abdominales, considerados por De Lotto (1974) y Solís (1993).

Entre los fitófagos de mayor importancia económica destaca la cochinilla silvestre del nopal, (*Dactylopius opuntiae* Cockerell) que se encuentra presente prácticamente en todas las regiones productoras del país (Mena, 2011; Vanegas *et al.*, 2010). La cochinilla silvestre es un insecto parásito con forma de escama, cuyas hembras desarrollan una cubierta sedosa, muy parecida al algodón, que protege sus cuerpos de los depredadores y reduce la eficiencia del control químico (Badii y Flores, 2001; Vanegas, 2009). *D. opuntiae* al igual que otras especies del género, desarrolla una cubierta compuesta secretada de la hembra, pero esta se diferencia porque en la región ventral la hembra presenta setas de dos tamaños y mayor número de poros en la parte externa de los espiráculos torácicos posteriores en el antepenúltimo segmento del abdomen, la agrupación de los racimos en los tres últimos segmentos abdominales y las setas largas y dorsales. (De Lotto, 1974). El cuerpo de las hembras es convexo, oval y es un poco complicado poder distinguir sus regiones de cabeza, tórax y el abdomen, estas están cubiertas con su capa algodonosa que la hembra produce por glándulas especiales y que le sirve como protección contra enemigos naturales. (Tulloch 1970; Morrison, 1984). La cochinilla silvestre del nopal (*Dactylopius opuntiae*) es catalogada como una de las importantes plagas para la producción de nopal verdura y tunero. (Mena, 2011). La

importancia de la plaga, se ha llevado a cabo la investigación para su control, al estudio y dinámica de la especie, a un manejo alternativo con insecticidas y a su determinación de enemigos naturales. (Vanegas *et al.*, 2010; Pérez, 2011; Cruz *et al.*, 2016).

Dactylopius opuntiae esta se distingue de otras especies por presencia de poros en el extremo de la parte dorsal, los cual incrementan en el antepenúltimo segmento del abdomen, presenta sedas dorsales que son delgadas y largas (De Lotto, 1974). Ramirez *et al.*, (2010) mencionan que la identificación y taxonomía actuales de *Dactylopius spp.* se ha basado en caracteres morfológicos (De Lotto 1974 y Kosztarab 1979) y publicó una filogenia de *Dactylopius spp.* sobre esta base. La necesidad de establecer filogenias moleculares para *Dactylopius* ha sido reconocida en varios trabajos porque se han obtenido resultados contradictorios a partir de datos morfológicos (Portillo y Viguera 2006). Magro *et al.*, (2009) realizaron un estudio con diferentes individuos entre ellos coccinélidos, para su identificación y análisis filogenético, teniendo un mayor resultado el uso de gene 18S y 28S del cual este último destaca los primers 28S sa) y 28S sb (A). Las relaciones filogenéticas dentro del género todavía están en gran parte sin resolver, sólo recientemente se han hecho intentos de utilizar datos moleculares para sostener la taxonomía basada en caracteres morfológicos y para resolver las relaciones filogenéticas (Manzari *et al.*, 2002). La primera investigación sobre el análisis molecular sistemático de la familia Coccinellidae fue publicada por Fu y Zhand (2006) secuenciando la región parcial del gen COI para inferir las relaciones de mayor nivel taxonómico de dieciséis especies pertenecientes a cuatro subfamilias. Estos estudios moleculares de Coccinellidae han producido interesantes resultados sobre las relaciones ocultas entre especies que no pudieron ser resueltas por los estudios fenotípicos o estudios de comportamiento. 16S rDNA gen ha demostrado ser útil para examinar las relaciones de insectos desde el nivel de género a nivel familiar (Whitfield *et al.*, 2002, Ribera *et al.*, 2003). En la identificación genética de diferentes catarinas (Coleoptera: Coccinellidae), entre ellos incluido la subfamilia Chilocorinae, utilizando gene del COI y 28S (D1 y D3), obteniendo mejores resultados con este último gene identificando a géneros como el *Chilocorus* y *Exochomus* (Ainsley *et al.*, 2010).

CONCLUSIONES

Dadas las características taxonómicas de la grana silvestre, se identificó como *Dactylopius opuntiae*, con base en los rasgos de la hembra adulta distinguibles en la región dorsal y corroborándolo genéticamente. De los enemigos naturales identificados taxonómicamente en el presente trabajo, el primero pertenece a la Subfamilia: Chilacorinae, Tribu: Chilacorini, Género: *Chilocorus*, Especie: *cacti*. El segundo coincide con la misma Subfamilia y Tribu, Género: *Exochomus*, Especie: *childreni guexi*. En la identificación molecular *Chilocorus cacti* se corroboró al 100% genéticamente y el resultado genético de *Exochomus childreni guexi* arrojó como resultado el mismo género, pero diferente especie (*Exochomus quadripustulatus*).

El resultado molecular de *Exochomus* presenta un mismo genotipo, en las especies, *Exochomus childreni guexi* y *Exochomus quadripustulatus* pero en base a claves taxonómicas muestran diferentes fenotipos, por lo que debe seguirse estudiando este organismo y continuar realizando observaciones y muestreos en la zona, para poder caracterizar más coccinélidos que puedan presentarse.

Esta es la primera identificación taxonómica y molecular completa de los depredadores presentes y de la grana silvestre en parcelas de nopal verdura en San Luis Potosí, México. Lo anterior, constituye el primer reporte de *Chilocorus cacti* y *Exochomus childreni guexi*, presentes en parcelas de nopal verdura sin manejo químico en San Luis Potosí, México; este hallazgo enfatiza el impacto negativo del uso extensivo de plaguicidas sobre las diferentes especies de un agroecosistema, sin embargo, también brinda alternativas para el desarrollo de estrategias de control biológico de plagas en el cultivo de nopal, mediante el uso y conservación de las especies nativas.

LITERATURA CITADA

- Ainsley E. Seago, José Adriano Giorgi, Jiahui Li and Adam Slipinski, 2010. Phylogeny classification and evolution of ladybird beetles (Coleoptera: Coccinellidae) based on simultaneous analysis of molecular and morphological data. *Molecular Phylogenetics and Evolution*. Elsevier.
- Aurali, E., M. Houck, and L. Nathan, 2001. Potential role of parasitism in the evolution of mutualism in astigmatid mites: *Hemisarcoptes cooremani* as a model. *Exp. Appl. Acarol.* 25: 97-107.
- Aguilar A., D. Emmen, y D. Quiros. 2005. Respuesta funcional de *Diomus* sp. (Coleoptera: Coccinellidae) sobre *Aphis craccivora* (Homoptera: Aphididae). *Tecnociencia* 7(2):109-122.
- Aguirre R., J. R. 1983. Enfoques para el estudio de las actividades agrícolas en el altiplano potosino-zacatecano. *In*: Molina, J. T. (ed). Recursos Agrícolas de Zonas Áridas y Semiáridas de México. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. Pp: 105-115.
- Angulo, J., E. Arcaya, y R. González, 2011. Aspectos biológicos de *Menochilus sexmaculatus* (F) (Coleoptera: Coccinellidae) alimentado con *Aphis craccivora* Koch (Hemiptera: Aphididae). *Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas* 45(4):423-432.
- Araya, M. B., y E. Atalah S. 2002. Factores que determinan la selección de alimentos en familia de sectores populares. *Rev. Chil. nutr.* 29(3): 308-315.
- Arias Estévez, M., E. López Periago, E. Martínez Carballo. J. Simal Gándara, J. C. Mejuto y L. García Rio, 2008. The mobility and degradation of pesticides in soils and the pollution of groundwater resources. *Agric, Ecosyst. Environ.* 123: 247-260.
- Badii M. H. y Flores A. E. 2001. Prickly pear cacti pest and their control in Mexico. *The Florida Entomologist.* 84(4): 503-505.

- Barthlott, W. and D. R. Hunt 1993. Cactaceae. In: Kubitski, K., J. G., Rohwer, V., Bittrich. (Eds.). The families and Genera of Vascular Plants, Vol. 2. Springer, Berlin Pp.161-197.
- Ben-Dov, Y. and S. Marotta. 2001. Taxonomy and family placement of *Coccus bassi* Targioni Tozzetti, 1867. (Hemiptera: Coccoidea). *Phytoparasitica*, pp 169-170.
- Ben-Dov, Miller D. R., Gibson G. A. P. 2010. ScaleNet: a database of the scale insects of the world. Consultado en la dirección electrónica: <http://www.sel.barc.usda.gov/scalenet/scalenet.htm>,
- Blanco-Macías, F., R. D. Valdez-Cepeda; R. E. Vázquez-Alvarado, y P. AlmaguerSierra. 2008. Establecimiento y manejo de nopalito para verdura. En VII Simposium-Taller “Producción y Aprovechamiento del Nopal en el Noreste de México”. RESPYN. Edición Especial. 2: 1-17. 2009.
- Borgues, L. R., D. C. Santos, H. M. Falcao y D. M. P. Silva. 2013. Use of biodegradable products for the control of *Dactylopius opuntiae* (Hemiptera: Dactylopiidae) in cactus pear. *Acta Hort* 995.Pp. 379-386.
- Borror D. J. 1989. An introduction to the study of insects. Philadelphia, Pa. Saunders College. 875 p.
- Bravo, H. 1978. Las Cactáceas de México. Vol. I, Segundo edición. Universidad Nacional Autónoma de México, pp 743.
- Britton N. L. and J. N. Rose. 1963. The Cactaceae: Descriptions and illustrations of plants of the cactus family. Dover Publications, New York, USA. Vol I y II 236p.
- Casey, Thos. L. 1899. A Revision of the American Coccinellidæ. *Journal of the New York Entomological Society*, 7, (2) pp. 71-169
- Chávez Moreno, C.K., A. Tecante, A. Casas y L. E. Claps. 2011. Distribution and hábitat in México of *Dactylopius Costa* (Hemiptera: Dactylopiidae) and their cacti hosts (Cactaceae: Opuntioideae). *Neotrop. Entomol.* 40: 62-71.

- Chapin, J. B. (1971). The Coccinellidae of Louisiana (Insecta: Coleoptera). Louisiana State University and Agricultural & Mechanical College. Pp. 135-145.
- Carrillo, J.A., López, M.A., Álvarez, N.C. 2008. Fluctuación poblacional de insectos depredadores de la escama blanca (Hemiptera: *Diaspididae*) del mango en Nayarit. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.), 30(2): 321-336.
- Ceryngier, P., H. E. Roy, y R. L. Poland 2012. Natural Enemies of Ladybird Beetles. En: Hodek, I, H. F. Van Emden, and A. Honek. *Ecology and Behaviour of the Ladybird Beetles (Coccinellidae)*. Blackwell Publishing. 375-443 pp.
- Cruz, C., and Segarra A. 1992. Potential for biological control of crop pests in the Caribbean. *Florida Entomologist* 75: 400-408.
- Cruz Rodríguez J. A., González Machorro E., Villegas González A.A., Rodríguez Ramírez M. L. y Mejía Lara F. 2016. Autonomous biological control of *Dactylopius opuntiae* (Hemiptera: Dactylopiidae) in a prickly pear plantation with ecological management. *Environmental Entomology*. 1-7
- DeBach P. y Rosen D. 1976. Armoured scale insects. En: Delucchi V. L. (Ed.). *Studies in biological control*. (International Biological Programme, No. 9). Cambridge University Press, Cambridge, England. Pp. 139-178
- Delgadillo V, I., M. A. González, R, Rivera 2008. Manejo fitosanitario del nopal verdura en Milpa Alta, Distrito Federal, Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Distrito Federal (CESAVEDF). 63p.
- De Lotto G. 1974. On the status and identity of the cochineal insects (Homoptera: Dactylopiidae) *Journal of the Entomological Society of South Africa* 37:167-193.
- Doutt, R.L. 1964. Biological characteristics of ento-mophagous adults. p. 145-167. In DeBach, P., and E. Schlinger (eds.). *Biological Control of Insect Pests and Weeds*. Reinhold Publishing Corporation, New York, USA.
- Edgar RC. (2004). MUSCLE: Multiple sequence alignment with high accuracy and high throughput. *Nucleic Acids Res.* 32:1792-1797.

- Eisner T. S., Nowicky S. M., Gotees, Meinwald J. 1980. Red cochineal dye (carmine acid). In *Role Nature Science* 208: 1039-1042.
- Esparza Gómez G., Viguera A. L. y Portillo L. 2008. Capacidad de depredación de *Chilocorus cacti* L. (Coleoptera: Coccinellidae) en *Dactylopius opuntiae* Cockerell (Hemiptera: Dactylopiidae). En Llanderal C., Zetina D. H, Viguera A. L. y Portillo L. (Ed.). Grana cochinilla y colorantes naturales. Universidad de Guadalajara, Colegio de Postgraduados, Guadalajara. p. 43–45
- Espinosa O. E. G. 2001. Enemigos naturales de la cochinilla (*Dactylopius opuntiae* Cockerell) del nopal cardón (*Opuntia streptacantha* Lemaire) en el municipio de Villa de Tezontepec, Hidalgo, México. Tesis profesional. Departamento de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco. Edo. de México. 65p.
- Evans, A. V. 2014. Beetles of Eastern North America. Princeton University Press. 313 p.
- Flores-Hernández, A., I. Orona-Castillo, B. Murillo-Amador, R. D. Valdez-Cepeda, y J. L. García-Hernández. 2004. Producción y calidad de nopalito en la región de la Comarca Lagunera de México y su relación con el precio en el mercado nacional. *J. PACD*. 6: 23-34.
- Flores, A., H. Olvera, S. Rodríguez y J. Barranco. 2013. Predation Potencial of *Chilocorus cacti* (Coleoptera: Coccinellidae) to the Prickly pear cacti pest *Dactylopius opuntiae* (Hemiptera: Dactylopiidae). *Neotrop. Entomol.* Pp. 407-411 pp.
- Flores-Hernández A., Murillo-Amador B. Rueda-Puente E. O., Salazar-Torres J. C., García-Hernández J. L., Troyo-Diéguez E. 2006. Reproducción de cochinilla silvestre *Dactylopius opuntiae* (Homóptera: Dactylopiidae). *Revista Mexicana de Biodiversidad* 77: 97-102.
- Flores Valdez. C. A. y V. C. Gallegos, 1995. La producción de tuna en México. In: Pimienta B., E., C., Neri L., A., Muñoz y F. A., Huerta M. Memorias del VI Congreso Nacional y IV Congreso Internacional sobre el conocimiento y

- Aprovechamiento del Nopal. Universidad de Guadalajara, Guadalajara, Jalisco, México. Pp- 274-278.
- Fu, J. and Zhand, Y.C. (2006). Sequence analysis of mtDNA - COI gene and Molecular Phylogeny on twenty seven Species of Coccinellids (Coleoptera: Coccinellidae). *Entomotaxonomia*. 28(3): 179-185
- Galloway, T. y R. Handy, 2003. Immunotoxicity of organophosphorous pesticides, *Ecotoxicol*. Pp. 345-363.
- García H.J.E., Méndez, G., Rössel K., Talavera, M., Hernández, R. 2008. El nopal tunero en San Luis Potosí, situación actual y recomendaciones técnicas. Colegio de Postgraduados. Folleto para productores No. 2. 1ª edición. Montecillo, Texcoco, Estado de México 35 p
- Griffith, M. P. 2004. The origins of an important cactus crop, *Opuntia ficus-indica* (Cactaceae): new molecular evidence. *Am J. Bot.* 91: 1915-1921
- Grin. 2005. Genetic Resources Information Network U.S. Department of Agriculture. Agricultural research service.
- González Fernández, C., M. Borges, M. Gómez-Pacheco, M. Fernández, D. Hernández-Espinoza, y J. Rodríguez-Tapia. 2003. Manejo de *Diaphorina citri* Kuw. (Hemiptera: Psyllidae) en agroecosistemas cítricos de Cuba. Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical. La Habana, Cuba.
- González, M.; M. Zayas; E. Sotomayor; B Cruz; G. Croche: «Los coccinélidos como control biológico de insectos plagas en la agricultura urbana», II Encuentro Provincial de Agricultores Urbanos, Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales, Filial Ciudad de La Habana, Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical Alejandro de Humboldt. Libro Resumen.
- González Machorro, E. 2014. Interacciones bióticas de la cochinilla silvestre *Dactylopius opuntiae* Cockerell (Homoptera, Dactylopiidae), en una plantación de

- nopal tunero. Tesis Profesional. Departamento de Agroecología. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. 72 p.
- Gordon, R.D. 1985. The Coccinellidae (Coleoptera) of America North of México. *Journal of the New York Entomological Society* 93: 1-912.
- Gouy M, Guindon S, Gascuel O. (2010). Sea View version 4: a multiplatform graphical user interface for sequence alignment and phylogenetic tree building. *Molecular Biology*, 27:221-224.
- Gutiérrez, L.; Naranjo, N.; Jaramillo, L.; Muskus, C.; Luckhart, S.; Conn, J.; Correa M. 2008. Natural Infectivity of *Anopheles* species from the Pacific and Atlantic Regions of Colombia. *Acta Tropica* 107: 99-105
- Hatting. V. y M. J. Samways, 1994. Physiological and behavioral characteristics of *Chilocorus spp.* (Coleoptera: Coccinellidae) in the laboratory relative to effectiveness in the field as biocontrol agents. *J. Econ. Entomol.* 31-28 pp-
- Hamon A. B., Kosztarab M. L. 1979. Morphology and systematic of the first instar of the genus *Cerococcus* (Homoptera: Coccoidea: Cerococcidae). *Virginia State University Research Division Bulletin*, Pp 146: 1-122.
- Hillis D.M., J.J. Wiens. 2000. Molecules versus morphology in systematics. In: J.J. Wiens (ed.). *Phylogenetic analysis of morphological data*. Smithsonian Institution Press. Washington. Pp. 1-19.
- Hodek, I. 1973. *Biology of Coccinellidae*. Academia Publishing House of the Czechoslovak, Academy of Sciences, Prague, Czechoslovak.
- Howell, J. O. y M. L. Williams. 1976. An annotated key to the families of the scale insects (Homoptera: Coccoidea) of America. North of Mexico, based on characteristics of the adult female. *Annals of the Entomological Society of America* 69: 181-189.
- Jarquín Gálvez, R., Butrón R. J., Marín Sánchez J. 2013. Manejo no químico de la cochinilla silvestre del nopal en Villa de Arriaga, San Luis Potosí. XII Simposio

- Internacional y VII Congreso Nacional de Agricultura Sostenible, SOMAS A.C. COLPOS, Vol. 8, 1200 p.
- Kox LFF, van den Beld HE, Zjilstra C, Vierbergen G. 2005 Real-time PCR assay for the identification of *Thrips palmi*. Bulletin oiepp/eppo Bulletin. 5; 35:141-148
- Leng, Charles W. 1908 Notes on Coccinellidae, III. J. N. Y. Entomol, Soc. 16:33-44.
- Lopez, E. B., C. H. Brito, I. C. Albuquerque y J. L. Batista, 2009. Control de cochinilla carmín en palma gigante. Ambiental. Pp 252-258.
- Machado, V.L.R. 1982. Morfología e aspectos biológicos de *Olla v-nigrum* (Mulsant, 1866) e *Cycloneda conjugata* Mulsant, 1850 (Col., Coccinellidae) predadores de *Psylla* sp. (Homoptera: Psyllidae) em sibipiruna (*Caesalpinia pelthophoroides* Benth). En Funichello, M., L., Lúcia-Costa, O.J., Aguirre-Gil, and A.C., Busoli. 2012. Aspectos biológicos de *Cycloneda sanguinea* (Coleoptera: Coccinellidae) alimentadas con pulgones criados en algodón transgénico Bollgard I®. Revista Colombiana de Entomología 38(1):156-161.
- Machkour M'rabet S., Ferral Piña J. y Henaut Y. 2015. *Chilocorus cacti* (Coleoptera: Coccinellidae), a potential natural enemy for the red palm mite in Mexico. Acta Zoológica Mexicana (n. s.), 31(3): 512-517.
- Magro, A., Lecompte, E., Magné, F., Hemptinne, J. L., & Crouau-Roy, B. (2010). Phylogeny of ladybirds (Coleoptera: Coccinellidae): are the subfamilies monophyletic? Molecular Phylogenetics and Evolution, 54(3), 833-848.
- Manzari, S., Polaszek, A., Belshaw, R., Quicke, D.L.J., 2020. Morphometric and molecular analysis of the *Encarsia inaron* species group (Hymenoptera: Aphelinidae), parasitoids of whiteflies (Hemiptera: Aleyrodidae). Bull Entomol. Res. 92, 676.680.
- Marín L., Cisneros F. 1977. Biología y morfología de la cochinilla del carmín, *Dactylopius coccus* Costa (Homóptera: Dactylopiidae). Entomol. 20 (1): 115-120 p

- May, M. L. 1985. Thermoregulation. En *Comprehensive insect physiology biochemistry and pharmacology* Vol. 4 Regulation: Digestion, nutrition, excretion, Kerkut, G.A. y L. I. Gilbert. Pergamon Press. Oxford, U.K. 507-552 pp.
- Márquez Berber S. R., Torcuato Calderón C., Almaguer Vargas G., Colinas León M. T. y Khalil Gardezi A. 2012. El sistema productivo del nopal tunero (*Opuntia albicarpa* y *O. megacantha*) en Axapusco, Estado de México. Problemática y alternativas. *Revista Chapingo. Serie Horticultura* 18(1): 81-93.
- Mathenge, C. W., P. Holford, J. H. Hoffmann, R. Spooner-Hart, G. A. Beattie y H. G. Zimmermann. 2009. The biology of *Dactylopius tomentosus* (Hemiptera:Dactylopiidae). *Bulletin of Entomological Research* 99(6): 551-559.
- Mead, F.W. 1977. The Asiatic citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Psyllidae). Circular No. 180. 4 p. Florida Department of Agriculture and Consumer Services. Division of Plant Industry, Florida, USA.
- Mena Covarrubias, J. 2004. Manejo integrado de la plaga del nopal: Una propuesta para tomar mejores decisiones de control. In: Méndez Gallegos. *El nopal: tópicos de la actualidad*. Universidad Autónoma Chapingo / Colegio de Postgraduados. México.Pp. 125-140.
- Mena Covarrubias J. 2011. Insectos plagas del nopal: como tomar decisiones con un enfoque de manejo integrado. *Revista Salud Pública y Nutrición, Edición especial* (5): 65-74.
- Mestre N. N., Veitía R., Hodges S. G., 2010. Los insectos escama (Hemíptera: Sternorrhyncha: Coccoidea) presente sobre las plantas medicinales en Cuba.
- Michaud, J.P. 2004. Natural mortality of Asian citrus psyllid (Homoptera: Psyllidae) in central Florida. *Biological Control* 29(2):260-269.
- Miller, D. R. 1976. Family Dactylopiidae in syllabus for workshop on scale identification. *Proceedings of the National Meeting of the Entomological Society of America, November, Hawaii*. 68-86 p.

- Moran, V. C., B. H. Gunn and G. H. Walter 1982. Wind dispersal and settling of firstinstar crawler of the cochineal insect *Dactylopius austrinus* (Homoptera: Coccoidea: Dactylopiidae). *Ecological Entomology* 409-419 pp.
- Moran, V.C., J.H. Hoffmann and N.C. Basson. 1987. The effects of simulated rainfall on cochineal insects (Homoptera: Dactylopiidae): colony composition and survival on cactus cladodes. *Ecological Entomology* 12: 51-60.
- Morrison J. F. 1984. Protection from beetle-predation in cochineal insects (Dactylopiidae: Homóptera). Unpublished M. Sc. Thesis, Rhodes University, Grahamstown.
- Morón, M.A., Terrón, R.A. 1988. *Entomología Práctica*. Publicación 22. 1a edición. Instituto de Ecología A.C. México, D.F. 504 pp.
- Muma, M.H. 1956. Life cycles of four species of ladybeetles. *Florida Entomologist* 39(3):115-118.
- Nicholls C. I. 2010. Contribuciones ecológicas para renovar las fundaciones del manejo de plagas. Universidad de Murcia. Murcia, España. *Agroecología* 5: 7-22.
- Nieto N. J. M. 1999. Filogenia y posición taxonómica de los “homópteros” y de sus principales grupos. *Biol. S. E. A.* No. 26: 421-426.
- Nobel P. 2002. *Cacti: Biology and uses*. University of California Press. 280 p.
- Nobel, P. S. and E. De la Barrera. 2003. Tolerances and acclimation to low and high temperatures for cladodes, fruits and roots of a widely cultivated *cactus Opuntia ficus-indica*. *New Phytologist* 157: 271-279.
- Luna, V.J. 2011. Producción invernal de nopal verdura. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Noreste. Campo Experimental San Luis. S.L.P. Folleto para productores No. 52.
- Oliveira, N.C., C.F. Wilcken, e C.A. de Matos. 2004. Ciclo biológico e predação de três espécies de coccinelídeos (Coleoptera: Coccinellidae) sobre o pulgão-gigante-

- dopinus, *Cinara atlantica* (Wilson) (Hemiptera: Aphididae). *Revista Brasileira de Entomologia* 48(4):529-533.
- Omkar, and S. Srivastava. 2003. Functional response of the seven spotted lady beetle, *Coccinella septempunctata* Linnaeus on the mustard aphid, *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach). *Insect Science Application* 23(2):149-152.
- Pacheco-Rueda, I., Lomelí-Flores, J.R., Rodríguez-Leyva, E., Ramírez-Delgado, M. 2011. Ciclo de vida y parámetros poblacionales de *Symphorobius barberi* (Neuroptera: Hemerobiidae) criado con *Dactylopius opuntiae* Cockerell (Hemiptera: Dactylopiidae). *Acta Zoologica Mexicana* (n.s.) 27: 325-340.
- Palacios–Mendoza, C., R. Nieto, C. Llanderal & H. González. 2004. Efectividad biológica de productos biodegradables para el control de la cochinilla silvestre *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) (Homoptera: Dactylopiidae). *Acta Zoológica Mexicana* n.s. 20: 99–106.
- Palomares Pérez Martín, Rodríguez Vélez Beatriz, Ayala Zermeño Miguel Ángel, de la Cruz Llanas José de Jesús, Mendoza Castañeda Aimé Monserrat, Sánchez Gonzáles Jorge Antonio, Arredondo Bernal Hugo César y Córdoba Urtiz Esther Gisela, 2016. Aspectos Biológicos y capacidad de depredación de *Exochomus marginipennis* Leconte (Coleóptera: Coccinellidae) sobre *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae). *hilean journal of agricultural & animal sciences*, 32(2), 102-109.
- Perfecto I., Vandermeer J., Philpott M. S., 2010. Complejidad ecológica y el control de plagas en un cafetal orgánico: develando un servicio ecosistémico autónomo. *Agroecología*. 5: 41-51.
- Pérez Guerra, G. and M. Kosztarab. 1992. Biosystematics of the family Dactylopiidae (Homoptera: Coccinea) with emphasis on the life cycle of *Dactylopius coccus* Costa. *Studies on the Morphology and Systematics of Scale Insects* N. 16. Virginia 90p.
- Pérez S. M. y Becerra R. 2001. Nocheztli: el insecto del rojo carmín. CONABIO. *Biodiversitas*. 36: 1-8.

- Pérez Ramírez A. 2011. Estímulos físicos y químicos que intervienen en la fijación de las ninfas de *Dactylopius opuntiae*. Tesis de Maestría. Instituto Politécnico Nacional. Centro de Desarrollo de Productos Bióticos. Yautepec, Morelos. 77p.
- Pfannenstiel, R.S., and K.V. Yeorgan. 2002. Identification and diel activity patterns of predators attacking *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae) eggs in soybean and sweet corn. *Environmental Entomology* 31:232-241
- Portillo L., A. L. Viguera. 2006. A review on the cochineal species in México, hosts and natural enemies. *Acta Hort.* 728: 249-255
- Portillo, L. 2008. *Dactylopius opuntiae*: una especie en peligro de extinción. In Llanderal, C., D.H. Zetina, A. L. Viguera y L. Portillo (eds). Grana cochinilla y colorantes naturales. Colegio de Postgraduados. México. Pp. 69-73.
- Ramírez-Puebla, M. Rosenbluth, C. K. Chávez-Moreno, M. C. Catanho Pereira de Lyra, A. Tecante, E. Martínez-Romero 2010; Molecular Phylogeny of the Genus *Dactylopius* (Hemiptera: Dactylopiidae) and Identification of the Symbiotic Bacteria. *Environ Entomol* ; 39 (4): 1178-1183. doi: 10.1603/EN10037
- Reyes-Agüero, J.A., J.R. Aguirre R. and A. Valiente-Banuet 2006. Reproductive biology of *Opuntia*: A review. *Journal of Arid Environments* 54: 549-585.
- Reyes-Agüero, J. A., J. R. Aguirre-Rivera, and M. Hernández H. 2005. Systematic notes and a detailed description of *Opuntia ficus-indica* (L.) MILL. (Cactaceae). *Agrociencia*. 39(4): 395-408.
- Reyes- Agüero. J.A.; J.R Aguirre F. Carlín C. y A. González D 2009. Catálogo de las principales variantes silvestres y cultivadas de *Opuntia* en la Altiplanicie Meridional de México. U.A.S.L.P., SAGARPA y CONACYT San Luis Potosí, S.L.P., México. 350 p.

- Ribera, I., Bilton, D.T. and Vogler, A.P. (2003). Mitochondrial DNA phylogeography and population history of *Meladema* diving beetles on the Atlantic Islands and in the Mediterranean basin (Coleoptera, Dytiscidae). *Mol. Ecol.* 12(1): 153-167.
- Rodríguez Leyva, E., J. R., Lomelí Flores y J .M. Vanegas Rico 2010. Enemigos naturales de la grana cochinilla del nopal *Dactylopius coccus* Costa (Hemiptera: Dactylopiidae) In: L. Portillo y A. L. Viguera (Coord). Conocimiento y aprovechamiento de la grana cochinilla. Publicacion FAO, pp 1-12.
- Ruiz-Cancino, E., J. M. Coronado-Blanco & S. N. Myartseva. 2006. Situación actual del manejo de plagas de los cítricos en Tamaulipas, México. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica)*. 78:94-100.
- Sáenz, C., H. Berger, J. Corrales, L. Galleti, V Garcia, I. Higuera, C. Mondragón, A. Rodríguez Felix, E. Sepúlveda y M. T. Varnero. 2006. Utilización agroindustrial del nopal. *Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO-CACTUSNET N. 162*, 182 p.
- Santos Aguirre; 2007. Revisión de los coleópteros coccinélidos de las islas Canarias (Coleoptera: Coccinellidae), *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa* 41: 1-105.
- Santos. P. de S., M. A. Q. de 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 región northeast of Brazil. *Biocontrol Sci. Teach.* Pp. 893-902 .
- SAGARPA-INIFAP, octubre 2010, Producción Intensiva de Nopal de Verdura Folleto Para Productores Núm. 28
- Samways M. J., Osborn R., Hastings H. y Hattingh V. 1999. Global climate change and accuracy of prediction of species geographical ranges: establishment success of introduced ladybirds (Coccinellidae, *Chilocorus* spp.) worldwide. *Journal of Biogeography*. 26: 795-812.

- SENASICA. 2006. Control biológico de la escama de nieve *Unaspis citri* (Comstock). Ficha Técnica CB-25.
- Sengonca, C., and C. Arnold. 2003. Development, predation and reproduction by *Exochomus quadripustulatus* L. (Coleoptera: Coccinellidae) as predator of *Pulvinaria regalis* Canard (Homoptera: Coccidae) and its coincidence with the prey in the field. *Journal of Plant Diseases and Protection* 110(3):250-262.
- SIAP, 2016. <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/>
- Statistical Analysis System versión 9.0 (SAS Institute, 2004).
- Simpson J. 1997. Amplified fragment length polymorphisms. *Bol. Soc. Bot. Méx.* 60:73-76.
- Solís, A. J. F. 1993. Escamas (Homóptera: Coccoidea); descripción, morfología y técnica de montaje. Departamento de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. Estado de México. Pp. 34-36.
- Tamura K, Stecher G, Peterson D, Filipski A, Kumar S. 2013. MEGA 7: Molecular evolutionary genetics analysis version 7.0. *Molecular Biology*. 30:2725-2729.
- Treviño-Amador, I. A. F. Méndez-Llorente, M. A. López-Carlos, J. I. Aguilera-Soto, R. G. Ramírez-Lozano, M. A. Nuñez-Gonzales, y E. J. C. Zuñiga, 2013. Biogas Production from *Opuntia ficus-indica* and Dairy Cattle Manure. *Acta Hort* 995: 339
- Tulloch A. P. 1970. The composition of beeswax and other waxes secreted by insects. *Lipids* 5:247-258
- Vandermeer J, Perfecto I., Philpott S M. 2010. Complejidad ecológica y control de plagas en la producción de café orgánico: descubrimiento de un servicio ecosistémico autónomo. *BioScience* 60(7): 527-53

- Vanegas Rico J. M. 2009. Dinámica poblacional de *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) y sus enemigos naturales en Tlalnepantla, Morelos. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 110 p.
- Vanegas-Rico J. M., Lomelí-Flores J. R., Rodríguez-Leyva E, Mora-Aguilera G. Y., Valdez J. M. 2010. Enemigos naturales de *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) en *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller en el centro de México. Colegio de Postgraduados, Posgrado en Entomología y Acarología, Montecillo, 56230 Texcoco, Estado de México, México. Pp. 417-419.
- Vanegas Rico J. M. 2015. *Hyperaspis trifurcata*: Biología, respuesta funcional y dinámica poblacional de sus parasitoides. Tesis de Doctorado. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 119 p
- Vargas Gastelú, F. N. 1988. Biología de la cochinilla del carmín *Dactylopius coccus* Costa, bajo condiciones de laboratorio en Pampa del Arco (2,750 m.s.n.m) Ayacucho. Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga, Ayacucho, Perú. 72 p
- Volchansky C. R., J. H. Hoffmann, H. G. Zimmermann. 1999. Host-plant affinities of two biotypes of *Dactylopius opuntiae* (Homoptera: Dactylopiidae): enhanced prospects for biological control of *Opuntia stricta* (Cactaceae) in South Africa. The Journal of Applied Ecology. 36(1): 85-91
- Wang Z., Chen Y, y Diaz R. 2015. The cactus lady beetle: a voracious predator of scale insects. Bug Biz, Ag Center, LSU. 3480: 11-15.
- Whitfield, J.B., Mardulyn, P., Austin, A.D. and Downton, M. (2002). Phylogenetic relationships among Microgastrine braconid wasp genera based on data from the 16S, COI, and 28S genes and morphology. Syst. Entomol. 27: 337-359
- Zabala, J., J. Iturralde & M. Saloña 2003. Etnoentomología de la Vaquita de San Antón o Mariquita (*Coccinella septempunctata*) en el País Vasco (Coleoptera: Coccinellidae). Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa 33:253-269.

ANEXOS