



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS
CAMPECHE-CÓRDOBA-MONTECILLO-PUEBLA-SAN LUIS POTOSÍ-TABASCO-VERACRUZ

CAMPUS SAN LUIS POTOSÍ

POSGRADO EN
INNOVACIÓN EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES

EFFECTIVIDAD DE PRODUCTOS NO CONVENCIONALES CONTRA
Dactylopius opuntiae (Cockerell) (HEMIPTERA: DACTYLOPIIDAE)

PATRICIA ELIZABETH LÓPEZ RODRÍGUEZ

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS

Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México

Julio, 2018



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPECHE-CÓRDOBA-MONTECILLO-PUEBLA-SAN LUIS POTOSÍ-TABASCO-VERACRUZ

43-03-03

CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y DE LAS REGALÍAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACIÓN

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, el (la) que suscribe Patricia Elizabeth López Rodríguez, alumno (a) de esta Institución, estoy de acuerdo en ser partícipe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta Institución, bajo la dirección del (la) Profesor (a) Santiago de Jesús Méndez Gallegos por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis Efectividad de productos no convencionales contra *Doctylopius opuntiae* (Cockerell) (Hemiptera: Doctylopiidae) y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre del Colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, El (la) Consejero (a) o Director (a) de Tesis y el (la) que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Salinas de Hidalgo, S.L.P., a 9 de julio de 2018.

Patricia E. López Rodríguez

PATRICIA ELIZABETH LÓPEZ RODRÍGUEZ

Firma

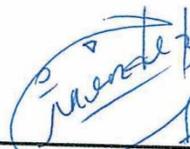
Santiago de Jesús Méndez Gallegos
DR. SANTIAGO DE JESÚS MÉNDEZ GALLEGOS
Vo. Bo. Profesor(a) Consejero(a) o Director(a) de Tesis

La presente tesis, titulada: **EFFECTIVIDAD DE PRODUCTOS NO CONVENCIONALES CONTRA *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) (HEMIPTERA: DACTYLOPIIDAE)** realizada por la alumna **Patricia Elizabeth López Rodríguez**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada y aceptada por el mismo como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRA EN CIENCIAS
INNOVACIÓN EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES**

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:



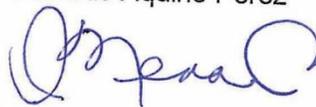
Dr. Santiago de Jesús Méndez Gallegos

ASESOR:



Dr. Gildardo Aquino Pérez

ASESOR:



Dr. Jaime Mena Covarrubias

SALINAS DE HIDALGO, SAN LUIS POTOSÍ

Julio, 2018

EFFECTIVIDAD DE PRODUCTOS NO CONVENCIONALES CONTRA *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) (HEMIPTERA: DACTYLOPIIDAE)

Patricia Elizabeth López Rodríguez M.C.

Colegio de Postgraduados, 2018

RESUMEN GENERAL

Dactylopius opuntiae Cockerell (Hemiptera: Dactylopiidae) es un insecto endémico de norte y centroamérica que ha invadido y colonizado los cinco continentes. Debido a su potencial reproductivo, capacidad de adaptación, voracidad y resistencia a factores bióticos y abióticos, actualmente, es considerada una plaga cosmopolita y primaria de *Opuntia* y *Nopalea*. Sobre su biología y crecimiento poblacional existe información limitada que sea útil en la implementación de una estrategia de manejo para reducir su impacto nocivo. Su control se ha centrado en la aplicación de plaguicidas. Ante el escenario de la agricultura ecológica y de atender las necesidades del mercado de producir alimentos sanos e inocuos, es necesario buscar alternativas ecológicas para minimizar su impacto. Debido a ello, este estudio tuvo dos objetivos particulares: estimar la supervivencia y reproducción de *D. opuntiae* en condiciones semicontroladas, y evaluar la efectividad biológica (actividad insecticida o tóxica) de cinco productos no convencionales sobre ninfas de segundo ínstar y adultas de *D. opuntiae*, a fin de generar información que pueda ser empleada como una herramienta en la toma de decisiones, y permita implementar una estrategia de manejo repetible y adaptable a nuestro entorno. El tiempo de generación fue de 63 días y la población de *D. opuntiae* puede incrementarse a razón 5% hembras día. Debido a este potencial reproductivo, *D. opuntiae* puede colonizar rápidamente la planta y convertirse así, en un fitófago de importancia económica en aquellas zonas donde *Opuntia* está presente de manera silvestre o cultivada. La aplicación de productos no convencionales, como jabones y detergentes, causaron un efecto detrimental sobre *D. opuntiae*. Las ninfas de segundo ínstar presentaron mayor susceptibilidad a los productos evaluados. El jabón ZOTE®, al 4%, controló 83.3% de ninfas de segundo ínstar y 67.2% de adultas. Por su parte el detergente Axion Complete®, al 4% provocó 80% de mortalidad de ninfas de segundo ínstar, pero

resultó menos efectivo contra adultas al eliminar sólo 54.4%, a los seis días después de su aplicación.

Palabras clave: nopal, plagas, parámetros demográficos, manejo biorracional.

EFFECTIVIDAD DE PRODUCTOS NO CONVENCIONALES CONTRA *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) (HEMIPTERA: DACTYLOPIIDAE)

Patricia Elizabeth López Rodríguez M.C.

Colegio de Postgraduados, 2018

ABSTRACT

Dactylopius opuntiae Cockerell (Hemiptera: Dactylopiidae) is an endemic insect from North and Central America that has invaded and colonized the five continents. Due to its reproductive potential, adaptability, voracity and resistance to biotic and abiotic factors, it is currently considered a cosmopolitan and primary plague of *Opuntia* and *Nopalea*. About its biology and population growth there is limited information that is useful in the implementation of a management strategy to reduce its harmful impact. Its control has focused on the application of pesticides. In the scenario of organic farming and to meet the needs of the market to produce healthy and safe food, it is necessary to look for ecological alternatives to minimize its impact. Due to this, this study had two particular objectives: to estimate the survival and reproduction of *D. opuntiae* in semicontrolled conditions, and to evaluate the biological effectiveness (insecticidal or toxic activity) of five unconventional products on nymphs of second instars and adults of *D. opuntiae*, in order to generate information that can be used as a tool in decision making, and allows implementing a strategy of management that is repeatable and adaptable to our environment. The generation time was 63 days and the population of *D. opuntiae* can be increased at a rate of 5% females day. Due to this reproductive potential, *D. opuntiae* can rapidly colonize the plant and thus become a phytophagous of economic importance in those areas where *Opuntia* is present wild or cultivated. The application of unconventional products, such as soaps and detergents, caused a detrimental effect on *D. opuntiae*. The second-instar nymphs presented greater susceptibility to the evaluated products. ZOTE® soap, at 4%, controlled 83.3% of second-instar nymphs and 67.2% of adults. For its part, Axion Complete® detergent, at 4%, caused 80% mortality of second-instar nymphs, but was less effective against adults by eliminating only 54.4%, six days after its application.

Keywords: cactus, pests, demographic parameters, biorational management.

DEDICATORIA

Esto es para la persona más genial que pude encontrar, la más inteligente en su rama, que de no saber nada de nada pudo, que me demostró que a pesar de las adversidades y por más obstáculos que la vida le puso, pudo salir adelante, a el carisma y simpatía va con todo amor y cariño para..... **Mi.**

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca No. 606285 otorgada durante el transcurso de mis estudios de posgrado en la Maestría en Innovación en Manejo de Recursos Naturales con matrícula 1163607.

Al Colegio de Postgraduados, en especial a los *Campus* San Luis Potosí y *Campus* Montecillo por abrirme las puertas de sus aulas para continuar mi formación académica.

A mi *sensei* y consejero el Dr. Santiago de Jesús Méndez Gallegos, por gran paciencia y por brindarme su conocimiento y apoyo incondicional en todo momento.

Al Dr. Francisco Javier Morales Flores y a la Dra. Brenda Trejo Téllez por sus consejos y por brindarme las armas necesarias para comprender la importancia de la estadística y superar los obstáculos de la vida diaria, además de ayudarme en todos los tramites académicos.

Al Dr. Juan Manuel Vanegas Rico por su gran ayuda en momentos complicados, por siempre tener tiempo para ayudarme y aunque no pudo formar parte de mi consejo, yo siempre lo contemplare como parte de él.

A mi gran amiga, Ale Olivera por darme zapes académicos con amor jeje, gracias por tus consejos, por las pláticas tan increíbles que tuvimos, por las grandes risas que nos aventamos juntas nunca nunca las olvidare y si se me olvida lo pondré como recordatorio jajajaja pero sobre todo y lo más importante que eres una increíble persona, tienes una calidez que no se encuentra tan fácil en los docentes.

A mi queridísima y gran amiga de laboratorio Clarita Tovar, hay Clarita no sé qué hubiera hecho sin ti jeje muchas gracias por abrirme las puertas del laboratorio y dejarme experimentar jeje pero sobre todo el quitarme el miedo a quebrar cosas jajaja o el tocarlas porque la fuera a regar jaja por enseñarme que para eso son los laboratorios para experimentar y disfrutar nuestro trabajo, eres grande Clarita y eres la mejor laboratorista del mundo mundial, sigue así como eres porque muchos necesitamos de tus conocimientos para poder salir jeje te quiero mucho mucho.

A mi familia, que a pesar de la distancia nunca estuvieron ausentes, en especial a mi mamá, mis hermanos, mis cuñadas y mis sobrinos, por su gran paciencia al escuchar mis eternas pláticas; y sobre todo estar contentos al momento de mis llegadas a la casa y por hacerme siempre mis comidas favoritas. Una de lo que más le agradezco a mi señorita es a ver cuidado a mi hijo perruno Atos, gracias ma por quererlo como a mí, aunque no le gusten los perros.

A el amor de mi vida y futuro dueño de mis quincenas (es broma) Ramiro, que me ha dado una de las alegrías más grandes de mi vida, el cual será poder juntar nuestras vidas para toda la vida 18♥08♥18. Gracias por tu gran paciencia, aunque a veces si te hice explotar jeje pero siempre estabas ahí para mí. Solo tú y yo conocemos la historia, porque tú y yo la escribimos....

A mis amigos y compañeros de ColPos Normita, Fredy, Mau, Ale, Michel, Luis Carlos, Delia y Lenin porque si no hubieran estado yo si me hubiera dado un tiro jaja, por tratar de no matarme antes de que se acabara la maestría jajaja. Gracias por compartir momentos tanto personales como académicos.

A mi gran amiga y futura botánica Rosa "Pie pequeño" solo quisiera agradecerte por hacerme caminar todo el gay día en Chapultepec para nada jajajaja es broma jaja sabes que te quiero mucho mucho, nunca pensé en encontrar a una amiga en la bienvenida junto a las tortas de jamón jajaja algo me dice que seremos muy muy amigas toda la vida, la comida nos une jajaja.

A mis grades amigos "Los Extraviados" Juan, Mary y Pablo, gracias por hacer mi estancia en México fuera una de las mejores experiencias de mi vida, por esas noches largas de estudio, por esas lecciones de vida que me ayudaron para seguir adelante, por esos momentos que vivimos juntos los cuales nunca olvidare con el karaoke y alitas. Tico no se me olvida que me debes la playera de tiquisia jaja además quisiera expresar mi gratitud hacia ti porque eres súper genial compa, gracias por permitirme ser tu amiga y por abrirme tu corazón, sabes que siempre tendrás a esta norteña dándote lata por el resto de tu vida. Siempre que quieras darle lata a alguien amm busca a Pablo o Mary jajaja es

broma a mí también jajaja, sin tu ayuda en verdad esto no hubiera sido posible prometo aprender más de cosas agronómicas jejeje.

En muy especial a todas aquellas personas que con mucho amor me están ayudando a ver cosas de la boda, en verdad muchas gracias porque no es fácil andar cotizando jeje o pidiendo que no cobren tan caro jaja. Hacer una boda y al mismo tiempo estarse titulando no es nada fácil así que mil gracias a las personas que han aportado su valioso tiempo para que este sueño se pueda hacer realidad.

En síntesis, les quiero agradecer a esas personas que futuramente leerán este trabajo, si le entendieron en verdad, creo que han de estar bien mal de su cerebro porque yo ya ni se si tengo..... jajaja es broma espero y les sirva y puedan sacar lo mejor de ustedes al realizar una investigación, muchos se dicen llamarse investigadores, pero pocos aman realmente lo que hacen, disfrútenlo y apasionense por la ciencia.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN GENERAL	1
OBJETIVOS	4
Objetivo general	4
Objetivos específicos	4
HIPÓTESIS	4
LITERATURA CITADA	5
CAPITULO I. PARÁMETROS POBLACIONALES DE <i>Dactylopius opuntiae</i> (Cockerell) (HEMIPTERA: DACTYLOPIIDAE) EN CONDICIONES DE INVERNADERO	11
1.2 RESUMEN	12
1.3 ABSTRACT	13
1.4 INTRODUCCIÓN	14
1.5 MATERIALES Y MÉTODOS	19
1.5.1 Área de estudio.....	19
1.5.2 Cría de <i>D. opuntiae</i>	20
1.5.3 Proceso de infestación	21
1.5.4 Determinación de la supervivencia de <i>D. opuntiae</i>	22
1.5.5 Determinación del potencial reproductivo de <i>D. opuntiae</i>	23
1.5.6 Unidad experimental	24
1.5.7 Variables de respuesta	25
1.5.8 Parámetros poblacionales de <i>D. opuntiae</i>	26
1.5.9 Análisis de datos.....	27
1.6 RESULTADOS	27
1.6.1 Determinación de la supervivencia de <i>D. opuntiae</i>	27
1.6.2 Determinación del potencial reproductivo de <i>D. opuntiae</i>	30
1.6.3 Parámetros poblacionales de <i>D. opuntiae</i>	32

1.7	DISCUSIÓN	34
1.8	CONCLUSIÓN	39
1.9	LITERATURA CITADA	40
	CAPITULO II. ESTRATEGIA DE CONTROL ALTERNATIVO EN DOS FASES DE DESARROLLO DE <i>Dactylopius opuntiae</i> Cockerell	47
2.2	RESUMEN	48
2.3	ABSTRACT	49
2.4	INTRODUCCION	50
2.5	MATERIALES Y MÉTODOS	54
2.5.1	Área de estudio	54
2.5.2	Material biológico	54
2.5.3	Proceso de infestación	55
2.5.4	Recopilación de información para la selección de productos contra <i>D. opuntiae</i>	57
2.5.5	Proceso de selección de productos y concentraciones	57
2.5.6	Procedimiento experimental	61
2.5.7	Unidad experimental	64
2.5.8	Efectividad de los productos aplicados	65
2.5.9	Análisis de datos	67
2.6	RESULTADOS	68
2.6.1	Evaluación de mortalidad de ninfas y adultas de <i>Dactylopius opuntiae</i>	68
2.7	DISCUSIÓN	79
2.8	CONCLUSIONES	89
2.9	LITERATURA CITADA	90
	CONCLUSIONES GENERALES	100
	ANEXOS	101

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1.1 Parámetros poblacionales de <i>Dactylopius opuntiae</i> (Cockerell), sobre cladodios de <i>Opuntia ficus-indica</i> , bajo condiciones semicontroladas en invernadero con una temperatura promedio de 22.1°C y una humedad relativa de 60%, durante los meses de septiembre a noviembre del 2017.	33
Cuadro 2.1 Productos seleccionados, características y concentraciones aplicadas en el control de <i>Dactylopius opuntiae</i> (Cockerell).	59
Cuadro 2.2 Mortalidad (%) provocada por la aplicación de cinco productos no convencionales contra ninfas de segundo instar de <i>Dactylopius opuntiae</i> (Cockerell). Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México. 2018.	68
Cuadro 2.3 Mortalidad (%) de ninfas de segundo instar de <i>Dactylopius opuntiae</i> (Cockerell) derivada de la aplicación de diferentes concentraciones de cinco productos no convencionales. Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México. 2018.	69
Cuadro 2.4 Mortalidad (%) registrada de cinco productos no convencionales sobre ninfas de segundo instar de <i>Dactylopius opuntiae</i> (Cockerell), de acuerdo a los días después de la aplicación (DDA). Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México. 2018. .	70
Cuadro 2.5 Mortalidad (%) de hembras adultas de <i>Dactylopius opuntiae</i> (Cockerell) debido a la aplicación de cinco productos no convencionales. Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México. 2018.	74
Cuadro 2.6 Mortalidad (%) de hembras adultas de <i>Dactylopius opuntiae</i> (Cockerell) derivada de la aplicación de diferentes concentraciones de cinco productos no convencionales. Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México. 2018.	75
Cuadro 2.7 Mortalidad (%) de hembras adultas de <i>Dactylopius opuntiae</i> (Cockerell) debido a la aplicación de cinco productos no convencionales a diferentes tiempos de evaluación. Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México. 2018.	75

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 Mapa cartográfico de la zona de estudio, Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México.	19
Figura 1.2 Plantas de <i>Opuntia ficus-indica</i> cv. Villanueva, utilizadas como sustrato alimenticio para <i>Dactylopius opuntiae</i> (Cockerell), Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México, 2017.	20
Figura 1.3 Técnica infestación utilizada en los cladodios de <i>Opuntia ficus indica</i> cv Villanueva en condiciones semicontroladas de invernadero, Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México, 2017.	21
Figura 1.4 Confinamiento de pencas de <i>Opuntia ficus-indica</i> , cv. Villanueva previamente infestadas, Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México, 2017.	22
Figura 1.5 Colocación de las unidades experimentales sobre cajas Petri para el conteo de la población de <i>Dactylopius opuntiae</i> (Cockerell), bajo condiciones de laboratorio, Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México, 2017.	23
Figura 1.6 Conteo de ninfas I de <i>Dactylopius opuntiae</i> (Cockerell), observados bajo el estereoscopio Colegio de Postgraduados Campus S.L.P. en Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México, 2017.	24
Figura 1.7 Unidad experimental utilizada para el desarrollo de la tabla de vida de la cochinilla del nopal sobre cladodios individuales de <i>Opuntia ficus-indica</i> cv. Villanueva, Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México, 2017.	25
Figura 1.8 Duración de las etapas de desarrollo de hembras de <i>Dactylopius opuntiae</i> (Cockerell) criadas en cladodios de <i>Opuntia ficus-indica</i> bajo condiciones semicontroladas. Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México 2017.	27
Figura 1.9 Diagrama del ciclo de vida de <i>Dactylopius opuntiae</i> (Cockerell) sobre <i>Opuntia ficus-indica</i> mostrando sus estados biológicos, Salinas de Hidalgo, San Luis Potosi, México, 2017.	28
Figura 1.10 Curva de supervivencia de hembras de <i>Dactylopius opuntiae</i> (Cockerell), alimentados de cladodios de <i>Opuntia ficus-indica</i> bajo condiciones semicontroladas de invernadero, Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México 2017.	29

Figura 1.11 Temperatura y humedad relativa del sitio experimental donde se llevó a cabo el trabajo sobre el ciclo de vida de <i>Dactylopius opuntiae</i> (Cockerell) alimentados en cladodios de <i>Opuntia ficus-indica</i> bajo condiciones semicontroladas de invernadero, Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México 2017.	30
Figura 1.12 Curva de fecundidad promedio de hembras adultas de <i>Dactylopius opuntiae</i> (Cockerell) (n=85) obtenidas en cladodios de <i>Opuntia ficus-indica</i> L. (Mill) bajo condiciones semicontroladas de invernadero, Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México 2017.	31
Figura 2.1 Laboratorio Agua-Suelo-Planta del Colegio de Postgraduados <i>Campus</i> San Luis Potosí, Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México, 2017.....	55
Figura 2.2 Técnica infestación utilizada “penca o planta infestadora” con algunas modificaciones para los cladodios de <i>Opuntia ficus indica</i> cv Villanueva en condiciones semicontroladas de invernadero, Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México, 2017..	56
Figura 2.3 Sistema de cría de <i>Dactylopius. Opuntiae</i> (Cockerell) y protección de los cladodios infestados, en condiciones de invernadero, Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México, 2018.	57
Figura 2.4 Productos seleccionados para evaluar el efecto de mortalidad sobre <i>Dactylopius opuntiae</i> en condiciones de laboratorio.....	61
Figura 2.5 Porciones de nopal conteniendo individuos de <i>Dactylopius opuntiae</i> en condiciones de laboratorio.....	62
Figura 2.6 Bomba de aplicación utilizada para los productos seleccionados sobre <i>Dactylopius. Opuntiae</i> (Cockerell) en el laboratorio.....	63
Figura 2.7 Papel Kromekote® (papel hidrosensible) de la marca Syngenta® (lado izquierdo) utilizado para la evaluación de la distribución de pulverización de la bomba y determinar el tamaño de gota sobre <i>Dactylopius opuntiae</i> (lado derecho).....	64
Figura 2.8 Unidad experimental utilizada para el desarrollo del bioensayo en el laboratorio para evaluar el efecto de los productos sobre <i>Dactylopius opuntiae</i> (Cockerell).	65

Figura 2.9 Mortalidad (%) sobre ninfas de segundo ínstar <i>Dactylopius opuntiae</i> (Cockerell) obtenida de la interacción Concentración*Producto. Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México. 2018.....	71
Figura 2.10 Mortalidad (%) de ninfas de segundo instar de <i>Dactylopius opuntiae</i> (Cockerell) obtenida de la interacción Días después de la aplicación (DDA)*Producto. Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México. 2018.	72
Figura 2.11 Mortalidad (%) de ninfas de segundo ínstar de <i>Dactylopius opuntiae</i> (Cockerell) obtenida de la interacción Días*Concentración después de la aplicación (DDA). Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México. 2018	73
Figura 2.12 Mortalidad (%) de hembras adultas de <i>Dactylopius opuntiae</i> (Cockerell) resultado de la interacción Concentración*Producto de cinco productos. Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México. 2018	76
Figura 2.13 Mortalidad (%) sobre hembras adultas de <i>Dactylopius opuntiae</i> (Cockerell) resultado de la interacción Días después de la aplicación y producto (DDA*Producto). Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México. 2018.	77
Figura 2.14 Mortalidad (%) sobre hembras adultas de <i>Dactylopius opuntiae</i> (Cockerell) obtenida de la interacción Días después de la aplicación (DDA)*Concentración. Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México. 2018.	78
Figura 2.15 Hembra adulta de <i>Dactylopius opuntiae</i> (Cockerell) muerta por la aplicación del Axión Complete® al sexto día, después de su aplicación. Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México, 2018.....	85

INTRODUCCIÓN GENERAL

El nopal (*Opuntia* spp.) (Orden: Cactaceae) es uno de los grupos vegetales de mayor importancia social, económica y ambiental; algunas de estas especies se utilizan para diferentes fines como lo son la producción de tuna, nopalito y forraje (Realini *et al.*, 2015). Actualmente es una de las especies más importantes a nivel global debido a su aprovechamiento y variedad de usos, donde se destacan el forrajero, industrial, farmacéutico y alimenticio; donde su valor nutricional es la propiedad más apreciada (Sáenz y Berger, 2006; Ervin, 2012).

En México, el nopal se distribuye ampliamente desde el norte hasta el centro del país y posee su mayor riqueza en el Altiplano Central (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad [CONABIO], 2016). La domesticación de esta especie se concentró en la región central de la República Mexicana, dada su gran diversidad (Griffith, 2004). El género *Opuntia* presenta una amplia distribución, y la especie *Opuntia ficus-indica* es una de las de mayor distribución e importancia económica en el mundo (Reyes-Agüero *et al.*, 2005).

En México y en otros países, la productividad del nopal se encuentra en riesgo debido a la incidencia de distintos factores bióticos, destacando entre ellos, la presencia de plagas y enfermedades, particularmente la cochinilla silvestre del nopal, *Dactylopius opuntiae* (Cockerell). Spodek *et al.* (2014) mencionan que *D. opuntiae* es una de las 11 especies pertenecientes a la familia Dactylopiidae y se encuentra distribuida en la mayoría de las zonas nopaleras a nivel mundial. Es una especie endémica del continente americano y parasita principalmente a plantas pertenecientes a los géneros *Opuntia* y *Nopalea* (Ferris, 1955; Rodríguez y Niemeyer, 2000; Diodato *et al.*, 2004). Actualmente, se ubica en 18 países; en México está presente en 22 estados (García *et al.*, 2016).

La construcción de tablas de vida forma parte de un componente esencial para determinar los principales estadísticos vitales de una población de insectos a través del tiempo (Southwood y Henderson, 2000). Esta metodología ha sido utilizada para estudiar la dinámica poblacional de una especie en particular; para seleccionar enemigos naturales;

y evaluar el impacto sobre una plaga por parte de un insecto benéfico, entre otras (Bellows *et al.*, 1992; Janssen y Sabelis, 1992). Las tablas de vidas y las curvas de sobrevivencia, permiten comprender las posibles causas de mortalidad en un intervalo de edad, y estimar la duración en tiempo de cada una de las etapas de vida de una población (Kahan y Ricci, 2001; Vera-Graziano *et al.*, 2002; Soto-Rodríguez y Retana-Salazar., 2005). Aun cuando existen ya estudios en el género sobre estadísticos poblacionales y su reproducción (Méndez-Gallegos *et al.*, 1993; Flores-Hernández *et al.*, 2006; Romero-López *et al.*, 2006) en *D. opuntiae*, se considera que se requiere mayor conocimiento que permita implementar una estrategia de manejo, en las diversas zonas nopaleras del país.

En los últimos años, se han detectado graves daños a cultivos de nopal ocasionados por *D. opuntiae* en distintas partes del mundo, como en el sur de España (Rodrigo *et al.*, 2010), Israel (Spodek *et al.*, 2014) y recientemente se registró por primera en Marruecos (Bouharroud *et al.*, 2016) y Libano (Moussa *et al.*, 2017). De igual manera, en la última década, se han reportado daños severos en plantaciones de nopal forrajero del Noreste de Brasil (Da Silva *et al.*, 2010; Falcao *et al.*, 2013).

En México, *D. opuntiae* es un fitófago que se encuentra presente en nopaleras silvestres y cultivadas y debido a su alta persistencia, tasa de reproducción, especificidad, resistencia, ubicuidad y adaptabilidad a factores climáticos es considerada una plaga primaria. De acuerdo a lo anterior, se le considera el principal problema fitosanitario en los sistemas productivos de nopal para la producción comercial de tuna y verdura (Pacheco-Rueda *et al.*, 2011).

Los daños directos son ocasionados por la succión de la savia tanto en cladodios como en frutos sobre los que se alimentan las ninfas y adultas. Ataques severos de la cochinilla causan debilitamiento, desprendimiento de cladodios y en ocasiones la muerte de la planta (González *et al.*, 2016). En plantaciones con altas infestaciones con cochinilla

afectan la calidad de los frutos y nopalitos, generando pérdidas económicas a los productores.

El uso irracional de productos químicos empleados en la agricultura, conlleva al deterioro del medio ambiente, sobre todo contaminando de los mantos acuíferos, que afectan al ser humano en un corto o largo plazo (Del Puerto *et al.*, 2014). Lo anterior, ha motivado el interés en la comunidad científica nacional e internacional, para realizar investigación básica y aplicada sobre estrategias de manejo, que no comprometan la salud de consumidores y productores y no dañen el entorno.

Estas estrategias incluyen la utilización de enemigos naturales (Portillo y Viguera, 1998; Mena-Covarrubias, 2010; Vanegas-Rico *et al.*, 2010), el uso de aceites de plantas aromáticas (Vásquez-García *et al.*, 2011), aceites vegetales comestibles (Cuevas-Salgado *et al.*, 2015), productos biodegradables (Palacios-Mendoza *et al.*, 2004; Borges *et al.*, 2013), extractos vegetales (Pérez-Gaspar *et al.*, 2009; Viguera *et al.*, 2009), hongos entomopatógenos (Da Silva *et al.*, 2016), equilibrio ecológico (Cruz-Rodríguez *et al.*, 2015), entre otras. No obstante, a pesar del gran número de alternativas de control y su aplicación en diversas regiones del país, hasta el momento no han sido del todo exitosas.

OBJETIVOS

Objetivo general

Estimar los parámetros de crecimiento poblacional de *D. opuntiae* en condiciones semicontroladas y demostrar la efectividad de cinco productos no convencionales recomendados para su control.

Objetivos específicos

- I. Determinar la dinámica poblacional de *D. opuntiae* bajo condiciones semicontroladas.
- II. Probar la efectividad biológica de diferentes productos no convencionales en el control de dos estados de desarrollo de *D. opuntiae*.

HIPÓTESIS

- El instar de desarrollo de la cochinilla más resistente es el estado adulto.
- Existen productos alternativos para controlar las poblaciones de la cochinilla silvestre.

LITERATURA CITADA

- Bellows, T. S., R.G. Van Driesche, and J. S. Elkinton. 1992. Life tables construction and analysis in the evaluation of natural enemies. *Annual Review of Entomology*. 37 (1): 587-614. DOI10.1146/annurev.en.37.010192.003103
- Borges, L.R., D.C. Santos, E.W.F. Gomes, V.A.L.B. Cavalcanti, I.M.M. Silva, H.M. Falcão, and D.M.P. Da Silva. 2013. Use of biodegradable products for the control of *Dactylopius opuntiae* (Hemiptera: Dactylopiidae) in cactus pear. *Acta Hortic.* 995: 379-386
- Bouharroud, R., A. Amarraque, and R. Qessaoui. 2016. First report of the *Opuntia* cochineal scale *Dactylopius opuntiae* (Hemiptera: Dactylopiidae) in Morocco. *EPPO Bulletin*. 46 (2): 308-310.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2016. Nopales. *Diversidad Biológica*. (13 de octubre 2016). Recuperado de <http://www.biodiversidad.gob.mx /usos/nopales/nopales.html>.
- Cruz-Rodríguez, J. A., E. González-Machorro y A. Villegas. 2015. Control autónomo de la cochinilla silvestre (*Dactylopius opuntiae* Cockerell) en una plantación de nopal tunero con manejo ecológico. V Congreso Latinoamericano de Agroecología-SOCLA, La Plata, Argentina.
- Cuevas-Salgado, M. I., F. A. Castañeda-Templos y C. Romero-Nápoles. 2015. Aceites vegetales comestibles como alternativa de control para cochinilla silvestre del nopal *Dactylopius opuntiae* Cockerell (Hemiptera: Dactylopiidae), bajo condiciones de campo. *Bol. Sociedad Mexicana de Entomología número especial*. 1: 64–70.

- Da Silva Santos, A. C., R. L. Oliveira-Soares, A. F. Da Costa, P. Vieira-Tiago, and N. T. De Oliveira. 2016. Controlling *Dactylopius opuntiae* with *Fusarium incarnatum-equiseti* species complex and extracts of *Ricinus communis* and *Poincianella pyramidalis*. *Journal of Pest Science*. 1-9.
- Da Silva, M. G., Jr. J. Dubeux, A. L. Cortes, D. L. Mota, L. L. Da Silva, M. V. Dos Santos and D. C. Dos Santos. 2010. Anatomy of different forage cacti with contrasting insect resistance. *Journal of Arid Environments*. 74: 718-722.
- Del Puerto, R. A. M., T. S. Suárez y E. D. Palacio. 2014. Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud. Una revisión. *Rev Cubana Hig Epidemiol*. 52: 372-387.
- Diodato, L., M. Iturre, y M. E. Paz. 2004. Especies de *Dactylopius* presentes en Argentina y factores que inciden en su producción. *Quebracho*. 11: 67-72.
- Ervin, G. N. 2012. Indian fig cactus (*Opuntia ficus-indica* (L.) Miller) in the americas: an uncertain history. *Haseoltonia*. 17: 70-81.
- Falcao, H. M., M. T. Oliveira, A. C. Mergulhao, M. V. Silva, and M. G. Santos. 2013. Ecophysiological performance of three *Opuntia ficus-indica* cultivars exposed to carmine cochineal under field conditions. *Scientia Horticulturae*. 150: 149-424.
- Ferris, G. F. 1955. Atlas of the scale insects of North America. *Annals of the Entomological Society of America*. 46 (4): 528. [Doi.org/10.1093/aesa/46.4.528](https://doi.org/10.1093/aesa/46.4.528).
- Flores-Hernández, A., B. Murillo-Amador, E. O. Rueda-Puente, J. C. Salazar-Torres, J. L. García-Hernández y E. Troyo-Diéguez. 2006. Reproducción de cochinilla silvestre *Dactylopius opuntiae* (Homóptera: Dactylopiidae). *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 77 (1): 97-102.

- García, M. B. Denno, D. Miller, G. Miller, Y. Ben-Dov and N. Hardy. 2016. A literature-based model of scale insect biology and systematics (14 de octubre 2016). Recuperado de: <http://scalenet.info>.
- González, A. B., A. A. García, J. F. Olguín, A. Rivera, y V. L. Martínez. 2016. Entomofauna Asociada al Nopal Verdura (*Opuntia ficus-indica* Miller) en San Andrés Cholula, Puebla, México. *Southwestern Entomologist*. 41(1): 259-266.
- Griffith, P. M. 2004. The origins of an important cactus crop, *Opuntia ficus-indica* (Cactaceae): New molecular evidence. *American Journal of Botany*. 9 (11): 1915-1921.
- Janssen, A., and M. W. Sabelis. 1992. Phytoseiid life-histories, local predator-prey dynamics and strategies for control of tetranychid mites. *Experimental and Applied Acarology*. 14: 233-250
- Kahan, A. E., y E. M. Ricci. 2001. Fertilidad, tablas de vida y supervivencia de *Brevicoryne brassicae* L (Homoptera: Aphidoidea) sobre distintas variedades comerciales de repollo (*Brassica oleracea* var. Capitata L.). *Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas*. 27 (3): 389-394.
- Mena-Covarrubias, J. 2010. Alternativas de control biológico de plagas del nopal. *Revista Salud Pública y Nutrición*. 5: 93-108.
- Méndez-Gallegos, S. D. J., J. Vera-Graziano, H. Bravo-Mojica, y J. Lopez-Collado. 1993. Tasas de supervivencia y reproducción de la grana-cochinilla *Dactylopius coccus* (Costa) (Homoptera: Dactylopiidae) a diferentes temperaturas. *Agrociencia*. 4 (1): 7-22.
- Moussa, Z., D. Yammouni, and D. Azar. 2017. *Dactylopius opuntiae* (Cockerell, 1896), a new invasive pest of the cactus plants *Opuntia ficus-indica* in the South of Lebanon

(Hemiptera, Coccoidea, Dactylopiidae). Bulletin de la Société Entomologique de France. 122 (2): 173-178.

Pacheco-Rueda, I., J. R. Lomelí-Flores, E. Rodríguez-Leyva y M. Ramírez-Delgado. 2011. Ciclo de vida y parámetros poblacionales de *Symphorobius barberi* Banks (Neuroptera: Hemerobiidae) criado con *Dactylopius opuntiae* Cockerell (Hemiptera: Dactylopiidae). Acta zoológica mexicana. 27 (2): 325-340.

Palacios-Mendoza, C., R. Nieto-Hernández, C. Llanderal-Cazares, y H. González-Hernández. 2004. Efectividad biológica de productos biodegradables para el control de la cochinilla silvestre *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) (Homoptera: Dactylopiidae). Acta Zoológica Mexicana. 20: 99-106.

Pérez-Gaspar, F. J., J.L. Martínez-Flores y A. Aragón-García. 2009. Generación de una tecnología a base de extractos vegetales para el control de la cochinilla del nopal en San Sebastián Villanueva, Puebla (3 de octubre 2016). Informe final, Programa la Ciencia en tus manos IX. Vicerrectoría de Investigación y Estudios de Postgrado de la BUAP. Recuperado de http://www.somas.org.mx/pdf/pdfs_libros/agriculturasostenible5/5_1/42.pdf.

Portillo, L., y A. L. Viguera. 1998. Natural enemies of cochineal (*Dactylopius coccus* Costa): importance in Mexico. Journal of the professional Association for Cactus Development. 3: 43-49.

Realini, M. F., E. G. González, F. Font, P.I. Picca, L. Poggio, and A. M. Gottlieb. 2015. Phylogenetic relationships in *Opuntia* (Cactaceae, Opuntioideae) from southern South America. Plant Systematics and Evolution. 301: 1123-1134.

Reyes-Agüero, J. A., J. R. Aguirre-Rivera, and H. M. Hernández. 2005. Systematic notes and a detailed description of *Opuntia ficus-indica* (L) Mill. (CACTACEAE). Agrocienca. 39 (4): 395-408.

- Rodrigo, E., M. Catalá-Oltra, y M. Granero. 2010. Estudio comparativo de la morfología y biología de *Dactylopius coccus* Costa y *D. opuntiae* (Cockerell) (Hemiptera: Dactylopiidae) dos especies presentes en la Comunidad Valenciana. Bol. Sanidad Vegetal. Plagas. 36: 23-35.
- Rodríguez, L. C., y H. M. Niemeyer. 2000. Evidencias indirectas sobre el origen de la cochinilla *Dactylopius coccus* (Hemiptera: Dactylopiidae). Revista Chilena Entomología. 27: 85-89.
- Romero-López, B. E., A. Flores-Hernández, E. Santamaría-Cesar, J. C. Salazar-Torrez, M. Ramírez-Delgado, y A. Pedroza-Sandoval. 2006. Identificación, biología y adaptación de la cochinilla silvestre *Dactylopius opuntiae* (Homoptera: Dactylopiidae) a las condiciones de Bermejillo, Durango. Revista Chapingo Serie Zonas Áridas. 5: 41-48.
- Sáenz, C., y H. Berger. 2006. Utilización agroindustrial del nopal. Food & Agriculture Organization. 162: 1-5.
- Soto-Rodríguez, G. A., y A. P. Retana-Salazar. 2005. Tabla de vida y patrón de distribución de *Selenothrips rubrocinctus* (Thripidae: Panchaetothripinae) en condiciones de laboratorio. Revista de Biología Tropical. 53 (1-2): 187-190.
- Southwood, T. R., and P. Henderson. 2000. Ecological methods. 3rd. Ed., London. Chapman y Hall. 524 p.
- Spodek, M., Y. Ben-Dov, A. Protasov, C. J. Carvalho and Z. Mendel. 2014. First record of *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) (Hemiptera: Coccoidea: Dactylopiidae) from Israel. Phytoparasitica. 42: 377-379.
- Vanegas-Rico, J. M., J. R. Lomeli-Flores, E. Rodríguez-Leyva, G. Mora-Aguilera, y J. M. Valdez. 2010. Enemigos naturales de *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) en *Opuntia*

ficus-indica (L.) Miller en el centro de México. Acta Zoológica Mexicana. 26 (2): 415-433.

Vázquez-García, M., S. Garabito-Espinoza, J. Tabares-Vega and G. Castillo-Herrera. 2011. Essential oils from aromatic plant species and insecticidal effects on *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) (Homoptera: Dactylopiidae) in mobile juveniles. Acta Horticultura. 894: 215-223.

Vera-Graziano, J. V., M. Pinto, J. López-Collado, y R. Reyna-Robles. 2002. Ecología de Poblaciones de Insectos. Segunda edición. Ed. Colegio de Postgraduados. 157 p. ISBN-968-839-369-X.

Viguera, A. L., J. C. Cibrián-Tovar, and C. Pelayo-Ortiz. 2009. Use of botanicals extracts to control wild cochineal (*Dactylopius opuntiae* Cockerell) on cactus pear. Acta Horticulturae. 811(1): 299-234.

1. CAPITULO I. PARÁMETROS POBLACIONALES DE *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) (HEMIPTERA: DACTYLOPIIDAE) EN CONDICIONES DE INVERNADERO

1.2 RESUMEN

A nivel nacional e internacional, la cochinilla silvestre del nopal, *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) (Hemiptera: Dactylopiidae) es considerada el principal enemigo del nopal (*Opuntia* spp.) debido a la severidad de los daños y a las pérdidas económicas que ocasiona. En otros países se han realizado estudios para conocer su biología, comportamiento y crecimiento poblacional; pero en México, los estudios en este aspecto no se han profundizado lo suficiente sobre esta especie. Con este antecedente, el objetivo de este estudio fue estimar la supervivencia y reproducción de *D. opuntiae* en condiciones semicontroladas, a fin de generar información básica, que permita implementar una estrategia de manejo y reducir su impacto nocivo. Para conocer el ciclo de vida y parámetros poblacionales de *D. opuntiae* se establecieron cohortes en cladodios individuales de *Opuntia ficus-indica* cv. Villanueva, las cuales se monitorearon de agosto a diciembre del 2017. La temperatura mínima registrada durante la realización del experimento fue de 13.8 °C, una máxima de 30.4°C y con una media de 22.1°C. Durante su ciclo de desarrollo, se registró la supervivencia (l_x), la proporción sexual ♀/♂ y la fertilidad de hembras (m_x). La tasa neta de reproducción (R_0) fue de 26.09, expresada en el número de hembras recién nacidas por hembra. El tiempo de generación (T) fue de 63.61 d y la tasa intrínseca de crecimiento poblacional (r_m) fue de 0.05 hembras día⁻¹. Debido a este potencial reproductivo, *D. opuntiae* puede colonizar rápidamente la planta y convertirse así en un fitófago de importancia económica en aquellas zonas donde *Opuntia* está presente de manera silvestre o cultivada.

Palabras clave: nopal, plagas, tablas de vida y fertilidad.

1.3 ABSTRACT

The cottony cochineal, *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) (Hemiptera: Dactylopiidae), is considered the most important insect pest on cactus orchards (*Opuntia* spp.), both at national and international levels. Studies in other countries have been completed in order to know the biology, behavior and population growth of the cottony cochineal insect. However, in Mexico there is limited information generated on these aspects. The aim of this research was to estimate *D. opuntiae* survival and reproduction under greenhouse conditions in order to generate key information for a management strategy and reducing its detrimental effect. Data for the life cycle and population parameters were obtained using insect cohorts on *Opuntia ficus-indica* cv. Villanueva cladodes from August to December 2017. Average temperatures of 13.8 °C, 30.4°C and 22.1 °C were recorded as the minimum, maximum and average for this experiment, respectively. The following variables were measured: number of surviving individuals (l_x), sexual proportion ♀/♂, and age specific fertility (m_x). The net reproductive rate (R_0) was 26.09, reported as number of newly born females per female; generational time (T) was 63.61 days, and the intrinsic rate of natural increase (r_m) was 0.05 females per day. Due to its maximum population growth, *D. opuntia* can colonize quickly a cactus plant, and thus become an economical insect pest in those areas where *Opuntia* is cultivated or growing in the wild.

Key words: cactus pear, pests, life and fertility tables.

1.4 INTRODUCCIÓN

Dado a las características y usos que se le da al nopal, éste se encuentra distribuido en más de 30 países (Méndez-Gallegos y García-Herrera, 2006) alrededor de todo el mundo destacando: Chile, Argentina, Bolivia, Perú, Colombia, México, E.U.A., Sudáfrica, Marruecos, Argelia, Libia, Túnez, Egipto, Jordania, Pakistán, Israel, Grecia, Italia, España y Portugal (Flores-Valdez *et al.*, 1995)

Del nopal se derivan distintos productos y aprovechamientos como lo son la fruta (tuna), verdura (nopalito), forraje, cercos vivos, así como huésped para la producción de grana cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa). El nopal se le utiliza como materia prima para la elaboración de productos medicinales y cosméticos; también es utilizado como materia prima para productos industriales (nopalito en escabeche, salmuera, harinas y extractos como base para lubricantes), en la conservación del suelo, y para abatir la contaminación atmosférica (Flores-Valdez *et al.*, 1995; Sáenz y Berger, 2006)

En México se destina una superficie de 47,632.50 ha para la producción comercial de frutos (“tunas”), donde se producen 462,704 t, con un rendimiento de 10.1 t ha⁻¹. Los estados con mayor producción de tuna son: México con 190,530 t, Puebla 100,866 t y Zacatecas con 94,092 t (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP], 2016); estos tres estados concentran 71.3% de la superficie total establecida y aportan 81.3% del valor de la producción nacional.

Respecto al nopal verdura (“Nopalito”) en México, la superficie sembrada es de 12,620.40 ha donde se producen 810,938.99 t, con un rendimiento de 66.32 t ha⁻¹ (SIAP, 2016). En el país, los principales estados productores son Morelos, Ciudad de México y Estado de México con 364,826.00 t, 204,047.80 t y 89,867.66 t respectivamente. Dichos estados representan un área de cultivo del 61.4%, lo que significa 73.7% del valor de la producción nacional (SIAP, 2016).

En México para nopal forrajero se destinan 17,339 ha donde se produce 180,250.63 t, con un rendimiento de 11.54 t ha⁻¹ (SIAP, 2016).

Los principales estados productores del nopal forrajero son Coahuila, Aguascalientes y Zacatecas con 130,669.61 t, 24,882.42 t y 24,698.60 t respectivamente. Dichos estados concentran el 99.9 % del área de ese tipo de explotación (SIAP, 2016). En este aspecto y a nivel mundial, Brasil es el mayor productor de nopal para forraje con alrededor de 300 000 ha cultivadas.

En varios países el nopal se cultiva para la cría de la grana cochinilla (*D. coccus*), y Perú es el principal productor a nivel mundial. Este país abastece aproximadamente 1500 t anuales que representan el 84% de la demanda mundial. Otras zonas productoras son las Islas Canarias de España con el 8%, Chile con el 6% y Bolivia con el 2% (Méndez-Gallegos *et al.*, 2003; Sáenz y Berger, 2006).

El nopal forma parte fundamental de la cultura mexicana y es importante para la alimentación de muchos mexicanos. La importancia del cultivo de nopal en el país se debe principalmente a que es fácil de cultivar, dado a sus características de tolerar condiciones adversas de clima, aridez y salinidad del suelo y por tratarse de una especie con bajo requerimiento de agua (Pimienta, 1997).

La planta de nopal tiene una importancia tanto económica como ambiental; desde el punto de vista económico las especies de nopal en México representan un recurso importante por su aprovechamiento alimenticio, tanto como fruta y nopalito, como fuente de forraje, por lo que ocupan grandes extensiones para la producción de los mismos; siendo una fuente importante de empleos en aquellos estados donde se produce. En menor escala, ciertas regiones del país aún aprovechan el nopal para cría de la cochinilla fina (*D. coccus*) para la obtención del colorante carmín (Flores-Valdez *et al.*, 1995).

En lo que corresponde a lo ambiental, las especies de nopal forman parte de los ecosistemas del territorio mexicano, ya que se adaptan a las condiciones del medio

favoreciéndolas para desarrollarse, además, de que su forma de reproducción se da de manera natural. De igual manera, son un agente importante para mantener el equilibrio ecológico, dado que permite conservar el suelo, reduce la desertificación e impide la erosión del suelo (CONABIO, 2016).

En los últimos años, se ha aprovechado en los estados con poblaciones silvestres de nopal, principalmente en época de estiaje, como alimento principal o complemento alimenticio para el ganado, aunque existen explotaciones cuyo objetivo es específicamente producir nopal para alimentar ganado (Flores-Valdez *et al.*, 1995).

Al igual que muchos otros cultivos, la productividad del nopal es afectada por la presencia de una gran cantidad de insectos plaga tales como: El picudo barrenador *Metamasius (Cactophagus) spinolae* Gyllenhal, el barrenador o “torito” *Moneilema* spp, el gusano cebra *Melitara (Olycella) nephelepasa* Dyar; el gusano blanco *Laniifera (Megastes) cyclades* Druces; el minador del nopal *Marmara opuntiella* Busck; el barrenador de la unión de las pencas del nopal *Metapleura potosí* Busck, el trips *Neohyadatothrips (Sericothrips) opuntiae* Hood; el picudo de las espinas *Cylindrocopturus biradiatus* Champion; el picudo de la penca *Gerstaeckeria* spp.; chinche gris, *Chelinidea tabulata* (Burmeister); chinche roja, *Heperolabops gelastops* Kirk; chinche del fruto, *Narnia pallidicornis* Stål y el barrenador de la penca del nopal, *Aerotypia pleurotella* Walsingham.

Con menor frecuencia se han detectado las escamas, *Diaspis echinocacti* (Bouché) y probablemente *Lepidosaphes* sp., y dos gusanos barrenadores del fruto, probablemente del género *Ozamia* spp. (Mena-Covarrubias, 2013). Asimismo, González *et al.* (2016) reportan a especies como *Cactophagus spinolae* (Gyllenhal), *Hesperolabops nigriceps* (Reuter), *Sphenarium purpurascens* (Charpentier) y *Dysdercus suturellus* (Herrich-Schaeffer).

García *et al.* (2000), Mena-Covarrubias (2013) y Gonzales *et al.* (2016) señalan que *D. opuntiae*, por su alta velocidad de dispersión y potencial biótico convierten al insecto en

una plaga altamente destructiva de los cultivos de nopal; este ha afectado y causado pérdidas económicas en más de 100,000 ha en Brasil, donde la plaga no es nativa (Lopes *et al.*, 2010).

Debido a su forma de alimentación, considerando su aparato bucal de tipo picador chupador, provoca daños severos tales como clorosis, malformaciones y muerte de las plantas, que causan una disminución de su productividad y pérdidas económicas a los productores.

El estudio del potencial biótico de una plaga es un aspecto relevante en los programas de manejo integrado (Zárate *et al.*, 2018). Para ello, se requiere desarrollar tablas de vida, como parte de una estrategia para conocer el comportamiento de una población bajo diferentes condiciones ambientales. Actualmente, dentro de la campaña de la cochinilla rosada del hibisco *Maconellicoccus Hirsutus* (Green) un de los aspectos que complementa a la estrategia de control, es el uso de tablas de vida (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria [SENASICA], 2013).

Entre los trabajos sobre biología y tablas de vida de dactilópodos se pueden mencionar algunos realizado en especies sudamericanas (Moran & Cobby, 1979; Hosking 1984; Sullivan, 1990), para especies neárticas (Gilreath & Smith 1987) o bien de importancia comercial como el caso de *D. coccus* (Méndez-Gallegos *et al.*, 1993; Rodrigo *et al.*, 2010; Zhang, 2017). Respecto a *D. opuntiae*, existen estudios en condiciones de invernadero (Flores-Hernández *et al.*, 2006; Romero-López *et al.*, 2006); además, de un trabajo en condiciones controladas (Palafox-Luna *et al.*, 2018).

En resumen, los estudios antes citados definen claramente un patrón de fases de desarrollo del insecto muy coincidentes y permite observar los puntos de mayor resistencia y los momentos de mayor sensibilidad a ser combatido. Sin embargo, para mayor precisión en el aprovechamiento de esta información se requiere de mayor detalle del ciclo biológico en condiciones semicontroladas, el cual es el objetivo de este estudio.

Derivado de lo anterior y dada la importancia socioeconómica del nopal a nivel nacional, el estudio tiene la finalidad de estimar la supervivencia y la reproducción de *D. opuntiae* en condiciones semicontroladas, para generar información práctica que permita establecer una estrategia de manejo y reducir su impacto.

1.5 MATERIALES Y MÉTODOS

1.5.1 Área de estudio

La investigación se realizó durante el periodo de agosto a diciembre de 2017 en las instalaciones del Colegio de Postgraduados *Campus* San Luis Potosí, en Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México con coordenadas de ubicación 22°37'55.66" N, 101°42'42.96" O y una altitud de 2,078 msnm) (**Figura 1.1**). El estudio se desarrolló en condiciones semicontroladas de invernadero (22.1°C±3.4 con límites entre 13.8 a 30°C y H.R. 53.7%). El registro de temperatura y humedad relativa diaria se obtuvo con un sensor comercial (HOBO Pro v2 temp/RH onset, USA).

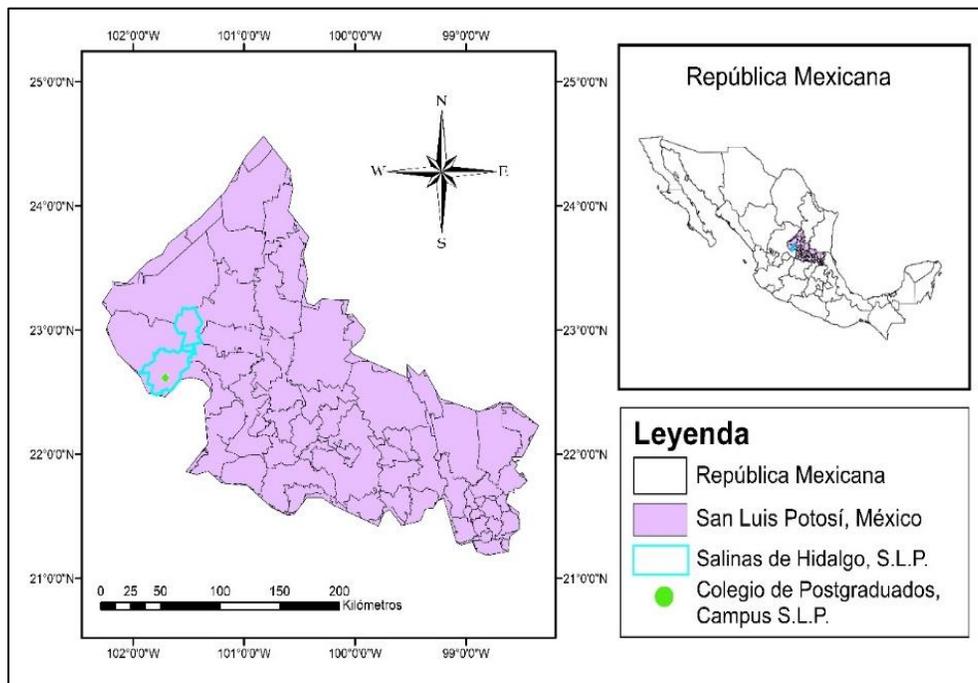


Figura 1.1 Mapa cartográfico de la zona de estudio, Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México.

1.5.2 Cría de *D. opuntiae*

La cría de este insecto se desarrolló sobre cladodios de seis meses de edad de *O. ficus-indica* cv. Villanueva con dimensiones 40 x 20 cm, aproximadamente (**Figura 1.2**), obtenidos de una huerta experimental perteneciente al mismo *Campus*. Todos los cladodios se limpiaron cuidadosamente para eliminar polvo, espinas y evitar la presencia de cualquier enemigo natural de *D. opuntiae*.



Figura 1.2 Plantas de *Opuntia ficus-indica* cv. Villanueva, utilizadas como sustrato alimenticio para *Dactylopius opuntiae* (Cockerell), Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México, 2017.

Los cladodios individuales se colocaron dentro del invernadero para permitir la cicatrización y posteriormente colocarlos en macetas para mantener una cría, de acuerdo a lo sugerido por Vanegas-Rico *et al.* (2016).

1.5.3 Proceso de infestación

Una vez que inició la etapa reproductiva de las colonias de *D. opuntiae* colectadas, se llevó a cabo la infestación de cladodios previamente limpios, colocando estos sobre aquellos que contiene a las hembras en reproducción (Gareca, 1993) con la finalidad de que las ninfas migrantes las colonizaran (**Figura 1.3**).



Figura 1.3 Técnica infestación utilizada en los cladodios de *Opuntia ficus indica* cv Villanueva en condiciones semicontroladas de invernadero, Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México, 2017.

Para el monitoreo de los insectos, los cladodios se ubicaron en la parte apical de los cladodios previamente colonizados por hembras en la etapa reproductiva. Los cladodios

a infestar permanecieron por un periodo de 48 h. Luego de este tiempo se colocaron en una caja de madera y se cubrieron con una malla fina, a fin de asegurar su fijación y evitar el ingreso de enemigos naturales. Una vez infestados se llevó a cabo su monitoreo (Figura 1.4).



Figura 1.4 Confinamiento de pencas de *Opuntia ficus-indica*, cv. Villanueva previamente infestadas, Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México, 2017.

1.5.4 Determinación de la supervivencia de *D. opuntiae*

La supervivencia se determinó por medio de la técnica llamada “tabla de vida de cohorte” (Badii *et al.*, 2000). Con el propósito de conocer los parámetros poblacionales de un grupo de individuos nacidos en un mismo intervalo de tiempo (cohorte), desde su nacimiento hasta su muerte, se elaboró una tabla de vida de la cochinilla. La tasa de supervivencia se estimó utilizando una cohorte inicial de 404 insectos sobre cladodios individuales de *O. ficus-indica*, cv. Villanueva, las cuales se monitorearon cada tercer día considerando

el número de insectos vivos por intervalo de tiempo. Asimismo, se registró la duración de cada una de las etapas biológicas, la proporción sexual y de su ciclo biológico total.

1.5.5 Determinación del potencial reproductivo de *D. opuntiae*

La tasa de reproducción de cada cohorte se determinó por medio de tablas de fertilidad. De la totalidad de hembras sobrevivientes de cada cladodio, se cortó el área de 100 cm² de la penca y se colocaron en cajas Petri (**Figura 1.5**).

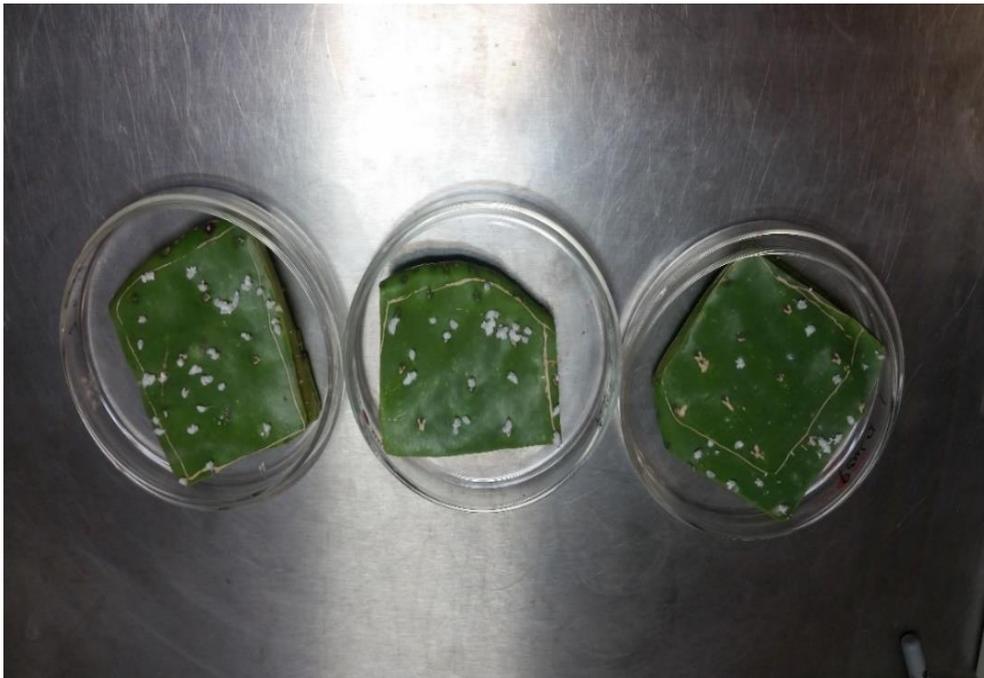


Figura 1.5 Colocación de las unidades experimentales sobre cajas Petri para el conteo de la población de *Dactylopius opuntiae* (Cockerell), bajo condiciones de laboratorio, Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México, 2017.

Finalmente, se contabilizaron con un estereoscopio binocular marca Leica KL200 LED, y se retiraron con un pincel de cerdas fina; esto se realizó durante dos periodos del día por la mañana 10:00 y por la tarde 18:00 h, (**Figura 1.6**).



Figura 1.6 Conteo de ninfas I de *Dactylopius opuntiae* (Cockerell), observados bajo el estereoscopio Colegio de Postgraduados *Campus S.L.P.* en Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México, 2017.

Esto se realizó en las mismas condiciones de temperatura y humedad relativa en las que se mantuvo la cría, las cuales fueron registradas mediante el sensor comercial HOBO Pro v2 temp/RH onset.

1.5.6 Unidad experimental

Se consideró un cladodio individual *O. ficus-indica* cv. Villanueva, como unidad experimental. Se utilizaron tres unidades experimentales, en cada una de ellas se tomó

un área de 100 cm² para realizar el conteo de los individuos con una lupa 40X durante todo el periodo del experimento (**Figura 1.7**).



Figura 1.7 Unidad experimental utilizada para el desarrollo de la tabla de vida de la cochinilla del nopal sobre cladodios individuales de *Opuntia ficus-indica* cv. Villanueva, Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México, 2017.

1.5.7 Variables de respuesta

La variable de respuesta fue el número de insectos vivos y muertos dentro del área de conteo, por intervalo de tiempo, considerando una población inicial total de 404 ninfas. También se registró la duración de cada uno de las etapas de desarrollo (d) y la proporción sexual al momento de la diferenciación.

1.5.8 Parámetros poblacionales de *D. opuntiae*

La fecundidad específica (m_x) de *D. opuntiae* se obtuvo con el número de ninfas diarias producidas por hembra (Duarte *et al.*, 2011). Dichos datos se conjuntaron con la tabla de vida: supervivencia y número de insectos vivos por intervalo de edad (x), para generar tablas de supervivencia y fecundidad de acuerdo a los siguientes parámetros poblacionales:

- **Tasa neta de reproducción** (R_o), definida como el número de hembras recién nacidas por hembra, (Krebs, 1978).

$$R_o = \sum (l_x m_x)$$

- **Tiempo generacional de la cohorte** (T), considerado de acuerdo con Pool (1974) como el tiempo que transcurre desde que nace un individuo hasta que da origen a descendencia.

$$T = \sum (l_x m_x x) / R_o$$

- **Tasa intrínseca de crecimiento natural de la población** (r_m), referida como el número de hembras por hembra por unidad de tiempo (Pool, 1974).

$$r_m = \ln (R_o) / T$$

- **Tasa finita de crecimiento** (λ), definida por Krebs (1978) como el número de veces que la población se multiplica sobre sí misma.

$$\lambda = \exp (r_m)$$

- **Tiempo de duplicación de la población original** (TD), definida como el número de unidades de tiempo requerido por una población para duplicarse en número.

$$TD = \ln 2 / (r_m)$$

1.5.9 Análisis de datos

La información obtenida se analizó a través del modelo no paramétrico de técnicas demográficas, de acuerdo a la metodología descrita por Cuéllar, (2001) y Vera *et al.*, (2002).

1.6 RESULTADOS

1.6.1 Determinación de la supervivencia de *D. opuntiae*

La duración de cada uno de los estados biológicos de desarrollo y la longevidad total de *D. opuntiae* desarrollada sobre cladodios de *O. ficus-indica* (L.) Mill fue de Ninfa I 14 ± 2.1 , Ninfa II 25 ± 2.7 y Hembras adultas 33 ± 3.3 (**Figura 1.8**).

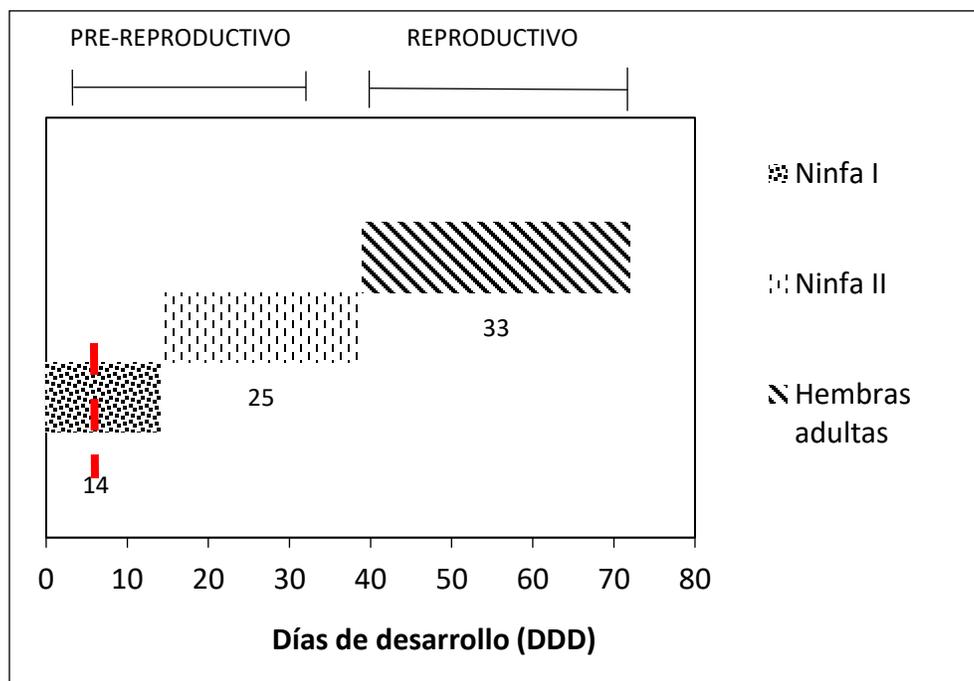


Figura 1.8 Duración de las etapas de desarrollo de hembras de *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) criadas en cladodios de *Opuntia ficus-indica* bajo condiciones semicontroladas. Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México 2017.

Para completar el tiempo de desarrollo se registraron 72 ± 4.6 d para hembras y 40 ± 2.3 d para machos (**Figura 1.9**). Para el cálculo de la longevidad se consideró desde la emergencia hasta la muerte de la última hembra.

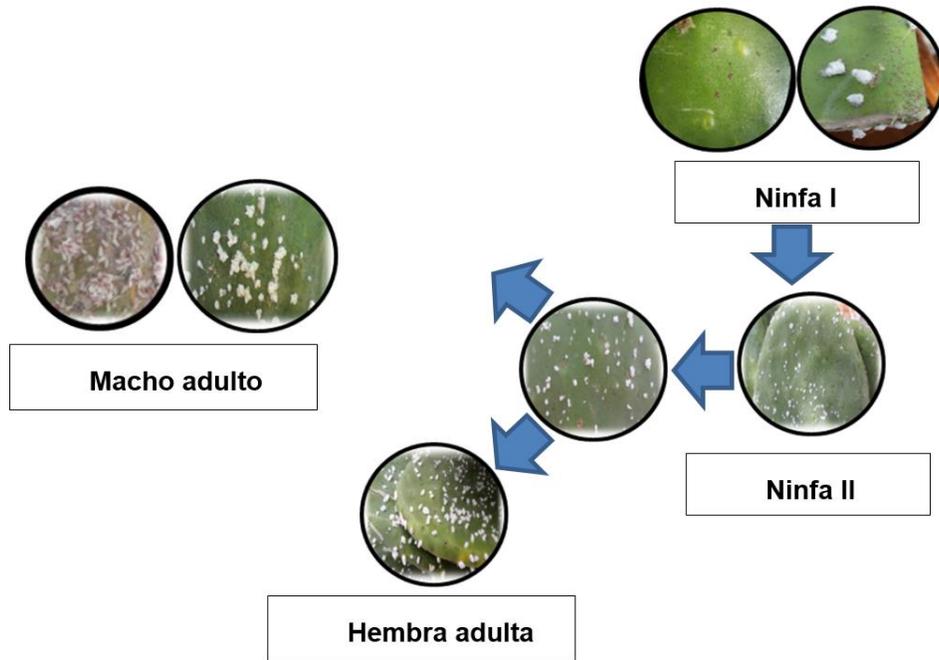


Figura 1.9 Diagrama del ciclo de vida de *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) sobre *Opuntia ficus-indica* mostrando sus estados biológicos, Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México, 2017.

La curva de supervivencia de *D. opuntiae* corresponde a una Tipo IV, de acuerdo a la clasificación de Rabinovich (1980); dado a que esta se caracteriza por la presencia de una mortalidad natural alta en etapas tempranas de desarrollo (**Figura 1.10**). En promedio la temperatura mínima registrada durante la realización del experimento fue de 13.8 °C, una máxima de 30.4 °C y con una media de 22.1 °C; más promedios de humedad relativa de 60%, durante los meses de septiembre a noviembre del 2017.

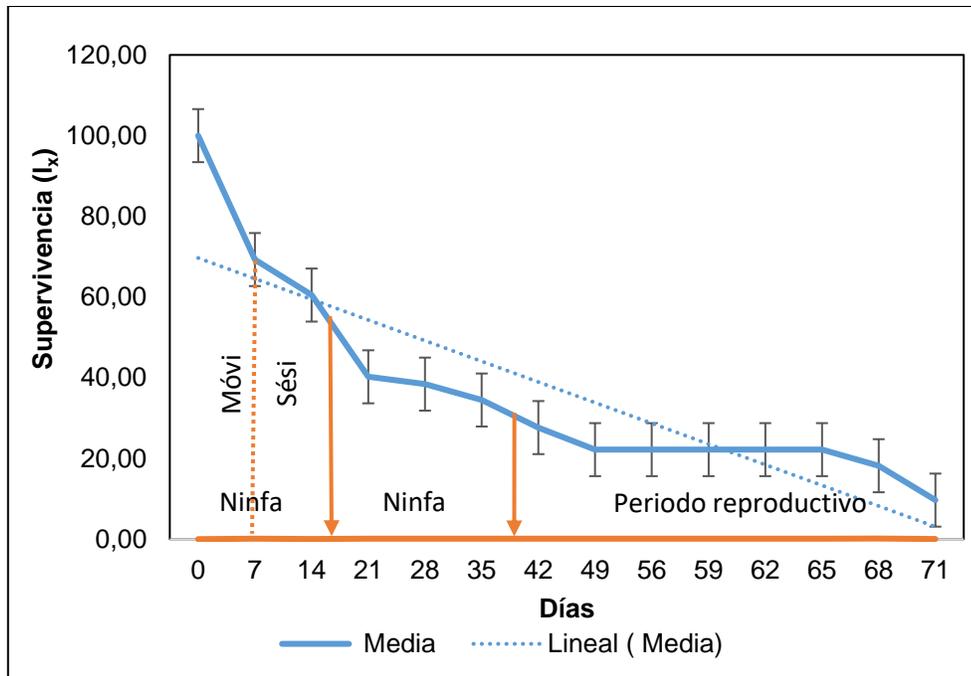


Figura 1.10 Curva de supervivencia de hembras de *Dactylopius opuntiae* (Cockerell), alimentados de cladodios de *Opuntia ficus-indica* bajo condiciones semicontroladas de invernadero, Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México 2017.

Los primeros instares ninfales de *D. opuntiae*, tuvieron una duración de 37 a 39 d para hembras, mientras que para machos fue de 31-41 d. En los primeros días de vida de la cochinilla silvestre se presenta una alta tasa de mortalidad, esto se puede deber a varios factores, uno de los más importantes es la ausencia de la capa cerosa que caracteriza a la especie, la cual la protege de diversos factores adversos.

Diversos autores como Gilreath y Smith (1987), Cruz (1990), Santibañez, (1990) y Méndez (1992) mencionan que las condiciones ambientales son un factor importante en la duración de cada uno de los instares, en donde la temperatura es uno de los principales factores para determinar la terminación o inicio de un instar. En promedio, la temperatura

promedio registrada durante la realización del experimento, fue de 22.1°C (14 °C mínima y 30°C la máxima) en los meses de septiembre a noviembre del 2017 (**Figura 1.11**).

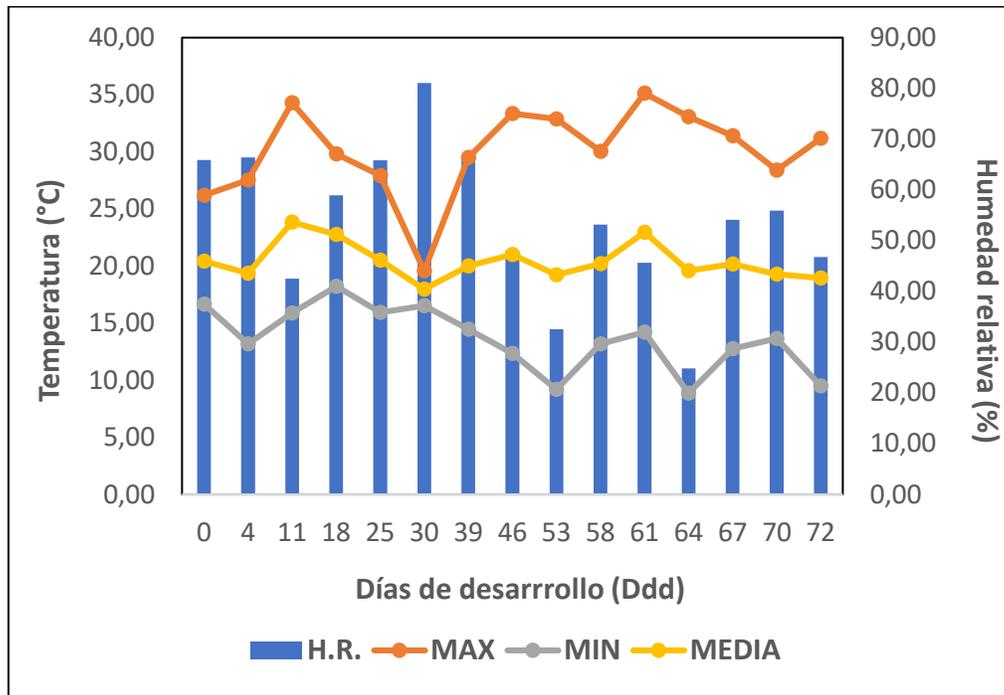


Figura 1.11 Temperatura y humedad relativa del sitio experimental donde se llevó a cabo el trabajo sobre el ciclo de vida de *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) alimentados en cladodios de *Opuntia ficus-indica* bajo condiciones semicontroladas de invernadero, Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México 2017.

1.6.2 Determinación del potencial reproductivo de *D. opuntiae*

En cuanto a la reproducción, las cochinillas pertenecen a la superfamilia Coccoidea, la cual se distingue por presentar una reproducción partenogenética. En este caso se observó una reproducción sexual en su mayoría, dado a que los machos se postraban en las hembras para copular, teniendo así una relación de 3:1.

Los machos adultos una vez que emergieron del cocón, vivieron de 3-4 días, lo cual es tiempo suficiente para poder llevar a cópula. Las hembras adultas de *D. opuntiae*

comenzaron con el periodo reproductivo a partir del día 56, la cual tuvo una duración de 18 días, donde se presentó, un pico de ninfas de primer ínstar a los 64 días de vida. A partir de este lapso de tiempo, hubo una disminución en el número de ninfas y posterior muerte de las hembras.

Cada hembra dio origen en promedio, 125 ninfas en su etapa reproductiva, lo cual confirma que la especie tiene un alto potencial reproductivo (**Figura 1.12**).

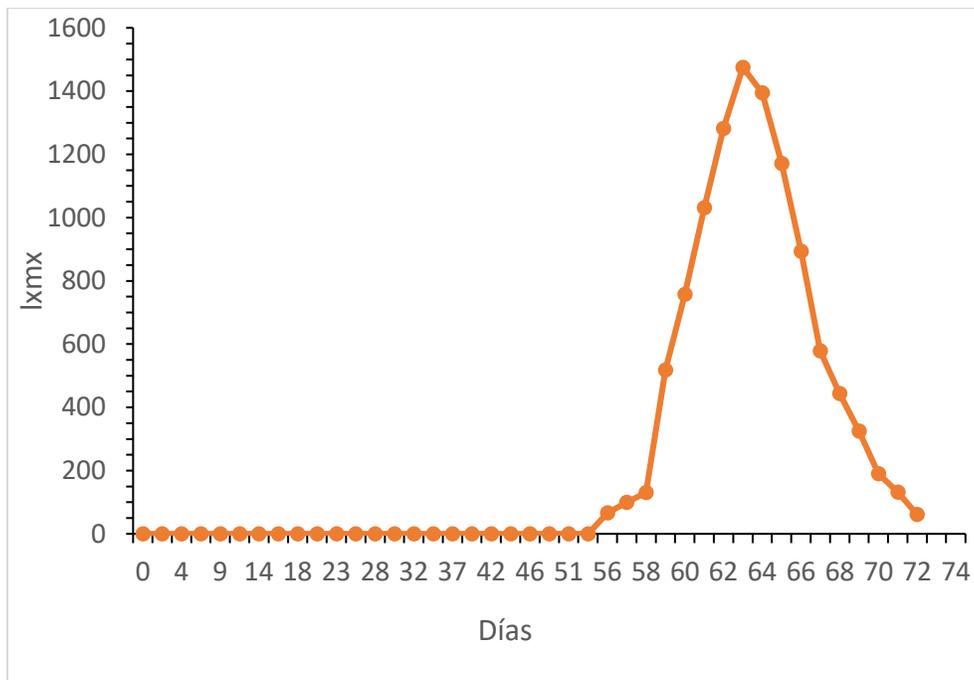


Figura 1.12 Curva de fecundidad promedio de hembras adultas de *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) (n=85) obtenidas en cladodios de *Opuntia ficus-indica* L. (Mill) bajo condiciones semicontroladas de invernadero, Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México 2017.

Durante las mañanas se contaron más ninfas I que en las tardes, cada hembra por la mañana daba origen en promedio a 2 ninfas de primer ínstar y 1 ninfa de primer ínstar por la noche.

1.6.3 Parámetros poblacionales de *D. opuntiae*

La estimación de la tasa neta de reproducción, R_0 , de la población de cochinilla fue de 26.09 individuos por hembra (**Cuadro 1.1**). Es importante resaltar que la tasa intrínseca de crecimiento natural de la población, r_m , en condiciones semi controladas está limitado solamente a la natalidad y mortalidad de los individuos de *D. opuntiae*, dado que, en condiciones normales de campo, esta especie es afectada por distintos factores como los ambientales, además de la inmigración y emigración, así como también la aparición de los enemigos naturales, los cuales afectan a la población de la cochinilla silvestre. En este caso el número de *Dactylopius* se está incrementando a una tasa de 0.05, eso quiere decir que la población espera un crecimiento del 5% por día (**Cuadro 1.1**). En lo que se refiere al tiempo generacional nos indica que la cochinilla se multiplicara 26.09 veces cada 63.61 días.

Cuadro 1.1 Parámetros poblacionales de *Dactylopius opuntiae* (Cockerell), sobre cladodios de *Opuntia ficus-indica*, bajo condiciones semicontroladas en invernadero con una temperatura promedio de 22.1°C y una humedad relativa de 60%, durante los meses de septiembre a noviembre del 2017.

Evento	Promedio
Ro: Tasa neta de reproducción (hembras hembra ⁻¹ generación ⁻¹)	26.09
rm: Tasa intrínseca de crecimiento natural (hembras hembra ⁻¹ día ⁻¹)	0.05
λ: Tasa finita de incremento (hembras hembra ⁻¹)	1.08
T: Tiempo generacional (d)	63.61
TD: Tiempo de duplicación (d)	14
Promedio huevos hembra ⁻¹ día ⁻¹	7.37
Promedio total de huevos hembra ⁻¹	125.31

1.7 DISCUSIÓN

El tiempo de desarrollo de *Dactylopius opuntiae*, en cladodios cortados y bajo condiciones de invernadero, fue de 72 ± 4.6 d en hembras y 40 ± 2.3 d en machos, con una proporción sexual de 3:1 hembra:macho. *D. opuntiae* presenta dos instares ninfales, cuya duración conjunta fue 37 ± 3.3 d. La duración del instar ninfal I fue de 14 d, periodo que incluye una fase móvil (5 d) y una fase fija (9 d).

La única etapa de dispersión de los dactilópodos ocurre sólo en este instar (Moran *et al.*, 1982; Foxcroft & Hoffmann, 2000). Su capacidad para desplazarse les permite ampliar su distribución y también seleccionar un sitio adecuado para establecerse en los cladodios; una vez localizada su planta huésped, insertan su estilete y a partir de ahí permanecerán durante todo su desarrollo en el mismo sitio.

En general, los tiempos de desarrollo de este trabajo fueron similares a lo registrado por otros autores (Flores-Hernández *et al.*, 2006; Romero-López *et al.*, 2006). Las diferencias observadas pueden deberse a factores abióticos tales como la temperatura (Méndez-Gallegos *et al.*, 1993) y la humedad relativa (Zhang, *et al.*, 2017) y bióticos como el tipo de hospedante (Méndez-Gallegos *et al.*, 2010) y su estado nutricional (Coronado-Flores *et al.*, 2015).

En este estudio se obtuvo una duración mayor en el tiempo de desarrollo (100%) a la registrada por Palafox-Luna *et al.* (2018) (72 y 36 días respectivamente) en *D. opuntiae*;

lo que puede estar relacionado a las condiciones constantes de temperatura y humedad dentro de una cámara bioclimática y del tipo de nopal utilizado en cada trabajo.

La calidad de nutrientes puede variar entre las distintas especies y cultivares de estas cactáceas, las cuales tienen características físico-químicas, fisiológicas y anatómicas que pueden traducirse en grados diferenciales de susceptibilidad, resistencia o tolerancia hacia estos insectos (Méndez-Gallegos *et al.*, 2010; Soares da Silva *et al.*, 2010). Lo anterior pudiera explicar las diferencias observadas en el estudio.

Las condiciones climáticas del centro norte de México presentan un periodo de ocho meses favorable para el desarrollo de estos insectos, por lo que se estima que se podrían presentar hasta 5 generaciones de *D. opuntiae* al año; esto brinda una idea de su capacidad potencial de reproducción y la dificultad que conlleva su control cuando se desarrollan generaciones traslapadas.

La curva de supervivencia de *D. opuntiae* corresponde a una Tipo IV, de acuerdo a la clasificación de Rabinovich (1980); por otro lado, Zhang (2017) registró que en *D. coccus* la supervivencia puede alcanzar hasta 70%. Esta probabilidad se va reduciendo conforme avanza su ciclo de desarrollo hasta 13% en ninfa II y sólo 5% en el estado adulto, hasta estabilizarse al llegar a la madurez reproductiva.

Esta tendencia está asociada a la fragilidad de las ninfas migrantes que son fácilmente desprendidas y a la ausencia de la protección cerosa, la cual genera conforme el insecto se desarrolla (Rodrigo *et al.*, 2010).

La tabla de vida para hembras de *D. opuntiae* desarrolladas en cladodios de *O. ficus-indica* cv. Villanueva, muestran que la probabilidad de supervivencia (l_x), desde la infestación al estado adulto fue de 32%. Para la misma especie se han registrado valores de supervivencia de hembras superiores de 46.5% a una temperatura constante de 22.5°C (Hosking, 1984), 66% (Romero-López *et al.*, 2006) y 53% según Palafox *et al.* (2018).

Pero también se han observado valores menores a los de este estudio como es el caso del estudio de De Souza & Hoffman (2015) que informa de una supervivencia de cochinillas silvestres hembras criadas en *O. ficus-indica* de 19%. En otras especies como en *Dactylopius austrinus* se valores de supervivencia de 80%, al inicio de la reproducción a temperaturas constantes de 22.5 °C (Sullivan, 1990). En *D. coccus*, se han informado valores de supervivencia de 80% a temperaturas constantes de 20°C (Méndez-Gallegos *et al.*, 1993).

A partir de que comenzó la ovipostura (día 56), con 85 hembras adultas de *D. opuntiae*, el día en que se produjeron más ninfas fue el día 63 con 1475 huevos en el día. La hora del día con prolificidad más alta se presenta durante la noche, registrándose cerca del 66% de sus crías. Esto pudiera ser una estrategia para evitar la desecación de su progenie, dadas las condiciones secas donde se desarrollan naturalmente o bien la presencia de fototaxia negativa.

Palafox *et al.* (2018) señalan que el periodo de oviposición se puede extender hasta por 4 semanas. Rodrigo *et al.* (2010) registraron el inicio de la reproducción de *D. opuntiae* a

los 51 días después de su establecimiento, pero la reproducción mayor se observó 8 días después.

Los indicadores poblacionales de *D. opuntiae* desarrollada sobre cladodios de *O. ficus-indica* cv. Villanueva muestran que la tasa neta de reproducción (R_0), la cual muestra el crecimiento o disminución de una población de una generación a otra, presentó un valor de 26.09 y un tiempo medio generacional (T) de 63.61 d, lo que indica que la población de *D. opuntiae* se incrementa 26.09 veces cada 63.61 d. A una temperatura constante de 22°C en *Dactylopius ceylonicus*, se registraron valores de 256 y 109 d, respectivamente (Sullivan, 1990).

Es importante resaltar que la tasa intrínseca de crecimiento natural en condiciones semicontroladas está limitado solamente a la natalidad y mortalidad de los individuos de *D. opuntiae*, dado que en condiciones normales de campo esta especie es afectada por distintos factores adicionales como ambientales, la inmigración y emigración y enemigos naturales (Vanegas-Rico *et al.*, 2010).

En este estudio el número de hembras se estaría incrementando a razón de una tasa de 0.05; esto indica que la población se incrementa 5% diariamente. Palafox-Luna *et al.* (2018) registraron un valor de r_m de 0.13 casi tres veces más alto que el obtenido en esta investigación. Por su parte, en *D. coccus*, Mendez *et al.*, (2003) obtuvieron para este estadístico un valor de 0.035 a una temperatura constante de 20°C.

Al comparar este indicador con los registros para otras especies de insectos con altas tasas reproductivas, como los áfidos que presentan valores de r_m de 0.22

(La Rossa *et al.*, 2005) pueden brindar una idea del comportamiento poblacional de *D. opuntiae*. Dado a que la tasa de reproducción es mucho más baja en cochinilla silvestre que en áfidos, eso quiere decir que *Dactylopius* es menos problema que los áfidos.

1.8 CONCLUSIÓN

Los valores de duración del ciclo biológico, proporción sexual, inicio de la reproducción y tasa de incremento de la población permiten conocer que las poblaciones de *D. opuntiae* tiene todas las características de una plaga primaria.

1.9 LITERATURA CITADA

- Badii, M., H., Flores, S., & Rodríguez del Bosque, L. (2000). Tablas de vida. In: Fundamentos y Perspectivas de Control Biológico. Badii, M. H. Adriana E. Flores y Luis J. Galan W. (eds). UANL. México. pp: 155-174.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (2016). *Nopales. Diversidad Biológica*. (13 de octubre 2016). Recuperado de <http://www.biodiversidad.gob.mx /usos/nopales/nopales.html>.
- Coronado-Flores, V., Tornero-Campante, M. A. Núñez-Tovar, R., Jaramillo-Villanueva, J. L. & Méndez-Gallegos, S. de J. (2015). Productividad de cochinilla *Dactylopius coccus* (Hemiptera: Dactylopiidae) en cladodios de *Opuntia ficus-indica* (Cactacea) con diferentes productos de fertilización. *Acta Zoológica Mexicana* (n. s.), 31(2): 183-189. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0065-17372015000200005
- Cruz, D. M. (1990). Determinación de algunos aspectos biológicos de la grana o cochinilla del nopal (*Dactylopius coccus* Costa: Coccoidea: Dactylopiidae) en Chapingo, México. Tesis, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Estado de México. 71 p.
- Cuéllar, M. (2001). Reseña de “*Fundamentos y perspectivas de control biológico*” de M.H. Badii, A. E. Flores y L.J. Galan Wong (EDS.) *Ciencias UANL*, abril-junio, año/vol. IV, número 002. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México. pp. 226-228. <http://www.redalyc.org/pdf/402/40240217.pdf>
- Duarte, L., Ceballos, M., Baños, H. L., Sánchez, A., Miranda, I., & Martínez, M. D. L. A. (2011). Biología y tabla de vida de *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae) en condiciones de laboratorio. *Revista de Protección Vegetal*, 26(1):1-4. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-27522011000100001

- Flores-Hernández, A., B. Murillo-Amador, E. O. Rueda-Puente, J. C. Salazar-Torres, J.L. García-Hernández, & E. Troyo-Diéguez. (2006). Reproducción de cochinilla silvestre *Dactylopius opuntiae* (Homoptera: Dactylopiidae). *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 77(1), 97-102. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-34532006000100011&lng=es.
- Flores-Valdez, C., De Luna-Esquivel, J., Ramírez-Moreno, P., Corrales-García, J., & Ponce-Javana, P. (1995). Mercado mundial de la tuna. ASERCA, Chapingo, México.
- Foxcroft, L.C., & Hoffmann, J.H. (2000). Dispersal of *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) (Homoptera: Dactylopiidae), a biological control agent of *Opuntia stricta* (Haworth) (Cactaceae) in the Kruger National Park. *Koedoe* 43: 1-5. <https://doi.org/10.4102/koedoe.v43i2.194>
- García, F., Rojas, A., & Hernández, F. (2000). Descripción de marcadores genéticos que permiten identificar poblaciones y migraciones del parásito del nopal *Dactylopius* sp. (cochinilla silvestre). *Revista de Investigación de la Universidad Simón Bolívar*, 2, 15-19.
- Gareca, E. (1993). Experiencias del PERTT en tuna-cochinilla. *In: Memorias del III Seminario Regional de Tuna y Cochinilla*. Tarija, Bolivia. pp. 36-37.
- Gilreath, E. M., & Smith, J. W. (1987). Bionomics of *Dactylopius confusus* (Homoptera: Dactylopiidae): *Annals of the Entomological Society of America*, 80(6): 768-774. doi: [10.1093/aesa/80.6.768](https://doi.org/10.1093/aesa/80.6.768)
- González, A. B. D. J., García, A. A., Olgún, J. F. L., Rivera, A., & Martínez, V. L. (2016). Entomofauna Asociada al Nopal Verdura (*Opuntia ficus-indica* Miller) en San Andrés Cholula, Puebla, México. *Southwestern Entomologist*, 41(1), 259-266. doi.org/10.3958/059.041.0123

- Hosking, J. R. (1984). The effect of temperature on the population growth potential of *Dactylopius austrinus* De Lotto (Homoptera: Dactylopiidae) on *Opuntia aurantiaca* Lindley. *Austral Entomology*, 23(2):133-139. doi.org/10.1111/j.1440-6055.1984.tb01927.x
- Krebs, J.C. (1978). *Ecology. The experimental analysis of distribution and abundance*. Second Edition. Harper & Row, Publishers. New York, Evanston, San Francisco, London. 1-680.
- La Rossa, F., Vasicek, A., López, M., Mendy, M., & Paglioni, A. 2005. Biología y demografía de *Brevicoryne brassicae* (L.) (Homoptera: Aphididae) sobre cuatro variedades de *Brassica oleracea* L. en condiciones de laboratorio. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 34(3):105-114. <http://www.redalyc.org/pdf/864/86434307.pdf>
- Lopes, E. B., de Brito, C. H., de Albuquerque, I. C., & de Luna Batista, J. (2010). Seleção de genótipos de palma forrageira (*Opuntia* spp.) e (*Nopalea* spp.) resistentes à cochonilha-do-carmim (*Dactylopius opuntiae* Cockerell, 1929) na Paraíba, Brasil. *Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia*, 7 (1), 204-215.
- Mena-Covarrubias, J. (2013). Tecnologías de manejo integrado para los insectos plaga del nopal tunero en el Altiplano Mexicano. In C. Gallegos V., S. J. Méndez G., & C. Mondragón J. (Eds.). *Producción sustentable de la tuna*. Fundación Produce San Luis Potosí, México. pp: 127-161.
- Méndez, G. J. (1992). Tasas de supervivencia y reproducción de la grana-cochinilla *Dactylopius coccus* Costa (Homoptera: Dactylopiidae) en diferentes temperaturas. Tesis de maestría, Colegio de Postgraduados, Chapingo, Estado de México. 113 p.

- Méndez-Gallegos, S., Panzavolta, T., & Tiberi, R. (2003). Carmine cochineal *Dactylopius coccus* Costa (Rhynchota: Dactylopiidae): significance, production and use. *Advances in horticultural science*, 165-171.
- Méndez-Gallegos, S. de J., Tarango-Arámbula, L. A., Carnero, A., Tiberi, R., & Díaz-Gómez, O. (2010). Crecimiento poblacional de la cochinilla *Dactylopius coccus* Costa criada en cinco cultivares de nopal *Opuntia ficus-indica* Mill. *Agrociencia*, 44: 225-234. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952010000200011
- Méndez-Gallegos, S.J., J. Vera-Graziano, H. Bravo-Mojica, & López-Collado, J. (1993). Tasas de supervivencia y reproducción de la grana-cochinilla *Dactylopius coccus* Costa (Homoptera: Dactylopiidae) en diferentes temperaturas. *Agrociencia*, 4(1): 7-22.
https://www.academia.edu/32909057/Tasas_de_supervivencia_y_reproducci%C3%B3n_de_la_grana_cochinilla_Dactylopius_coccus_Costa_Homoptera_Dactylopiidae_a_diferentes_temperaturas
- Mendez-Gallegos, S.J., & García-Herrera, J. (2006). La tuna: Producción y diversidad. CONABIO. *Biodiversitas*, 68, 1-5.
- Moran, V. C., Gunn, B.H., & Walter, G.H. (1982). Wind dispersal and settling of first instar crawlers of the cochineal insect *Dactylopius austrianus* (Homoptera: Coccoidea: Dactylopiidae). *Ecological Entomology*, 7:409-419. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2311.1982.tb00683.x>
- Moran, V., & Cabby, B. (1979). On the life-history and fecundity of the cochineal insect, *Dactylopius austrinus* De Lotto (Homoptera: Dactylopiidae), a biological control agent for the cactus *Opuntia auriantica*. *Bulletin of Entomological Research*, 69(4):629-636. doi:10.1017/S0007485300020174
- Palafox-Luna, J. A., Rodríguez-Leyva, E., Lomelí-Flores, J. R., Viguera-Guzmán, A. L., & Vanegas-Rico, J. M. (2018). Ciclo de vida y fecundidad de *Dactylopius opuntiae*

- (Hemiptera: Dactylopiidae) en *Opuntia ficus-indica* (Caryophyllales: Cactacea). *Agrociencia*, 53:103-114. <http://www.colpos.mx/agrocien/Bimestral/2018/ene-feb/art-8.pdf>
- Pimienta, E. (1997). El nopal en México y el mundo. *Suculentas mexicanas/Cactaceas*. CONABIO-SEMARNAP-UNAM-CVS Publicaciones. México, 87.R
- Pool, R. W. (1974). *An introduction to Quantitative Ecology*. McGraw-Hill series in population biology. Tokyo, Japan. 527 p.
- Rabinovich, J. E. 1980. *Introducción a la ecología de poblaciones animales*. México. Ed. Continental. 313 p.
- Rodrigo, E., M Catalá-Oltra, & Granero, M. (2010). Estudio comparativo de la morfología y biología de *Dactylopius coccus* Costa y *D. opuntiae* (Cockerell) (Hemiptera: Dactylopiidae), dos especies presentes en la Comunidad Valenciana. *Bol. San. Veg. Plagas*, 36:23-35. http://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_Plagas%2FSVP_36_01_23_36.pdf
- Romero-López, B. E., A. Flores-Hernández, E. Santamaría-Cesar, J. C. Salazar-Torrez, M. Ramírez-Delgado, & Pedroza-Sandoval, A. (2006). Identificación, biología y adaptación de la cochinilla silvestre *Dactylopius opuntiae* (Homoptera: Dactylopiidae) a las condiciones de Bermejillo, Durango. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, 5:41-48. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=455545053006>
- Sáenz, C., y Berger, H. (2006). Utilización agroindustrial del nopal. *Food & Agriculture Organization*, 162, 1-5.
- Santibañez, W. L. (1990). Ciclo biológico, cultivo y aprovechamiento de la cochinilla del nopal *Dactylopius coccus* Costa, en el municipio de Villa Ordaz, adscrito al centro coordinador indigenista zapoteco del Valle de Oaxaca. Informe del Servicio Social de la División de Ciencias Biológicas y de la Salud. Departamento del hombre y su

ambiente. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, México, D.F. 198 p.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2016. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola (05 de septiembre 2017). Recuperado de http://nube.siap.gob.mx/cierre_agricola/.

Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria [SENASICA]. 2013. Cochinilla rosada del hibisco (*Maconellicoccus hirsutus* Green). Dirección General de Sanidad Vegetal - Programa de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria. Cd. de México. Última actualización: Febrero, 2016. Ficha Técnica. No. 6. 25 p.

Soares da Silva, M. G., Batista Dubeux, J. C., Da Silva Lagos Cortes Assis, L. C., Mota, D. L., Soares da Silva, L. L., Ferreira dos Santos, M. V., & Cordeiro dos Santos, D. (2010). Anatomy of different forage cacti with contrasting insect resistance. *Journal of Arid Environments*, 74(6):718-722. doi.org/10.1016/j.jaridenv.2009.11.003

Sullivan, P. R. (1990). Population growth potential of *Dactylopius ceylonicus* Green (Hemiptera: Dactylopiidae) on *Opuntia vulgaris* Miller. *Austral Entomology*, 29(2):123-129. doi.org/10.1111/j.1440-6055.1990.tb00333.x

Vanegas-Rico, J. M., Lomelí-Flores, J. R., Rodríguez-Leyva, E., Mora-Aguilera, G., & Valdez, J. M. (2010). Enemigos naturales de *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) en *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller en el centro de México. *Acta Zool. Mex.* (n.s.), 26(2): 415-433. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0065-17372010000200007

Vanegas-Rico, J. M., Rodríguez-Leyva, E., Lomeli-Flores, J.R., González-Hernández, H., Pérez-Panduro, A. & Mora-Aguilera, G. (2016). Biology and life history of

Hyperaspis trifurcata feeding on *Dactylopius opuntiae*. *BioControl* 61,691-701. DOI 10.1007/s10526-016-9753-0.

Vera G., J., Pinto, V. M., López, J., & Reyna, R. (2002). *Ecología de Poblaciones de insectos*. Segunda Edición. Editorial Colegio de Postgraduados ISBN-968-839-369-X. 157 pp.

Zárate, V. (2018). Evaluación del comportamiento de *Tamandua tetradactyla* ante estímulos alimentarios (insecta: Formicidae y Termitidae), su valor nutricional y su digestibilidad in vitro (Bachelor's thesis).

Zhang, Z. (2017). The life tables of *Dactylopius coccus* Costa (Homoptera: Dactylopiidae) at different temperatures and humidities. *Agriculture, Forestry and Fisheries*, 6(1): 45-48. doi: 10.11648/j.aff.20170601.16.

2. CAPITULO II. ESTRATEGIA DE CONTROL ALTERNATIVO EN DOS FASES DE DESARROLLO DE *Dactylopius opuntiae* Cockerell

2.2 RESUMEN

La productividad de los huertos de nopal (*Opuntia* spp.) para producir fruta (tuna), verdura (nopalito), forraje o cochinilla fina (*Dactylopius coccus* Costa) está frecuentemente limitada por agentes biológicos como las enfermedades y las plagas tales como la cochinilla silvestre *D. opuntiae* (Cockerell). En ataques severos, el insecto puede causar pérdidas económicas importantes por necrosis, pudriciones e incluso la muerte del cladodio o de la planta. A pesar de su incidencia y los daños mencionados no existen estrategias efectivas para el control del insecto. Actualmente, se utilizan insecticidas no autorizados y sin una evaluación previa de su efectividad, lo que puede derivar en contaminación al ambiente y daños a la salud de productores y consumidores. Para tratar de resolver esta problemática se evaluó la efectividad biológica de diversos productos alternativos sobre la mortalidad de dos estados de desarrollo *D. opuntiae*, bajo condiciones semicontroladas. La aplicación de productos como jabones y productos formulados mostraron un efecto detrimental sobre *D. opuntiae*. El producto a base de jabón ZOTE® al 4% causó 83.3% de mortalidad en ninfas de segundo ínstar y 67.2% de hembras adultas. El detergente Axion Complete® al 4% provocó 80% mortalidad de ninfas de segundo ínstar, pero resultó menos efectivo contra adultas al eliminar sólo el 54.4%. Los resultados obtenidos con estos productos, podrían ser considerados para evaluaciones en campo y así determinar si representan una herramienta efectiva dentro de las estrategias de manejo de esta plaga.

Palabras clave: nopal, plagas, detergentes como insecticidas.

2.3 ABSTRACT

The productivity of cactus orchards (*Opuntia* spp.) for producing fruit (prickly pear), vegetable (nopalito), forage or fine cochineal (*Dactylopius coccus* Costa) is frequently limited both by biological agents such as diseases, and pests such as wild cochineal *D. opuntiae* (Cockerell). In severe attacks, the insect can cause significant economic losses due to necrosis, decay, and even the death of the cladode or plant. Despite its incidence and damages, there are no effective strategies for insect control. Currently, unauthorized insecticides are used without a prior evaluation of their effectiveness, which can lead to environmental pollution and health damage of both producers and consumers. To try to solve this problem, the biological effectiveness of several alternative products on the mortality of two stages of development, *D. opuntiae*, was evaluated under semicontrolled conditions. The application of products such as soaps and formulated products showed a detrimental effect on *D. opuntiae*. The 4% ZOTE® soap-based product caused 83.3% mortality in second-instar nymphs, and 67.2% of adult females. The 4% Axion Complete® detergent caused 80% mortality of second-instar nymphs, but was less effective against adults by eliminating only 54.4%. The results obtained with these products could be considered for field evaluations and thus to determine if they represent an effective tool for this pest's management strategies.

Key words: cactus, pests, detergents as insecticides.

2.4 INTRODUCCION

Dactylopius opuntiae (Cockerell) (Hemiptera: Dactylopiidae) fue descrita por primera vez por Cockerell en 1896, con ejemplares provenientes de Guanajuato, México (De Lotto, 1974). Esta pertenece a la familia Dactylopiidae la cual es monogénica e incluye nueve especies: *Dactylopius austrinus*, *D. ceylonicus*, *D. coccus*, *D. confertus*, *D. confusus*, *D. opuntiae*, *D. salmianus*, *D. tomentosus* y *D. Zimmenanni* (Claps & de Haro, 2001), aunque recientemente se han agregado dos más, *D. bassi* (Ben-Dov, 2001) y *D. gracilipilus* (Van Dam & May, 2012). De éstas, cinco especies se ubican en México (Chávez-Moreno *et al.*, 2009) y seis en Argentina (Diodato *et al.*, 2004).

D. opuntiae es un insecto endémico de norte y centroamérica (Chávez-Moreno *et al.*, 2009; Carneiro-Leao *et al.*, 2017) que ha sido dispersado por el hombre a los cinco continentes. En Brasil existen registros de su presencia desde 1974; pero su explosión poblacional se presentó en 2001 (Torres & Giorgi, 2018); en la Comunidad Valenciana en España, se detectó por primera vez en 2010 (Rodrigo *et al.*, 2010), en el 2012 en Líbano (Moussa & Azar, 2017); también se tienen registros de su presencia en Israel (Spodek *et al.*, 2014) y en Marruecos (Bauharround *et al.*, 2016). Dada su alta dispersión geográfica se le considera ya una especie cosmopolita y primaria para el nopal (Cruz-Rodríguez *et al.*, 2016; González *et al.*, 2016; Vanegas-Rico *et al.*, 2016).

Esta se ha descrito como una especie con una alta especificidad contra *Nopalea* (Salm-Dyck) y *Opuntia* (Mill.), actualmente se le puede considerar como una especie de alta versatilidad en su capacidad adaptativa pues se le ha registrado en 17 especies diferentes de los géneros ya mencionados (Chávez-Moreno *et al.*, 2011).

Características tales como su fecundidad y supervivencia alta (Palafox *et al.*, 2017); la presencia de ácido carmínico en su cuerpo, una antraquinona que le confiere propiedades antialimentarias y defensivas (Eisner *et al.*, 1980; Eisner *et al.*, 1994; Pérez-Ramírez *et al.*, 2014), que incluso puede prevenir infecciones por entomófagos (Pankewitz & Hilker, 2008); y la protección de una cubierta algodonosa que cubre

totalmente el cuerpo de las hembras que le permite soportar condiciones adversas (Moran & Hoffmann, 1987), la han convertido en un fitófago de importancia económica para el nopal en todas aquellas zonas donde se encuentra presente, ya sea de forma natural o silvestre o bien introducido accidental o intencionalmente.

El hábito alimenticio del insecto al extraer la savia del floema (Wang & Nobel, 1995) de las partes comerciales de la planta (tuna o nopalito), las hace no aptas al mercado (Pérez-Ramírez *et al.*, 2014). Asimismo, ataques severos puede causar clorosis que deriva en un debilitamiento que aprovechan patógenos oportunistas (fungosis y bacteriosis) para sumar daños a la planta a tal punto que le pueden causar la muerte (González *et al.*, 2016) cuando se presentan altas infestaciones (Torres & Giorgi, 2018).

A pesar de que Gaona (2001)) señala que el control químico de la cochinilla puede llevarse a cabo cuando 30% de los cladodios de la planta contienen 10 o más colonias de *D. opuntiae*, este umbral de acción poco se ha aplicado en México. Por facilidad, desconocimiento y probablemente falta de apoyo técnico especializado sobre el control fitosanitario.

El manejo de la cochinilla silvestre en huertos de nopal sigue siendo con productos químicos de amplio espectro y de alta toxicidad sin los cuidados que se requieren (Pretorius *et al.*, 1992; Aldana-Madrid *et al.*, 2008; Cruz-Rodríguez *et al.*, 2016). Respecto al control químico, la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios [COFEPRIS], (2016) tiene autorizado sólo cuatro productos para ser empleados en nopal: BIODIE® (i.a agemonina+berberina+ricinina+a-terthienil), PROGRANIC NIMICIDE 80® (i.a extracto de aceite de neem), PROGRANIC CINNACAR (i.a extracto de canela) y SEVIN XLR 480 SA (i.a carbarilo).

En México y a nivel internacional, particularmente en Brasil, donde *D. opuntiae* es responsable de la pérdida de una quinta parte de la superficie con nopal (Torres & Giorgi, 2018), desde su detección entre 1999 y 2000 (Almeida *et al.*, 2011), se han venido

generando y aplicando diversas medidas de control que buscan minimizar el impacto económico (Lopes *et al.*, 2018) y reducir las colonias de *D. opuntiae*, muchas de las cuales no han tenido el éxito esperado, sobre todo cuando se transfieren a condiciones de campo.

Mena-Covarrubias (2010) menciona que la medida más importante que se debe considerar al momento de planear una nueva plantación es la prevención, empezando desde la selección del material de propagación y seleccionando, adecuadamente el sitio donde se va a establecer. En Brasil se está implementando actualmente, a través del Agronomic Institute of Pernambuco (IPA por sus siglas en inglés), un programa para la selección, mejoramiento e introducción de genotipos resistentes (Soares da Silva *et al.*, 2010).

Otra medida de control ha sido el empleo de agentes entomopatógenos tales como *Fusarium incarnatum-equiseti* (Da Silva Santos *et al.*, 2015; Carneiro-Leao *et al.*, 2017) con algunos resultados promisorios de bajo costo y ecológicamente amigables. No obstante, se requiere mejorar sus presentaciones, ajustar concentración y equipos de aplicación, así como las formulaciones para mejorar su efectividad biológica. Aunado a esto también se han implementado barreras sanitarias para prevenir su infestación en áreas libres (Torres & Giorgi, 2018).

Estudios previos destacan algunas alternativas al uso de insecticidas (Vanegas-Rico *et al.*, 2016) que pueden ser empleados en el manejo de *D. opuntiae*, cuya utilización representa menor costo y bajo impacto ecológico; además de presentar una alta efectividad y selectividad. Entre éstas destacan: el empleo de enemigos naturales (Pacheco-Rueda *et al.*, 2011; Vanegas-Rico *et al.*, 2010; Vanegas-Rico *et al.*, 2016); de aceites vegetales tales como aceite de oliva, canola y reciclados (Cuevas-Salgado *et al.*, 2015); detergentes biodegradables, Roma® y Peak Plus® (Palacios-Mendoza *et al.*, 2004); extractos botánicos tales como la rotenona, piretro, y extracto vegetal de marrubio (Vázquez-García *et al.*, 2011); así como extractos acuosos de *Argemone mexicana* y

jabón (Pérez-Gaspar *et al.*, 2009), entre otros; aceites esenciales como repelentes (Getahun, 2016) e incluso los mismo extractos de *D. opuntiae* también demostraron que pueden repeler e inhibir el establecimiento de nuevas colonias de *Dactylopius* (Pérez-Ramírez *et al.*, 2014). Asimismo, existen en el mercado algunos extractos y nuevos productos químicos con mayor selectividad y efectividad en el mercado, pero que requieren ser validados, antes de ser recomendados a los productores.

Vale la pena destacar que el control biológico, mediante enemigos naturales, se ha documentado en algunos artículos científicos; por ejemplo, el díptero "*Leucopis* spp." y de coccinélidos como "*Cryptolaemus* spp." o "*Hyperaspis* spp.", pero las tasas de reproducción de la cochinilla son tan altas, que no resultan efectivos dado el alto nivel poblacional que tienen en el nopal y la sincronización de los ciclos "enemigo natural-plaga" (Vanegas-Rico *et al.*, 2010).

Otra estrategia de control ampliamente difundida, aunque no menos drástica es el control mecánico eliminando las colonias de insectos mediante el barrido o cepillado o a través de prácticas culturales que consiste en eliminar, cladodios, brazos o plantas completas (Palacios-Mendoza *et al.*, 2004).

Cómo alternativa al control químico y mecánico de la cochinilla silvestre del nopal, y con el propósito generar una tecnología que permita reducir los riesgos a la salud de los productores y consumidores, en esta investigación se evaluó la efectividad biológica de cinco productos no convencionales sobre la mortalidad de dos estados de desarrollo de *D. opuntiae*.

2.5 MATERIALES Y MÉTODOS

2.5.1 Área de estudio

El trabajo se realizó durante el periodo comprendido de noviembre de 2017 a febrero de 2018, en el Laboratorio Agua-Suelo-Plata en el *Campus* San Luis Potosí del Colegio de Postgraduados en Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México (**Figura 2.1**); ubicado a 22°37'55.66" latitud norte y 101°42'42.96" longitud oeste y a 2078 msnm.

2.5.2 Material biológico

La simiente inicial de *D. opuntiae* se obtuvo a partir de colonias de hembras adultas colectadas en una nopalera para la producción de forraje, ubicada en el campo experimental "La Huerta" del Colegio de Postgraduados *Campus* San Luis Potosí. La colonia empleada para los bioensayos se mantuvo en condiciones semicontroladas en un invernadero en las instalaciones del mismo *Campus* San Luis Potosí.



Figura 2.1 Laboratorio Agua-Suelo-Planta del Colegio de Postgraduados *Campus* San Luis Potosí, Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México, 2017.

Para la cría del insecto se utilizaron cladodios individuales de *Opuntia ficus-indica* cv. Rojo Pelón, de entre seis y ocho meses de edad y de un largo uniforme (40 cm aproximadamente). Los cladodios se limpiaron cuidadosamente para eliminar polvo, espinas y otros residuos; también para reducir el riesgo de introducción de enemigos naturales de la cochinilla o fitófagos de la misma planta a la unidad de cría.

2.5.3 Proceso de infestación

A partir de la progenie (ninfas neonatas) generadas de la colonia inicial de *D. opuntiae*, se infestaron los cladodios utilizados en los bioensayos, mediante el método de “penca o planta infestadora”, el cual consiste en colocar los cladodios sanos y no infestados sobre pencas conteniendo colonias previamente infestadas y en fase reproductiva (**Figura 2.2**).



Figura 2.2 Técnica infestación utilizada “penca o planta infestadora” con algunas modificaciones para los cladodios de *Opuntia ficus indica* cv Villanueva en condiciones semicontroladas de invernadero, Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México, 2017.

Los cladodios a infestar permanecieron expuestos durante un periodo de 48 h. Posteriormente, se retiraron y se colocaron en cajas de madera y se cubrieron con una malla fina a fin de asegurar su fijación y evitar el ingreso de enemigos naturales. Este proceso se repitió cada 15 días para contar con cohortes de diferente edad y disponer de insectos en diferentes etapas de desarrollo para ser utilizadas en los bioensayos (**Figura 2.3**).



Figura 2.3 Sistema de cría de *Dactylopius. Opuntiae* (Cockerell) y protección de los cladodios infestados, en condiciones de invernadero, Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México, 2018.

2.5.4 Recopilación de información para la selección de productos contra *D. opuntiae*

Para acopiar información relacionada a los productos y técnicas empleadas para el control de *D. opuntiae* en las diferentes regiones productoras de tuna y nopalito, se realizaron entrevistas no estructuradas a productores y técnicos. Esta información se complementó recabando y sistematizando información de diversas fuentes como: tesis, artículos, literatura especializada, folletos y manuales relacionados al manejo y control de *D. opuntiae*. Posteriormente, se analizó y ordenó en una base de datos, a fin de facilitar su manejo y visualización.

2.5.5 Proceso de selección de productos y concentraciones

Como resultado de la información recopilada, se realizaron pruebas preliminares con 33 productos diferentes (Anexo 1). Cada uno de estos productos se preparó de acuerdo a la

recomendación contenida en la etiqueta o en base a la información proporcionada por los mismos entrevistados. Para ello, se preparó una solución en un volumen de 1 L. y su aplicación se llevó a cabo por medio de un aplicador manual (atomizador). Los productos se aplicaron únicamente a hembras adultas de *D. opuntiae* para probar su efectividad.

En la selección final de los productos se tomaron también en consideración los siguientes criterios y su valor específico:

- Relación costo/beneficio (40%)
- Fitotoxicidad (20%)
- Especificidad (20%)
- Disponibilidad del producto y facilidad de manejo (20%)

De esta preselección y tomando en consideración aquellos productos que obtuvieron los valores mayores de mortalidad, los productos seleccionados y concentraciones, se muestran en el **Cuadro 2.1** y **Figura 2.4**.

Cuadro 2.1 Productos seleccionados, características y concentraciones aplicadas en el control de *Dactylopius opuntiae* (Cockerell).

Nombre comercial	Ingrediente principal	Categoría	Concentración aplicada	Disolvente	Volumen /aperción
Zote®	Estereatos de sodio y/o potasio	Jabón	1 % 2 % 4 % 8 %	1000 mL de Agua destilada+ 1 cm ³ de Inex-A®	5.76 mL s ⁻¹
Axion Complete®	Alquil sulfanato de sodio y/o magnesio	Detergente	1 % 2 % 4 % 8 %	1000 mL de Agua destilada+ 1 cm ³ de Inex-A®	5.76 mL s ⁻¹
BioDie®	Argemonina, Berberina, Ricinina y a-Terthienyl	Insecticida	2 mL 4 mL 8 mL 16 mL	1000 mL de Agua destilada + 1 cm ³ de Inex-A®	5.76 mL s ⁻¹
Fitonosade	***	Solución	2 mL 4 mL 8 mL 16 mL	1000 mL de Agua destilada+ 1 cm ³ de Inex-A®	5.76 mL s ⁻¹
PRONAGRANIC NIMICIDE 80®	Aceite de neem (<i>Azadirachta indica</i>)	Insecticida	2 mL 4 mL 8 mL 16 mL	1000 mL de Agua destilada + 1 cm ³ de Inex-A®	5.76 mL s ⁻¹

*** Se desconocen ingredientes

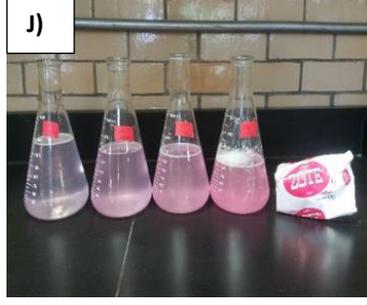
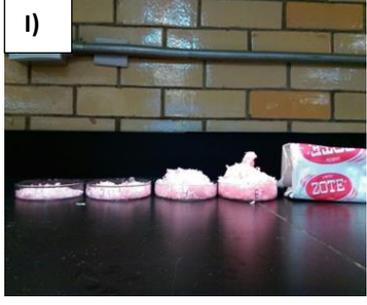
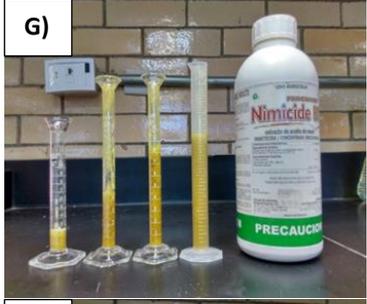
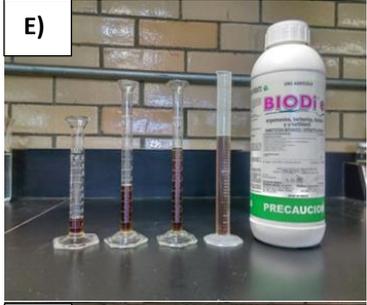
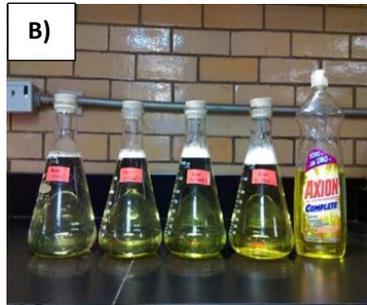


Figura 2.4 Productos seleccionados para evaluar el efecto de mortalidad sobre *Dactylopius opuntiae* en condiciones de laboratorio

Para cada una de las dosificaciones probadas se utilizó un testigo absoluto, constituido por agua destilada + surfactante Inex-A® (1 cm³). Cabe resaltar, que a todas las formulaciones realizadas se les agregó 1 cm³ del surfactante Inex-A®, con la finalidad de asegurar y/o mejorar la efectividad de los productos donde se requiere una cobertura mayor y una humectación (penetración).

2.5.6 Procedimiento experimental

Para realizar las aplicaciones de los diferentes productos y concentraciones, se emplearon porciones de cladodio que contuvieran ninfas de segundo ínstar y hembras adultas de *D. opuntiae* en fase pre-reproductiva. Para ello, el cladodio se dividió en fracciones de aproximadamente 10x10 cm, considerando que cada una contuviera 15 individuos (**Figura 2.5**). Posteriormente, las porciones se colocaron en cajas Petri donde se clasificaron por claves, para así llevar un control estricto de los bioensayos. Las proporciones tratadas se mantuvieron en condiciones de laboratorio, sin control de temperatura ni humedad, donde la temperatura promedio fue 17°C.



Figura 2.5 Porciones de nopal conteniendo individuos de *Dactylopius opuntiae* en condiciones de laboratorio.

Los productos y concentraciones evaluados se aplicaron por aspersión dirigida mediante una bomba manual con capacidad de 1.5 L (SWISS MEX®) (**Figura 2.6**). Esta se calibró previamente para estimar el volumen aproximado de descarga por aplicación. El volumen calculado por aplicación fue de 5.76 mL s^{-1} . También se lavó previo a la aplicación de cada producto, utilizando agua destilada.



Figura 2.6 Bomba de aplicación utilizada para los productos seleccionados sobre *Dactylopius. Opuntiae* (Cockerell) en el laboratorio.

Previamente, con la finalidad de evaluar el cubrimiento homogéneo de la aspersion en la unidad experimental, así como conocer la densidad de gotas del producto a aplicar se empleó papel Kromekote® (papel hidrosensible) de la marca Syngenta® (**Figura 2.7**).

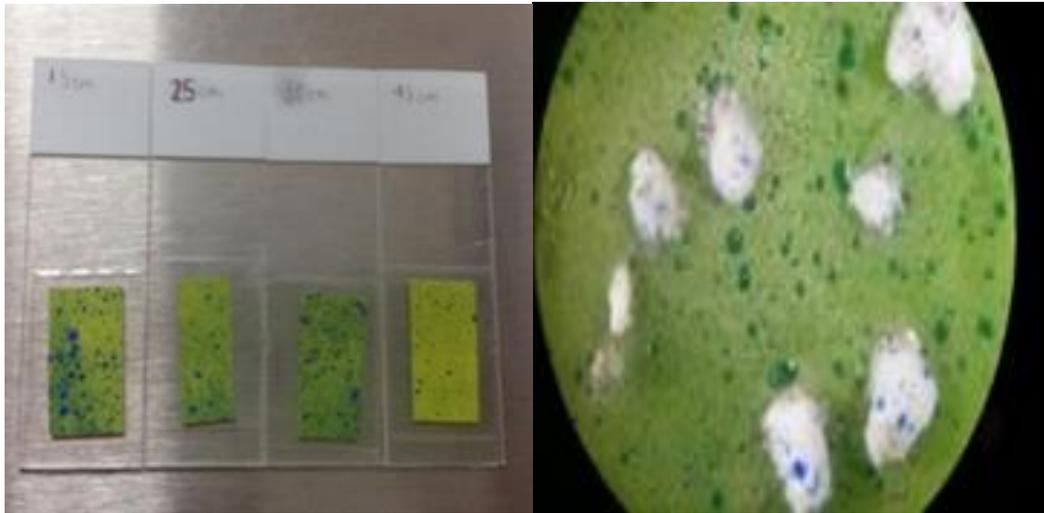


Figura 2.7 Papel Kromekote® (papel hidrosensible) de la marca Syngenta® (lado izquierdo) utilizado para la evaluación de la distribución de pulverización de la bomba y determinar el tamaño de gota sobre *Dactylopius opuntiae* (lado derecho).

También se probaron diferentes distancias de aplicación (15, 25, 30 y 45 cm) resultando que la distancia adecuada para realizar la aplicación de los productos fue a 30 cm, dado que mostró una mejor cobertura y distribución.

Después de realizar la aspersion se calculó la cantidad promedio de gotas que cayeron en cuatro diferentes zonas del papel Kromekote®; estas zonas se tomaron al azar, repitiendo el conteo 10 veces, para estimar el número promedio de gotas que pueden caer en cada individuo.

2.5.7 Unidad experimental

La unidad experimental consistió en una porción de nopal conteniendo 15 individuos en dos etapas de desarrollo: ninfas de segundo ínstar o hembras adultas de *D. opuntiae* (**Figura 2.8**), de cada uno de los productos se tuvieron tres repeticiones y un testigo.



Figura 2.8 Unidad experimental utilizada para el desarrollo del bioensayo en el laboratorio para evaluar el efecto de los productos sobre *Dactylopius opuntiae* (Cockerell).

2.5.8 Efectividad de los productos aplicados

Para determinar la efectividad (%) de cada uno de los productos se calculó el promedio de ninfas de segundo ínstar y hembras adultas muertas a 1, 2, 3 y 6 días después de la aplicación del producto (DDA), respectivo. Esto se verificó mediante el conteo visual, en cada una de las unidades experimentales, utilizando un estereoscopio binocular marca Leica KL200 LED. De igual manera se observó la posible aparición de síntomas de fitotoxicidad en la sección del cladodio, mediante el cambio de la coloración en el tejido vegetal para cada producto. Para considerar el efecto letal directo, como resultado de la acción de cada producto, se consideraron las siguientes características:

- Pérdida de turgencia del cuerpo
- Cuerpo contraído y seco
- Sin respuesta al contacto
- Excreción de hemolinfa

Para ajustar la mortalidad (%) de cada una de las unidades experimentales en los diferentes tiempos de evaluación se utilizaron las fórmulas siguientes:

1) Tiertó (1994)

$$\%M = \frac{NIMT}{NTIT} * 100$$

%M: porcentaje de mortalidad

NIMT: número de insectos muertos en el producto

NTIT: número total de insectos en el producto

2) Abbott (1925)

$$MC = \frac{MTr - MTe}{100 - MTe} * 100$$

MC: mortalidad corregida

MTr: mortalidad del producto

MTe: mortalidad del control

2.5.9 Análisis de datos

Para determinar la efectividad biológica de los productos y las concentraciones, se empleó un diseño factorial con un arreglo completamente al azar, considerando como factores principales: productos (un jabón, un detergente, dos insecticidas y una solución), concentraciones (en dosis crecientes de producto) y reportando cuatro días de efectividad biológica (reportando un día adicional a otros autores). La variable de respuesta fue: mortalidad de individuos de *D. opuntiae*, representada en % a partir de una colonia de 15 individuos en dos estados de desarrollo: ninfa de segundo ínstar y hembras adultas. La comparación entre medias de mortalidad se realizó mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$), a fin de detectar posibles diferencias de mortalidad entre los productos y dosis específicos mediante InfoStat-Statistical Software®.

2.6 RESULTADOS

2.6.1 Evaluación de mortalidad de ninfas y adultas de *Dactylopius opuntiae*

2.6.1.1 Mortalidad de ninfas de segundo ínstar de *D. opuntiae*

Se encontró un efecto significativo de los factores principales: Productos, Concentración y Días después de la aplicación [DDA], así como en las interacciones DDA*Producto, Concentración*Producto y DDA*Concentración.

Respecto a las ninfas de segundo ínstar de *D. opuntiae*, en el **Cuadro 2.2** se observan tres grupos bien definidos, los cuales resultaron con diferencias estadísticas, independientemente de la concentración de cada uno de los productos aplicados. En el primer grupo destacan aquellos que mostraron una efectividad superior en el control Axion: Complete® y ZOTE®, con 57% y 55% de mortalidad, aunque no existe diferencia entre ellos; BioDie® obtuvo un valor intermedio con 43% de mortalidad y el tercer grupo estuvo integrado con los productos Fitonosode y PROGRANIC NIMICIDE 80® quienes presentaron los valores más bajos, con valores que apenas superaron 20% de mortalidad.

Cuadro 2.2 Mortalidad (%) provocada por la aplicación de cinco productos contra ninfas de segundo ínstar de *Dactylopius opuntiae* (Cockerell).

Productos	Mortalidad (%)	Agrupación Tukey
Fitonosode	20.11	A
PROGRANIC NIMICIDE 80®	22.89	A
BioDie®	43.56	B
Axion Complete®	55.89	C
ZOTE®	57.44	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$)
DMS=5.73226

Respecto a las concentraciones se registró una respuesta lineal positiva, conforme se incrementa la concentración, el porcentaje de mortalidad de *D. opuntiae* aumenta de 28% a 59%, de esta manera la concentración uno (1 ml/L o 2 ml/L) y dos (2 ml/L o 4 ml/L) presentan diferencias estadísticas con respecto a la concentración 0 (testigo). En cambio, las concentraciones tres (4 ml/L o 8 ml/L) y cuatro (8 ml/L o 16 ml/L), son iguales entre ellas, pero diferentes estadísticamente a las otras concentraciones aplicadas. Es importante destacar que a la concentración tres ya está controlando más del 50% de las ninfas; lo anterior evidencia que se hace innecesaria llegar a la aplicación de 8 ml/L o 16 ml/L, dado que a concentraciones intermedias ya se registran valores promedio de mortalidad superiores al 40% y un aumento en ellas no se refleja en un aumento de en la efectividad biológica de los productos (**Cuadro 2.3**).

Cuadro 2.3 Mortalidad (%) de ninfas de segundo ínstar de *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) derivada de la aplicación de diferentes concentraciones de cinco productos.

Concentración	Mortalidad (%)	Agrupación Tukey
0	12.67	A
1	28	B
2	43.33	C
3	56.78	D
4	59.11	D

Medias con la misma letra son significativamente similares ($P \leq 0.05$)
DMS=5.73226

En relación a los tiempos de evaluación registrados (DDA) se observó que conforme avanza el periodo de observación se presenta una mortalidad más alta. Aunque resalta que sólo 24 h después de aplicados los productos, la mortalidad ya es mayor a 20% (**Cuadro 2.4**). Es necesario resaltar que los valores promedio de mortalidad más altos se presentan durante las primeras 48 h y los cambios en valor porcentual tienden a ser menores conforme avanza el periodo de observación; tal es el caso entre los 3 y los 6

días donde la diferencia es solo de 8%, lo cual denota la reducción paulatina del efecto **(Cuadro 2.4)**.

Cuadro 2.4 Mortalidad (%) registrada de cinco productos sobre ninfas de segundo ínstar de *Dactylopius opuntiae* (Cockerell), de acuerdo a los días después de la aplicación (DDA).

DDA	Mortalidad (%)	Agrupación Tukey
1	21.69	A
2	32.36	B
3	48.98	C
6	56.89	D

Medias con la misma letra son significativamente similares ($P \leq 0.05$)
DMS=4.82802

La **Figura 2.10** muestra las tendencias observadas respecto a la interacción Concentración*Producto, en ella se puede destacar que el producto que registró la efectividad superior fue el jabón ZOTE®, dado que consistentemente conforme se incrementa la concentración los valores promedio de mortalidad aumentan de 53.89% en la concentración uno a 83.3% en la dosis tres. Una tendencia similar se observó con el detergente Axion Complete®. Sin embargo, estos dos últimos productos tienden a estabilizarse o bien a reducir su efectividad a partir de la concentración. Vale la pena destacar que cuando se aplica la concentración más baja de ZOTE®, ya se registran valores de mortalidad superiores a 50%, denotando una alta efectividad a baja dosis. La efectividad biológica más baja en términos de mortalidad se obtuvo con la aplicación de Fitonosode, el cual presentó el valor más alto a la concentración dos con 28.3%, para posteriormente reducir su eficacia en las concentraciones tres y cuatro. Una respuesta interesante se registró en los extractos PROGRANIC NIMICIDE 80® y BioBie®, dado que a pesar de que mostraron porcentajes bajos de mortalidad a concentraciones bajas, conforme se elevaba la concentración, aumentaba su efectividad de control. Considerando este comportamiento se tendría que ampliar el espacio de exploración de concentraciones para determinar mejor su efectividad. La concentración que mostró los

valores más altos de mortalidad, independientemente del producto aplicado fue la tres **(Figura 2.9)** y con respecto al control.

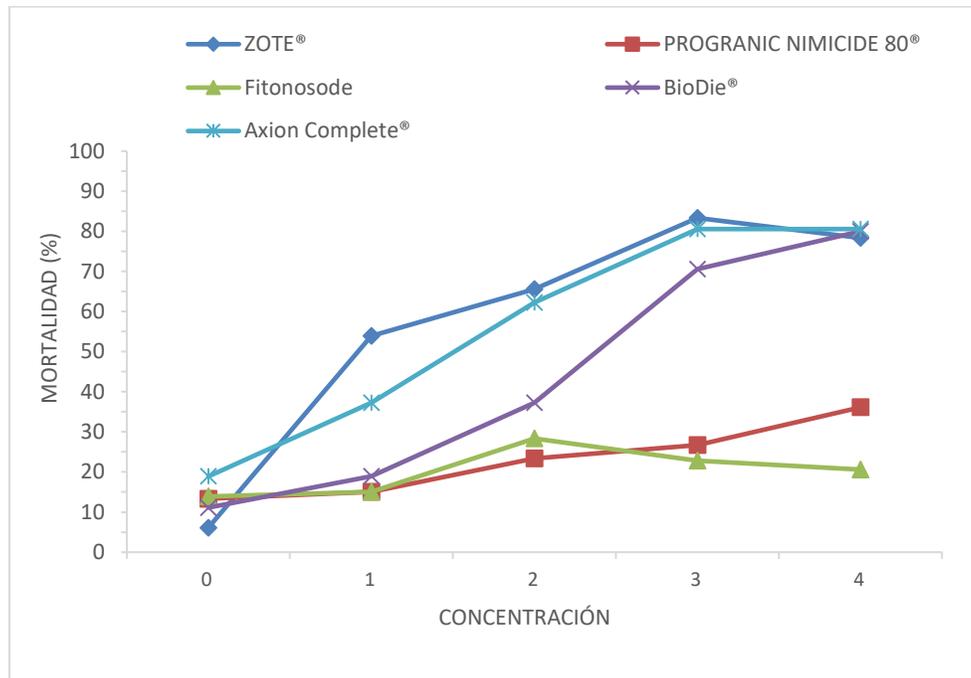


Figura 2.9 Mortalidad (%) sobre ninfas de segundo ínstar *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) obtenida de la interacción Concentración*Producto. Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México. 2018.

Para la interacción de DDA*Productos, con excepción de BioDie®, se registró una tendencia general que todos los productos muestran una efectividad superior, en función de la mortalidad, conforme transcurre el periodo de evaluación **(Figura 2.10)**. Se observaron diferencias marcadas, respecto a los valores promedio de mortalidad generados. De manera constante los productos que obtuvieron el control más satisfactorio durante el periodo evaluado fueron Axion Complete® y ZOTE® con valores muy similares de 74.6 % y 73.7%, respectivamente, a los seis DDA. Resulta de interés destacar que ambos productos lograron controlar más de 45% de las ninfas de segundo ínstar de *D. opuntiae* al segundo DDA. También vale la pena destacar que a pesar de

que el PROGRANIC NIMICIDE 80® no obtuvo los valores más altos de mortalidad, se observó que los valores de mortalidad se incrementan de manera constante, por lo que es posible que siga manteniendo tu efectividad más allá del periodo en observación. Esta tendencia no se registró con BioDie®, dado que a partir de los tres DDA se redujo su efectividad.

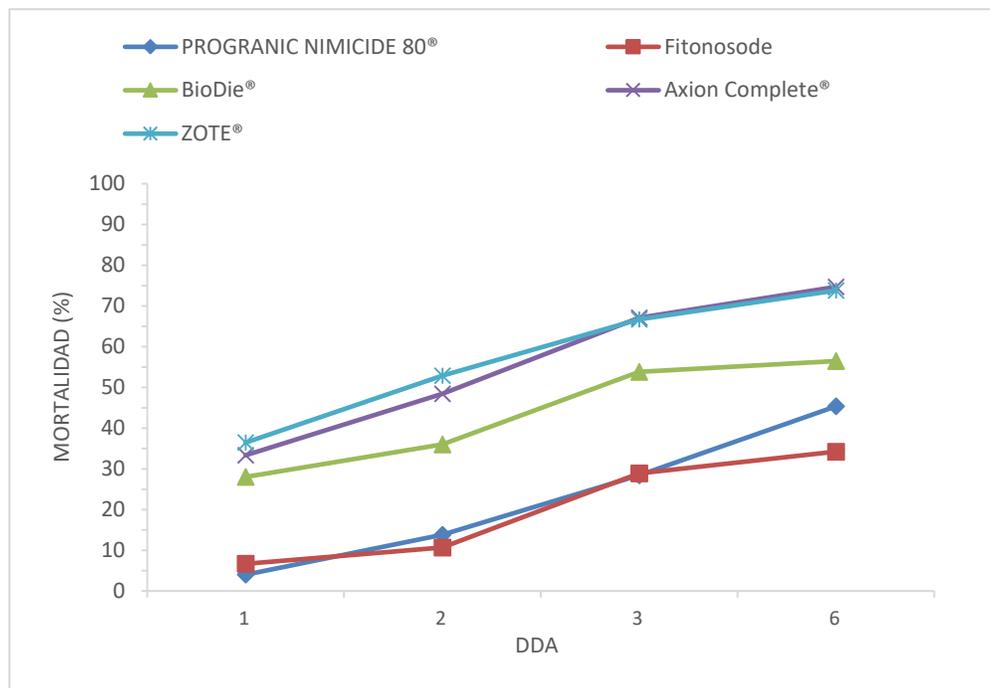


Figura 2.10 Mortalidad (%) de ninfas de segundo instar de *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) obtenida de la interacción Días después de la aplicación (DDA)*Producto. Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México. 2018.

En relación a la interacción de DDA*Concentración, en la **Figura 2.11** se detalla una tendencia que la mortalidad resultó mayor en aquellas concentraciones altas, conforme transcurre el tiempo de evaluación, dado que las concentraciones tres y cuatro obtuvieron los valores más altos de supervivencia con 77.33% y 84.89%, respectivamente (**Figura 2.11**). En consecuencia, la concentración más baja resultó en valores inferiores de

mortalidad. No obstante, vale la pena resaltar que la concentración dos, de forma constante incrementa su control linealmente conforme transcurre el tiempo.

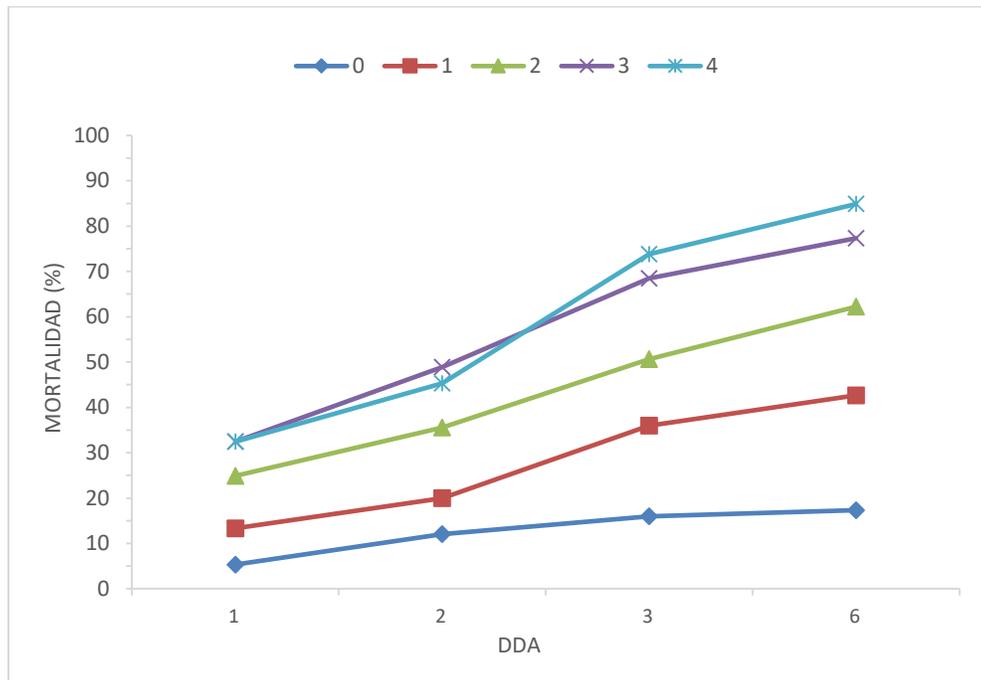


Figura 2.11 Mortalidad (%) de ninfas de segundo ínstar de *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) obtenida de la interacción Días*Concentración después de la aplicación (DDA). Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México. 2018

2.6.1.2 Mortalidad de hembras adultas de *D. opuntiae*

De manera similar a lo registrado en ninfas de segundo ínstar, los resultados del análisis estadístico muestran que existe efecto significativo de Productos, Concentración aplicada y DDA en control de adultas de *D. opuntiae*. Asimismo, se detectó que existe una respuesta diferencial en las tres interacciones Concentración*Productos, DDA*Producto y DDA*Concentración.

Consistentemente el jabón ZOTE® ocasionó la mortalidad más alta, en comparación al resto de los cuatro productos, con valores cercanos a 40%; por su parte, Axion Complete® también generó valores altos de mortalidad con 31% (**Cuadro 2.4**). El resto de los productos obtuvieron valores de mortalidad inferiores a 13%, destacando entre ellos, PROGRANIC NIMICIDE 80® y Fotonosode, los cuales solo pudieron controlar 2.6% y 3.8% de adultas de *D. opuntiae* (**Cuadro 2.4**).

Cuadro 2.5 Mortalidad (%) de hembras adultas de *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) debido a la aplicación de cinco productos. Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México. 2018

Producto	Mortalidad (%)	Agrupación Tukey
PROGRANIC NIMICIDE 80®	2.67	A
Fitonosode	3.89	A
BioDie®	13.78	B
Axion Complete®	31.33	C
ZOTE®	39.56	D

Medias con la misma letra son significativamente similares ($P \leq 0.05$)

DMS=5.42481

En cuanto a las concentraciones que se aplicaron, hubo una respuesta lineal positiva, que confirma que cuando la concentración se incrementa causa una mortalidad más alta. Las concentraciones superiores tres y cuatro obtuvieron los porcentajes más altos de mortalidad con 29.7 y 32%, respectivamente, aunque no hubo diferencia estadística entre ambos productos; esto indica que es posible recomendar la concentración tres ya que causa similar efecto que a concentraciones mayores (**Cuadro 2.5**).

Cuadro 2.6 Mortalidad (%) de hembras adultas de *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) derivada de la aplicación de diferentes concentraciones de cinco productos. Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México. 2018.

Concentración	Mortalidad (%)	Agrupación Tukey
0	3.78	A
1	7.89	A
2	17.78	B
3	29.78	C
4	32	C

Medias con la misma letra son significativamente similares ($P \leq 0.05$)
DMS=5.42481

Respecto a los DDA probados en el **Cuadro 2.6**, se puede observar diferencias estadísticas en los cuatro intervalos de observación realizados. También es posible observar que conforme transcurre el tiempo entre los muestreos realizados la mortalidad de hembras adultas de *D. opuntiae*, tiende a incrementarse ya que esta osciló de 8.0% a 29.1% a las 24 h y seis días después de la aplicación de los productos, respectivamente.

Cuadro 2.7 Mortalidad (%) de hembras adultas de *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) debido a la aplicación de cinco productos a diferentes tiempos de evaluación. Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México. 2018.

DDA	Mortalidad (%)	Agrupación Tukey
1	8.09	A
2	13.96	B
3	21.78	C
6	29.16	D

Medias con la misma letra son significativamente similares ($P \leq 0.05$)
DMS=4.56907

Para la interacción entre la Concentración*Producto, el producto a base de jabón ZOTE®, aplicado a concentraciones tres y cuatro, presentó los valores de mortalidad más altos con 66.1% y 67.2%, respectivamente, aunque no hubo diferencias estadísticas entre

ambas concentraciones; asimismo, resultaron iguales estadísticamente, en comparación al producto de Axion Complete® concentración tres (**Figura 2.12**). Vale la pena destacar que ZOTE® a partir de la concentración dos, puede reducir más del 40% de la población de adultas de *D. opuntiae*. Tanto el PROGRANIC NIMICIDE 80® como Fitonosode, obtuvieron los porcentajes de mortalidad más bajos, siendo la concentración tres donde registraron valores de 1.1% y 2.2 %, respectivamente. Respecto al producto de BioDie® se observa una línea de tendencia positiva que al aumentar la concentración también se incrementa su efectividad biológica. Esto implica que las dosis pueden ser incrementadas para asegurar una mejor respuesta. De manera general, es posible considerar que la aplicación a dosis bajas es posible lograr un control de adultas de *D. opuntiae*.

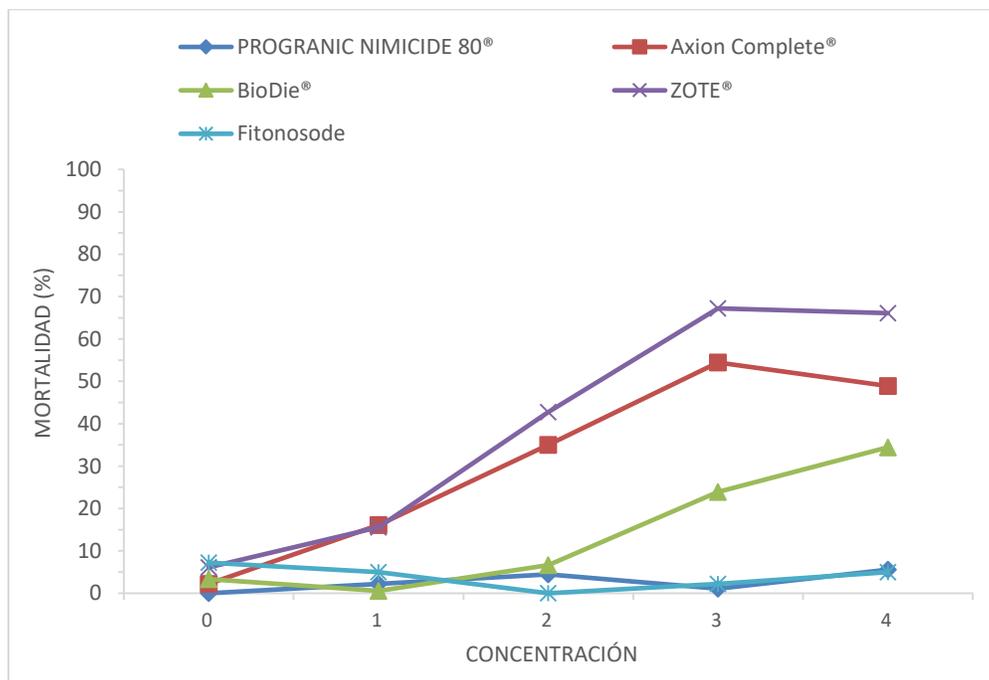


Figura 2.12 Mortalidad (%) de hembras adultas de *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) resultado de la interacción Concentración*Producto de cinco productos. Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México. 2018

En lo que refiere al efecto de interacción DDA*Producto, los resultados muestran que los productos ZOTE® (58.67%) y Axion Complete® (54.22%), a los seis días después de la aplicación, presentaron valores de mortalidad sin diferencia (**Figura 2.13**). De acuerdo a la tendencia ascendente que se presenta en ambos productos es posible que tuvieran un mayor efecto residual, después del periodo de observación. También, es necesario resaltar que estos dos productos pueden controlar más del 20% de las hembras adultas de *D. opuntiae* a partir del día uno, sobre todo el producto a base de jabón ZOTE®. Los productos PROGRANIC NIMICIDE 80® y Fitonosode, no lograron controlar más de 7% de hembras adultas de *D. opuntiae*, en ninguno de los periodos de observación (**Figura 2.13**).

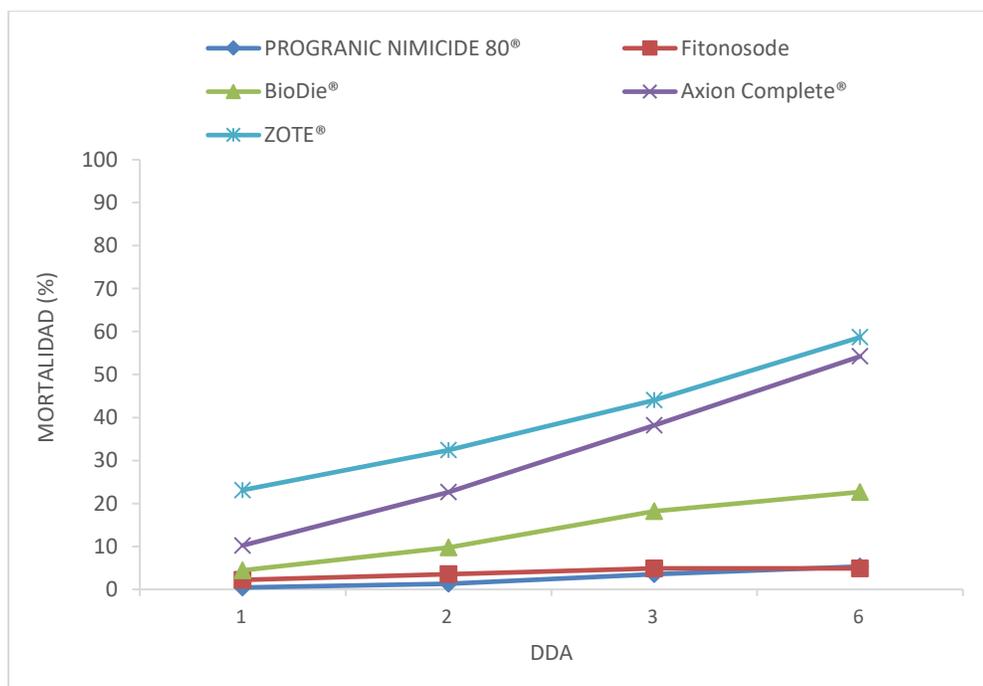


Figura 2.13 Mortalidad (%) sobre hembras adultas de *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) resultado de la interacción Días después de la aplicación y producto (DDA*Producto). Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México. 2018.

En relación a la interacción de DDA*Concentración, las dosis tres y cuatro al sexto día lograron obtener valores de mortalidad de hembras adultas de *D. opuntiae* de entre 46.2 y 52.2%, respectivamente (**Figura 2.14**). En contraste, consistentemente concentraciones bajas causaron valores más bajos de mortalidad, por ejemplo, la concentración uno solo logró controlar 12% de adultas de *D. opuntiae* al sexto día después de la aplicación de los productos.

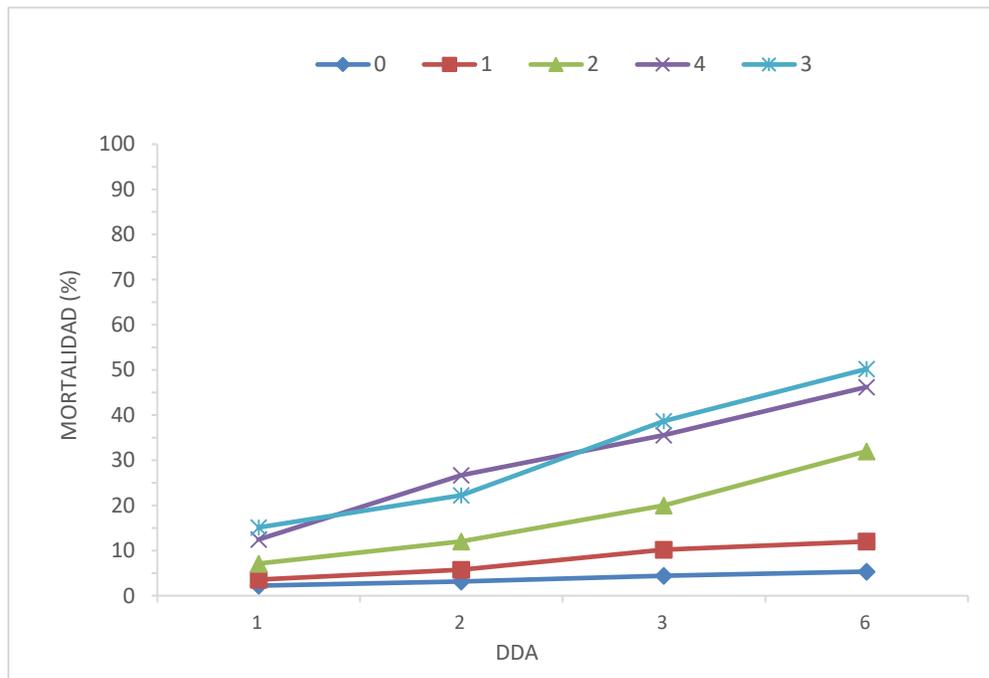


Figura 2.14 Mortalidad (%) sobre hembras adultas de *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) obtenida de la interacción Días después de la aplicación (DDA)*Concentración. Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México. 2018.

2.7 DISCUSIÓN

Dactylopius opuntiae es considerada la especie más agresiva (Paterson *et al.*, 2011) y el principal factor limitante en la producción de nopal en Brasil (Borges *et al.*, 2013), donde ha causado la pérdida de 100,000 ha desde su introducción (Lopes *et al.*, 2009). Los resultados obtenidos en la presente investigación, bajo condiciones de laboratorio, indican que los productos evaluados para el control de *D. opuntiae* resultaron más efectivos en ninfas de segundo ínstar (39.9%) que en hembras adultas (18.2%), ya que en promedio eliminaron el doble de individuos jóvenes.

Consistentemente, los productos ZOTE® y AXION Complete® controlaron más eficientemente ambos estados de desarrollo. En contraste, los productos Fitonosode y PROGRANIC NIMICIDE 80®, no resultaron eficientes en el control de ambos estados de desarrollo; por su parte, BioDie® se mantuvo entre estos dos grupos con valores intermedios. Resultados similares obtuvieron Cuevas *et al.* (2015) al probar aceites vegetales para el control de *D. opuntiae* ya que las ninfas resultaron más susceptibles que las adultas.

Lopes *et al.* (2018) observaron una respuesta diferencial de los productos aplicados, en función del estado de desarrollo de *D. opuntiae*, ya que los extractos de *Libidibia ferrea* var. *Ferrea* causaron una mortalidad más alta en adultas (97%) que en ninfas de segundo ínstar (81%); mientras, los extractos de *Agave sisalana* solo controlaron adultas, con valores que oscilaron entre 51 a 97%; el control más eficiente de ambos estados se obtuvo con el insecticida clorpirifós.

Por su parte, Rangel-Estrada *et al.* (2013) al probar diferentes productos químicos y biológicos determinaron que Suprathion® (1.0 L ha⁻¹), Lorsban 480® (1.5 L ha⁻¹) y Break Thru® (2.5 mL L⁻¹ de agua) resultaron eficaces al controlar 75, 75 y 72%, respectivamente.

Se observó una tendencia similar respecto a las concentraciones de cada producto evaluadas, dado que en promedio las dosis aplicadas eliminaron 100% más individuos de *D. opuntiae* en fase juvenil que en el estado adulto, lo que brinda una idea de la susceptibilidad de los estadios tempranos, ya que las mismas concentraciones ejercen un mejor control.

Palacios-Mendoza *et al.* (2004) al aplicar un detergente y un producto misceláneo, observaron un efecto lineal positivo; es decir, conforme se incrementa la concentración de éstos la mortalidad se eleva. Lo anterior coincide con lo reportado por Lopes *et al.* (2018) al determinar que la efectividad de extractos vegetales es directamente proporcional al incremento de la concentración.

Borges *et al.* (2013) encontraron que detergente neutral al 5% mostró una efectividad en el control de *D. opuntiae*, a dosis bajas (1 y 2.5%) puede ejercer control cuando existe baja densidad del insecto. De igual manera, Lopes *et al.* (2009) encontraron que el aceite de naranja tuvo una efectividad superior al 90%, a partir de concentraciones superiores al 3%. Lo anterior sugiere que, en la selección y aplicación de una medida de control, es necesario considerar el estado de desarrollo de los insectos y en función de ello seleccionar el producto más adecuado.

No obstante, dado que en condiciones de campo se encuentran, por lo general, generaciones traslapadas se podría optar por seleccionar un producto que exhiba un control eficiente de adultas, a fin de asegurar también la eliminación de los estados juveniles.

Respecto a la mortalidad registrada en los diferentes tiempos de muestreo realizados (DDA) se observó que la efectividad es más alta a los tres días después de la aplicación de los productos; sin embargo, ésta tiende a disminuir o estabilizarse a los seis días; esto podría indicar la posibilidad de que los productos presenten una actividad residual baja.

Por lo anterior, para llevar a cabo un control más eficiente, es necesario realizar aplicaciones repetidas, tal y como lo recomiendan, Palacios-Mendoza *et al.* (2004), sobre todo considerando que el modo de acción de los jabones es indirecto, al eliminar la cera del insecto, permitiendo a los factores físicos actuar directamente sobre el cuerpo del insecto, provocando su desecación y deshidratación. También, Torres & Giorgi (2018) recomiendan repetir aplicaciones semanales con materiales alternativos en caso de que la plaga permanezca presente.

El producto que presentó la efectividad biológica más alta en el control de ninfas y hembras adultas de *D. opuntiae* fue el jabón ZOTE®, al aplicarse a una concentración de 4%, dado que eliminó 83.3% de ninfas de segundo ínstar y 67.2% de hembras adultas. Una tendencia similar registró el detergente Axion Complete®, ya que también provocó el control de 80% de ninfas, pero resultó menos efectivo contra adultas al eliminar sólo el 54.4%, a la misma concentración que el producto anterior.

Estos valores de mortalidad se pueden considerar alentadores si se toma en cuenta que Palacios-Mendoza *et al.* (2004) registraron una mortalidad cercana al 50% con el producto Peak Plus en ninfas de segundo ínstar de *D. opuntiae*. Por su parte, De Brito *et al.* (2008) obtuvieron valores de efectividad en el control de *D. opuntiae* al emplear jabón y detergente al 5% de entre 83.8 y 89%, respectivamente. Asimismo, Santos *et al.* (2015) encontraron valores de mortalidad de entre 61 y 100% al evaluar diferentes extractos acuosos y etanólicos.

Es importante destacar que, durante las cuatro evaluaciones realizadas, el producto Axion Complete® y ZOTE® mostraron una excelente acción residual en ninfas de segundo ínstar y adultas de *D. opuntiae* ya que lograron reducir cerca de 74 y 73% de ninfas y 54 y 58% de adultas de la población, respectivamente, al sexto día después de que se aplicaron los productos. Ambos productos se destacan tanto por su efecto inmediato como por su persistencia, ya que éste se acentúa conforme transcurren los

días de su aplicación. También, es necesario resaltar que ZOTE® tuvo un efecto inmediato, pues controló 36.4% de ninfas y 23% de adultas durante las primeras 24 h luego de su aplicación.

Las ninfas de segundo ínstar y hembras adultas de *D. opuntiae* fueron más sensibles a concentraciones superiores de cada uno de los productos aplicados; la concentración más alta redujo la población de cochinillas seis DDA con valores de mortalidad de 85% y 50% para ninfas y adultas, respectivamente. A pesar de esto, y considerando que *D. opuntiae* puede recuperar su cubierta protectora en menos de cinco días, después de la primera aplicación de detergentes, Palacios-Mendoza *et al.* (2004) recomendó repetir la aspersión para incrementar su efectividad.

De manera similar, Pérez-Gaspar *et al.* (2009) recomiendan aplicar Zote a dosis de 100 g de jabón por cada 15 L de agua y repetir la aplicación tres veces con intervalos de 8 días. Resultados similares encontraron Fitiwy *et al.* (2016) en *D. coccus*, al obtener valores de mortalidad de entre 54 y 71%, con la aplicación de jabones, registrando un efecto mayor a las 24 h después de su aplicación. En todo caso quizás su efecto potencial más importante está relacionado a dejar expuesto el cuerpo del insecto favoreciendo que la aplicación de cualquier otro producto sea más efectiva. Lo anterior ha quedado demostrado al aplicarse en combinación con insecticidas causa un mayor impacto (Fitiwy *et al.*, 2016).

Aunque los resultados con el jabón ZOTE® y el detergente Axion Complete® resultaron alentadores en este estudio, es recomendable verificar su respuesta en campo, dado que las condiciones climatológicas y las características propias de cada huerto y cultivar de nopal, así como la especie de cochinilla pueden influenciar la respuesta. Asimismo, dado que se evaluaron productos comerciales no existe información suficiente sobre la composición porcentual, por lo que se requieren análisis posteriores, para determinar cuál o cuáles ingredientes causan el efecto deletéreo de la cochinilla.

El producto de Fitonosode utilizado en este trabajo no resultó eficaz sobre la mortalidad de *D. opuntiae*, a pesar de que se ha venido recomendando por su efectividad en algunas regiones de Michoacán y Guanajuato. A pesar de su recomendación local, en su etiqueta no especifica los ingredientes activos de su formulación. PROGRANIC NIMICIDE 80® un concentrado emulsionable a base de aceite de neem (*Azadirachta indica*), de acuerdo a su etiqueta, está recomendado a dosis de 3 L ha⁻¹ y se deben realizar tres aplicaciones al follaje, a intervalos de 7 días.

A pesar de que en su composición se señala que ya contiene 20% de coadyuvante la etiqueta recomienda, para asegurar un control adecuado, agregar un coadyuvante a razón de 0.5 ml L⁻¹ de agua. La efectividad media de este producto podría estar relacionado a que éste viene recomendado para el control de *D. coccus*, cuya estructura lipídica es diferente a *D. opuntiae*. Otro aspecto a considerar que el último muestreo se realizó a los cinco días, por lo que de acuerdo a la recomendación podría mantener su efecto por dos días más, con lo cual su efectividad podría ser aún mayor; de hecho, la línea tendencia de la mortalidad así lo demuestra.

Por su parte el BioDie®, un insecticida botánico que actúa por contacto e ingestión, cuyos principios activos son extractos de Argemonina, Berberina, Ricinina y a-Terthienyl, al igual que el producto anterior mostró una efectividad intermedia. A pesar de que la COFEPRIS lo incluye dentro de los productos autorizados para emplearse en nopal, en la etiqueta viene recomendado particularmente para el control de insectos de cuerpo blando, tales como: mosca blanca, áfidos, escamas, trips y paratrioza pero no para cochinilla. Debido a ello su efectividad media puede estar relacionada a que no es específico para utilizarse en el control de *D. opuntiae*.

De manera general, el modo de acción de los jabones no está claramente definido; es posible que causen la muerte por deshidratación o bien pueden obstruir los espiráculos. Para un mejor efecto la aspersión tiene que tocar el cuerpo del insecto, también es necesario considerar que los jabones no tienen acción residual y una vez que se secan,

después de aplicados ya no tienen ningún efecto; por ello, deben ser aplicados por la mañana o tarde (O´Farrill-Nieves, 2003). De Brito *et al.* (2008) señalan que *D. opuntiae* presenta una capa cerosa resistente a la acción de las condiciones adversas del clima y productos químicos, pero el jabón en polvo y el detergente tienen el potencial de diluir la capa cerosa que protege a las hembras; éstas quedan expuestas a la radiación solar intensa, provocando su muerte por deshidratación.

Asimismo, Lopes *et al.* (2018) resaltan que los productos aplicados causaron una degradación de la capa cerosa protectora de ninfas y adultas de *D. opuntiae*, causando la deshidratación y su muerte posterior. En concordancia con lo anterior, en este estudio el efecto directo de los productos evaluados estuvo asociado a la disolución de la capa cerosa, causando deshidratación de ninfas y adultas, tal y como se aprecia en la **Figura 2.15**.

De ahí la importancia que al aplicar una medida de control se empleen sustancias que degraden esa capa, debido a que tiene la propiedad de repeler soluciones acuosas (Flores-Hernández *et al.*, 2006). Un segundo efecto directo puede estar relacionado con el taponamiento de los espiráculos.



Figura 2.15 Hembra adulta de *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) muerta por la aplicación del Axi3n Complete® al sexto día, después de su aplicación. Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México, 2018.

Finalmente, y contrariamente a lo observado por Pretorius *et al.* (1992) no se detectaron daños evidentes por toxicidad aun a concentraciones altas de los productos; no obstante, se ha observado que cuando se usa jabón, las plantas de nopal son más susceptibles al ataque de la enfermedad conocida como mal del oro (Mena-Covarrubias, 2009), por lo que es recomendable evaluar su efecto en condiciones de campo, así como el impacto sobre la fauna benéfica.

Investigaciones previas señalan que el empleo de algunos jabones y detergentes tienen efectos letales sobre *Baccha* sp. a dosis de 0.7% (Lopes *et al.*, 2009); mientras, otros resaltan su inocuidad (De Brito *et al.*, 2008; Fitiwy *et al.*, 2016). Sin duda, su gran ventaja es que el detergente puede ser menos dañino con las poblaciones de enemigos naturales (Borges *et al.*, 2013).

A pesar de lo anterior, actualmente, las prácticas que se utilizan para el manejo de las poblaciones de *D. opuntiae*, en la mayoría de las zonas productoras de nopal, se sustentan en una combinación de control cultural, mecánico y químico. Diferentes insecticidas sintéticos se han estado utilizando en nopal para el control de *D. opuntiae* (Pretorius *et al.*, 1992; Badii & Flores, 2001; Luna-Vázquez *et al.*, 2012; Rangel-Estrada *et al.*, 2013; Angeles-Núñez *et al.*, 2014); sin embargo, este método no ha resultado el más eficiente, dado que, derivado de su uso no racional, se han presentado explosiones poblacionales del insecto (Cruz-Rodríguez *et al.*, 2016).

En este sentido habría que retomar la experiencia brasileña, donde se impulsó un programa de control químico a base de insecticidas sintéticos (neonicotinoides, organofosforados y carbamatos) pero diferentes aspectos relacionados con la toxicidad, logística y los costos, entre otros, causaron diversos problemas que desalentaron su uso masivo (Torres y Giorgi, 2018). Adicionalmente, su empleo conlleva otros efectos colaterales tales como contaminación al ambiente, fitotoxicidad, daños a la salud y limitan la comercialización de los productos del nopal a nivel internacional (Rangel-Estrada *et al.*, 2013; Vanegas-Rico *et al.*, 2016).

Considerando que no existen plaguicidas autorizados para su uso en nopal y que se carece de límites máximos de residuos (LMRs) de los ingredientes activos usados en el control de plagas (Meraz, 2012; Rangel-Estrada *et al.*, 2013), resulta prioritario que las dependencias oficiales correspondientes realicen los estudios necesarios, emitan regulaciones y recomienden los productos autorizados.

Lo anterior permitiría prevenir los casos de rechazos del mercado internacional de productos del nopal por contener residuos de plaguicidas no autorizados (Aldana-Madrid *et al.*, 2008; Angeles-Núñez *et al.*, 2014). De igual manera en el Codex para nopal (Codex Stan 185,1993) se exponen las disposiciones relativas a calidad y presentación, así como de marcado o etiquetado e higiene del producto; sin embargo, no establece ni especifica

la concentración permisible de contaminantes, tales como residuos de plaguicidas (Aldana-Madrid *et al.*, 2008).

Aunque no se tienen documentados los rechazos de cargamentos de nopal por contaminación de insecticidas, si existen alertas sanitarias derivadas de contaminación biológica. En un primer caso la Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos (FDA, por sus siglas en inglés), en 2013 documentó la presencia de residuos de clorpirifós etílico en un cargamento de nopal producido en Chihuahua (Angeles-Núñez *et al.*, 2014).

Otro caso documentado fue la publicación de una nota publicada por el Departamento de Salud Pública del Estado de California (CDPH, por sus siglas en inglés), el 16 de febrero de 2014, advirtiendo el peligro del consumo de nopal proveniente de México ante la presencia de monocrotofos (5.8 ppm) plaguicida organofosforado prohibido desde el año 1989. También, la oficina de Aduana y Protección Fronteriza de EUA, impuso cuarentena al nopal que cruza de Sonora a Arizona por ser portador de *Paromius dohrnii*. <http://sinavef.senasica.gob.mx/Alertas/inicio/pages/single.php?noticia=84>. Derivado de lo anterior, el Gobierno Mexicano a través del Servicio Nacional de Sanidad Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) estableció e impulsó un programa de reducción de riesgos sanitarios en nopal a partir de 2015. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257726/PlandeAccionNopal2014.pdf>.

En este contexto, considerando los problemas directos e indirectos que conlleva la utilización de productos químicos se requiere de una acción concertada para desarrollar e implementar estrategias de control alternativas a los insecticidas convencionales que permitan reducir sus impactos nocivos, aplicar medidas de control efectivas, de bajo costo y fácilmente reproducibles por los productores, contra la cochinilla silvestre del nopal. Entre éstas destacan el empleo de jabones y detergentes (Aldana *et al.*, 2008; Meraz, 2012, Borges *et al.*, 2013), que permitiría recuperar los mercados, pues su empleo podría

hacerse en plena cosecha de nopalito o fruta (Palacios-Mendoza *et al.*, 2004). Además de no causar impactos ambientales, fitotoxicidad, no causar riesgos a la salud, la aplicación de estos productos tiene la particularidad de dejar limpios cladodios y plantas, mejorando el aspecto estético de la planta, lo que no ocurre con otros productos (De Brito *et al.*, 2008). Pero vale la pena resaltar, que al igual que para otros productos aplicados en aspersión, se tienen altos requerimientos de agua lo cual resulta importante, sobre todo, ante la presencia de los periodos de sequía típicos de las zonas semiáridas (Torres & Giorgi, 2018)

Considerando lo anterior y tomando en cuenta que empleo de jabones y detergentes podría coadyuvar a eliminar o reducir el número de aplicaciones de insecticidas, o bien incluso mezclarse con algunos de ellos para aumentar su efectividad, se debe continuar evaluando productos, y hacer pruebas de campo para saber si es posible integrarlos en propuestas de manejo integrado de de *D. opuntiae*.

2.8 CONCLUSIONES

1. En condiciones de laboratorio los productos a base de jabón ZOTE® y el detergente Axión Complete® presentaron efectividad biológica en el control de ninfas II y hembras adultas de *D. opuntiae*.
2. El jabón ZOTE®, al 4%, eliminó 83.3% de ninfas de segundo ínstar y 67.2% de hembras adultas. El detergente Axion Complete®, al 4%, provocó 80% de mortalidad de ninfas de segundo ínstar, pero resultó menos efectivo contra adultas al eliminar el 54.4%.
3. Los resultados obtenidos en esta investigación, requieren de su validación antes de ser recomendados a los productores.

2.9 LITERATURA CITADA

- Aldana-Madrid, M. L.; García M., M. del C., Rodríguez O., G., Silveira G., M. I., & Valenzuela Q., A. I. (2008). Determinación de insecticidas organofosforados en nopal fresco y deshidratado. *Fitotecnia Mexicana*, 31(2), 133-139. <https://www.revistafitotecniamexicana.org/documentos/31-2/6a.pdf>
- Almeida de A. A., Agra da Silva, R., Laurenco de A. W., Barreto de O., A. V., & Teles L., D. (2011). Problemas fitossanitários causados pela cochonilha do carmim a palma forrageira no cariri ocidental paraibano. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, Grupo Verde de Agricultura Alternativa (GVAA)*, 6(3), 98-108. <http://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/743>
- Angeles-Núñez, J. G., Anaya-López, J. L., Arévalo-Galarza, M. L. Leyva-Ruelas, G., Anaya R., S., & Martínez-Martínez, T. O. (2014). Análisis de la calidad sanitaria de nopal verdura en Otumba, Estado de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(1),129-141. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342014000100011
- Badii, M. H., & Flores, A. E. (2001). Prickly pear cacti pests and their control in México. *Florida Entomologist*, 84(4), 503-505. doi: 10.2307/3496379
- Ben-Dov, Y., & S. Marotta. (2001). Taxonomy and family of placement *Coccus bassi* of Targioni Tozzetti, 1867. (Hemiptera:Coccoidea). *Phytoparasitica*, 29 (2), 169-170. doi: 10.1007/BF02983961
- Borges, L.R., Santos, D.C., Gomes, E.W.F., Cavalcanti, V.A.L.B., Silva, I.M.M., Falcão, H.M., & da Silva, D.M.P. (2013). Use of biodegradable products for the control of *Dactylopius opuntiae* (Hemiptera: Dactylopiidae) in cactus pear. *Acta Hortic.*, 995, 379-386. doi: [10.17660/ActaHortic.2013.995.49](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2013.995.49)

- Bouharroud, R., Amarraque, A., & Qessaoui, R. (2016). First report of the *Opuntia* cochineal scale *Dactylopius opuntiae* (Hemiptera: Dactylopiidae) in Morocco. *EPPO Bulletin*, 46 (2), 308-310. <https://doi.org/10.1111/epp.12298>
- Carneiro-Leão, M. P, Vieira Tiago, P., Vieira Medeiros, L., Costa, A. F., & Tinti de Oliveira, N. (2017). *Dactylopius opuntiae*: control by the *Fusarium incarnatum–equiseti* species complex and confirmation of mortality by DNA fingerprinting. *Journal of Pest Science*, 90:925-933. doi: 10.1007/s10340-017-0841-4.
- Chávez-Moreno, C.K., Tecante, A., & Casas, A. (2009). The *Opuntia* (Cactaceae) and *Dactylopius* (Hemiptera: Dactylopiidae) in Mexico: a historical perspective of use, interaction and distribution. *Biodivers Conserv.*, 18, 3337. doi.org/10.1007/s10531-009-9647-x.
- Chávez-Moreno, C. K., A. Tecante, A. Casas & Claps, L. E. (2011). Distribution and habitat in México of *Dactylopius* Costa (Hemiptera: Dactylopiidae) and their cacti host. *Neotropical Entomology*, 40(1): 62-71. Obtenido de: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-566X2011000100009
- Claps, L. E., & de Haro, M. E. (2001). Coccoidea (Insecta: Hemiptera) associated with Cactaceae in Argentina. *J. Prof. Assoc. Cactus Dev*, 4, 77-83.
- CODEX, S. 185 (1993). Norma del CODEX para el nopal.
- Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios [COFEPRIS], (2016). [Consulta de registros sanitarios de Plaguicidas y Nutrientes Vegetales](#). Consultado 13-04-2018 en: <http://189.254.115.252/Resoluciones/Consultas/ConWebRegPlaguicida.asp>
- Cruz-Rodríguez, J.A., González-Mochorro, E., Villegas-González, A. A., Rodríguez-Ramírez, M.L., & F. Mejía L. (2016). Autonomous biological control of *Dactylopius*

opuntiae (Hemiptera: Dactylopiidae) in a prickly pear plantation with ecological management. *Environmental Entomology*, 1-7. doi:10.1093/ee/nvw023.

Cuevas-Salgado, M. I., Castañeda-Templos, F. A., & C. Romero-Nápoles. (2015). Aceites vegetales comestibles como alternativa de control para cochinilla silvestre del nopal *Dactylopius opuntiae* Cockerell (Hemiptera: Dactylopiidae), bajo condiciones de campo. *Bol. Soc. Mex. Ento.* (nueva serie), Número especial 1, 64–70. [http://www.socmexent.org/revista/boletin/2015Julio/064%20\(64-70\).pdf](http://www.socmexent.org/revista/boletin/2015Julio/064%20(64-70).pdf)

Da Silva Santos, A.C., Soares, O. R. L., Da Costa, A. F., Vieira, T. P., & N.T. de Oliveira. (2015). Controlling *Dactylopius opuntiae* with *Fusarium incarnatum–equiseti* species complex and extracts of *Ricinus communis* and *Poincianella pyramidalis*. *J. Pest Sci.*, 89(2), 539-547. <https://doi.org/10.1007/s10340-015-0689-4>

De Brito, C. H., Lopes, E. B., Albuquerque, L. C., & Batista, J. L. (2008). Avaliação de produtos alternativos e pesticidas no controle da cochonilha-do-carmim. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, 8,1–5. <http://joaootavio.com.br/bioterra/workspace/uploads/artigos/1avaliacao-51816dab62e16.pdf>

De Lotto, G. (1974). On the status and identity of the cochineal insects (Homoptera: Coccoidea: Dactylopiidae). *Journal of the Entomological Society of Southern Africa*, 37(1), 167-193.

Diodato, L., Iturre, M., & Paz, M. E. (2004). Especies de *Dactylopius* en Argentina y factores que inciden en su producción. *Revista de Ciencias Forestales - Quebracho*, 11,67-72. <http://fcf.unse.edu.ar/archivos/quebracho/07-diodato-q11.pdf>

Eisner, T., Nowicki, S., Goetz, G., & Meinwald. J. (1980). Red cochineal dye (carminic acid): its role in nature. *Science*, 208(4447), 1039-1042. doi: 10.1126/science.208.4447.1039

- Eisner, T., Ziegler, R., McCormick, J. L., Eisner, M., Hoebeke, E. R., & Meinwald, J. (1994). Defensive use of an acquired substance (carminic acid) by predaceous insect larvae. *Experientia*, 50, 610-615. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8020623>
- 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* (Homoptera: Dactylopiidae). *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 77, 97–102. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-34532006000100011
- Fitiwy, I., Gebretsadkan, A., & Araya, A. (2016). Management of cochineal (*Dactylopius coccus* Costa) insect pest through botanical extraction in Tigray, north Ethiopia. *Journal of Drylands*, 6(2), 499-505. https://www.researchgate.net/publication/313862365_MANAGEMENT_OF_COCHINEAL_Dactylopius_coccus_Costa_INSECT_PEST_THROUGH_BOTANICAL_EXTRACTION_IN_TIGRAY_NORTH_ETHIOPIA
- Gaona G., E. (2001). *Principales plagas del nopal tunero*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Fundación PRODUCE Aguascalientes. Folleto para productores No. 29. 16 p.
- Getahun, Y. W. (2016). Efficacy of natural oils from eucalyptus species against cochineal insect. *International Journal of Engineering Development and Research*, 4(3), 738-746. <https://www.ijedr.org/papers/IJEDR1603121.pdf>
- Gobierno de México (gob.mx). 2014. Consultado 23-04-18. en: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257726/PlandeAccionNopal2014.pdf>

- González, A. B. D. J., García, A. A., Olguín, J. F. L., Rivera, A., & Martínez, V. L. (2016). Entomofauna asociada al nopal verdura (*Opuntia ficus-indica* Miller) en San Andrés Cholula, Puebla, México. *Southwestern Entomologist*, 41(1), 259-266. doi.org/10.3958/059.041.0123.
- Lopes, E. B. De Brito, C. H., De Albuquerque, C. V., & De Luna, B. J. (2009). Desempenho do óleo de laranja no controle da cochonilha-docarmim em palma gigante. *Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal*, 6(1), 252-258. <http://ferramentas.unipinhal.edu.br/engenhariaambiental/include/getdoc.php?id=503&article=197&mode=pdf>.
- Lopes, R. S., Oliveira L. G., Costa, A. F. Correia, M.T. S., Lima, Luna-Alves, E. A., & Lima, V. L. M. (2018). Efficacy of *Libidibbia ferrea* var. *ferrea* and *Agave sisalana* extracts against *Dactylopius opuntiae* (Hemiptera: Coccoidea). *Journal of Agricultural Science*, 10(4), 255-267. doi: <https://doi.org/10.5539/jas.v10n4p255>
- Luna-Vázquez, J., Zegbe-Domínguez, J.A., Mena-Covarrubias, J., & Rivera-Lozano, M.T. (2012). *Manejo de plantaciones de nopal tunero en el Altiplano Potosino*. Folleto para Productores No. MX-0-310305-32-03-17-10-59. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Centro de Investigación Regional del Noreste Campo Experimental San Luis. 23 p. ISBN 978-607-425-884-4.
- Mena-Covarrubias, J. (2009). Bases para desarrollar un programa de manejo integrado contra las plagas y las enfermedades del nopal. *Revista Salud Pública y Nutrición*. Publicación especial, 2, 37-53. <http://respyn2.uanl.mx/especiales/2009/ee-02-2009/documentos/03.pdf>.
- Mena-Covarrubias, J. (2010). Alternativas de control biológico de plagas del nopal. *Revista Salud Pública y Nutrición*, 5,93-108. <http://respyn2.uanl.mx/especiales/2010/ee-05-2010/documentos/08.pdf>.

- Meraz M., N. (2012). Atmósferas modificadas en modalidad de microperforado, enterobacterias y residuos de plaguicidas en nopal verdura (*Opuntia ficus indica* L.). Tesis de Doctora en Ciencias. Programa de Fitosanidad, Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo de México. México. 194 p. <http://www.remeri.org.mx/tesis/INDIXE-TESES.jsp?type=3&search2=Tesis%20de%20Doctorado&search=COLPOS&ind=376&step=25&order=1&asc=0>
- Moran, V. C., & Hoffmann, J. H. (1987). The effects of simulated and natural rainfall on cochineal insects (Homoptera: Dactylopiidae): colony distribution and survival on cactus cladodes. *Ecological Entomology*, 12(1), 61-68. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2311.1987.tb00984.x>
- Moussa, Z., Yammouni, D., & Azar, D. (2017). *Dactylopius opuntiae* (Cockerell, 1896), a new invasive pest of the cactus plants *Opuntia ficus-indica* in the South of Lebanon (Hemiptera, Coccoidea, Dactylopiidae). *Bulletin de la Société Entomologique de France*, 122(2), 173-178. https://www.researchgate.net/publication/320765051_Dactylopius_opuntiae_Cockerell_1896_a_new_invasive_pest_of_the_cactus_plants_Opuntia_ficus-indica_in_the_South_of_Lebanon_Hemiptera_Coccoidea_Dactylopiidae
- O´Farrill-Nieves, H. 2003. *Insecticidas Biorracionales*. Universidad de Puerto Rico / Recinto de Mayagüez. Colegio de Ciencias Agrícolas y Servicio de Extensión Agrícola. Consultado 28-05-2018 en: <http://academic.uprm.edu/ofarrill/HTMLobj-323/biorational.pdf>
- Pacheco-Rueda, I., Lomelí-Flores, J. R., Rodríguez-Leyva, E., & Ramírez-Delgado, M. (2011). Ciclo de vida y parámetros poblacionales de *Sympherobius barberi* Banks (Neuroptera: Hemerobiidae) criado con *Dactylopius opuntiae* Cockerell (Hemiptera: Dactylopiidae). *Acta zoológica mexicana*, 27(2), 325-340.

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0065-17372011000200008

Palacios-Mendoza, C., Nieto-Hernández, R., Llanderal-Cazares, C., & González-Hernández, H. (2004). Efectividad biológica de productos biodegradables para el control de la cochinilla silvestre *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) (Homoptera: Dactylopiidae). *Acta Zoológica Mexicana*, 20, 99-106. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0065-17372004000300007

Palafox-Luna, J. A., Rodríguez-Leyva, E., Lomelí-Flores, J. R., Vigueras-Guzmán, A. L., & Vanegas-Rico, J. M. (2018). Ciclo de vida y fecundidad de *Dactylopius opuntiae* (Hemiptera: Dactylopiidae) en *Opuntia ficus-indica* (Caryophyllales: Cactacea). *Agrociencia*, 53:103-114. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6328113>

Pankewitz, F., & M. Hilker. (2008). Polyketides in insects: ecological role of these widespread chemicals and evolutionary aspects of their biogenesis. *Biological Reviews*, 83, 209-226. <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.2008.00040.x>

Paterson, I. D., Hoffmann, J. H., Klein, H., Mathenge, C. W., Nesar, S., & Zimmermann, H. G. (2011). Biological control of Cactaceae in South Africa. *African Entomology*, 19, 230–246. <https://doi.org/10.4001/003.019.0221>

Pérez-Gaspar, F. J., Martínez F. J. L., & Aragón, A. G. (2009). Manejo agroecológico del cultivo de nopal tuna con extractos vegetales en San Sebastián Villanueva, Puebla. www.somas.org.mx/pdf/pdfs_libros/agriculturasostenible5/5_1/42.pdf.

Pérez-Ramírez, A., Castrejón-Ayala, F., & A. Jiménez-Pérez. (2014). Potential of terpenoids and mealybug extract to deter the establishment of *Dactylopius*

opuntiae (Hemiptera:Dactylopiidae) crawlers on *Opuntia ficus-indica*. *Florida Entomologist*, 97(1), 269-271. <https://doi.org/10.1653/024.097.0137>

Pretorius, M. W., Van A. H., & Ark, V. H. (1992). Further insecticide trials for the control of *Cactoblastis cactorum* (Lepidoptera: Pyralidae) as well as *Dactylopius opuntiae* (Hemiptera: Dactylopiidae) on spineless cactus. *Phytophylactica*, 24, 229-233. https://journals.co.za/content/phyto/14/3/AJA03701263_1471

Rangel-Estrada, S. E., Ramírez-Rojas, S., & Osuna-Canizalez, F. J. (2013). Manejo de picudo de nopal, cochinilla y mancha negra en Morelos. Libro Técnico No. 13. Centro de Investigación Regional Pacífico Sur. Campo Experimental Zacatepec. INIFAP. México. 43 p. ISBN:978-607-425-825-7.

Reyes-Agüero.....

Rodrigo, E., Catalá-Oltra, M., & Granero, M. (2010). Estudio comparativo de la morfología y biología de *Dactylopius coccus* Costa y *D. opuntiae* (Cockerell) (Hemiptera: Dactylopiidae), dos especies presentes en la Comunidad Valenciana. *Bol. San. Veg. Plagas*, 36,23-35. http://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_Plagas%2FSVP_36_01_23_36.pdf

Santos, A. C. S., Oliveira, R. L. S., Costa, A. F., Tiago, P. V., & Oliveira, N. T. (2015). Controlling *Dactylopius opuntiae* with *Fusarium incarnatum-equiseti* species complex and extracts of *Ricinus communis* and *Poincianella pyramidalis*. *Journal of Pest Science*, 89(2), 539-547. doi: 10.1007/s10340-015-0689-4

Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. (SENASICA). 2015. Consultado 29-05-2018 en: <http://sinavef.senasica.gob.mx/Alertas/inicio/pages/single.php?noticia=84.#>

- Soares da Silva, M. G., Batista Dubeux, J. C., da Silva Lagos Cortes Assis, L. C., Mota, D. L., Soares da Silva, L. L., Ferreira dos Santos, M. V., & Cordeiro dos Santos, D. (2010). Anatomy of different forage cacti with contrasting insect resistance. *Journal of Arid Environments*. 74(6), 718-722. doi.org/10.1016/j.jaridenv.2009.11.003
- Spodek, M., Ben-Dov, Y., Protasov, A., Carvalho, C., & Z. Mendel. (2014). First record of *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) (Hemiptera:Coccoidea:Dactylopiidae) from israel. *Phytoparasitica* 42. 377-379. https://doi.org/10.1007/s12600-013-0373-2
- Torres, B. J., & Giorgi, J. A. (2018). Management of the false carmine cochineal *Dactylopius opuntiae* (Cockerell): perspective from Pernambuco state, Brazil. *Phytoparasitica*, 1-10. <https://doi.org/10.1007/s12600-018-0664-8>
- Van Dam, A. R., & May, B. (2012). A new species of *Dactylopius* Costa (*Dactylopius gracilipilus* sp. nov.) (Hemiptera: Coccoidea: Dactylopiidae) from the Chihuahuan Desert, Texas, USA. *Zootaxa*, 3573, 33-39.
- Vanegas-Rico, J. M., J. R. Lomelí-Flores, E. Rodríguez-Leyva, G. Mora-Aguilera, & Valdez, J. M. (2010). Enemigos naturales de *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) en *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller en el centro de México. *Acta Zool. Mex.* (n.s.), 26(2), 415-433. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0065-17372010000200007
- Vanegas-Rico, J. M., E. Rodríguez-Leyva, J. R. Lomelí-Flores, H. González-Hernández, A. Pérez-Panduro, & Mora-Aguilera, G. (2016). Biology and life history of *Hyperaspis trifurcata* feeding on *Dactylopius opuntiae*. *Bio Control.*, 61, 691-701. doi.org/10.1007/s10526-016-9753-0
- Vázquez-García, M., Garabito-Espinoza, S., Tabares-Vega, J., & Castillo-Herrera, G. (2011). Essential oils from aromatic plant species and insecticidal effects on *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) (Homoptera: Dactylopiidae) in mobile juveniles. *Acta Horticulturae*, 894, 215-223.

Wang, N., & Nobel, P. S. (1995). Pholem exudate via scale stylets for the CAM species *Opuntia ficus-indica* under current and doubled CO₂ concentrations. *Annals of Botany*, 75 (5), 525–532. <https://doi.org/10.1006/anbo.1995.1054>.

CONCLUSIONES GENERALES

A nivel mundial *Dactylopius opuntiae* es la principal plaga que afecta al cultivo de nopal, lo que provoca una disminución en la cantidad y calidad de su producto final. Su tiempo de desarrollo y su alto potencial reproductivo, hacen que este insecto fitófago sea de difícil de manejar; por diferentes características de adaptación como la producción de la capa cerosa, que le brinda protección ante diferentes escenarios en el ambiente.

La longevidad de las hembras adultas de *D. opuntiae* fue de 72 ± 4.6 d y la de los machos varió entre 40 ± 2.3 d. El inicio de la reproducción se presentó a partir de los 56 d.

Debido a su biología, las etapas ninfa II y hembra adulta son las más difíciles de controlar. La búsqueda de productos que logren disminuir la población y no generen un impacto negativo al ambiente, es de suma importancia por el abuso excesivo del uso plaguicidas sintéticos. Los productos de ZOTE® y Axion Complete® fueron efectivos para el control de ninfas II y hembras adultas e *Dactylopius opuntiae*.

ANEXOS

Anexo 1 Productos evaluados para la selección productos contra *Dactylopius opuntiae* (Cockerell). Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México. 2018.

Categoría	Producto
Detergentes y Jabones	Ariel® Arcoíris® AXION Bicarbonato® AXION Complete® Salvo Blanco® Suavitel® Vel Rosita® Caprice Shampoo® Jabón Abuelita® Jabón de lavandería "Soriana"® Jabón de lavandería "LIRIO"® Jabón de lavandería amarillo "Tepeyac"® Palmolive NATRUALS® ZOTE® Jabón H24®
Extractos comerciales	Calabacilla Loca (Fruto) Chile de árbol/Bicarbonato/Ajo Bicarbonato/Ajo Chile de árbol/Ajo/Canela Gobernadora (Hoja) Calabacilla loca (Hoja) Nicotina Gigante (Hoja) Chile jalapeño/Ajo Chile serrano/Ajo Canela
Productos formulados	Fitonosode Cinnacar® Bioshampoo Progranic Alfa® BioDie® BioAjito PROGRANIC NIMICIDE 80®

Anexo 2 Modo de preparación de los productos para la aplicación contra ninfas II y hembras adultas de *Dactylopius opuntiae* (Cockerell). Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México. 2018.

Materiales

- Productos (Fitonosode, BioDie®, Axion Complete® y PROGRANIC NIMICIDE 80® ZOTE®).
- Probetas de diferentes magnitudes (10 y 25 ml).
- Matraz Erlenmeyer
- Vaso de precipitado
- Agua destilada (disolvente).
- Agitadores
- Papel aluminio
- Inex-A (coadyuvante) 1 cm³
- Equipo de aplicación
- Sanitas
- Guantes
- Cubre bocas
- Bata de laboratorio
- Bitácora de laboratorio
- Lentes
- Alcohol al 70%

Modo de preparación

- 1) Colocarse el equipo de protección para ingresar al laboratorio.
- 2) Limpiar el área de trabajo con el alcohol al 70%.
- 3) Previamente se esterilizan todos los instrumentos de laboratorio a utilizar

- 4) Agitar los productos líquidos para homogenizar la solución y en el caso del jabón ZOTE® rayarlo para que sea más fácil su disolución.
- 5) Medir todos los productos, en el caso de los líquidos utilizar probeta y para el ZOTE® utilizar una balanza analítica.
- 6) Agregar 500ml de agua destilada a un matraz Erlenmeyer con capacidad de 1000ml y agregar la mitad del producto a formular y mezclarlo.
- 7) Agregar la otra mitad del producto y agregar lo que falta con agua destilada hasta llegar a 1000ml.
- 8) Agregar 1 cm³ del coadyuvante Inex-A.
- 9) Cubrir el matraz Erlenmeyer por completo con papel aluminio.
- 10) Para empezar las aplicaciones verificar que el equipo esté en condiciones óptimas para utilizarlo.
- 11) Calibrar el equipo.
- 12) Si el equipo está listo, colocar el producto dentro del mismo para realizar la aplicación.
- 13) Llevar el equipo de aplicación a la máxima presión para poder aplicarlo a una distancia determinada.
- 14) acabando la aplicación regresar la solución restante a otro matraz Erlenmeyer, el cual estará cubierto de papel aluminio para poderlo almacenar.
- 15) Después de la aplicación de cada producto, lavar el equipo de aplicación y esperar a su secado para poder enjuagarlo con agua destilada para su uso próximo.

Anexo 3 Análisis estadístico del efecto provocado por la aplicación de cinco productos no convencionales contra ninfas II de *Dactylopius opuntiae* (Cockerell). Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México. 2018.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Mortalidad	300	0.91	0.87	28.74

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	283772.17	99	2866.39	21.72	<0.0001
Producto	75465.94	4	18866.49	142.93	<0.0001
Concentración	92932.26	4	23233.06	176.01	<0.0001
DDA	56968.75	3	18989.58	143.86	<0.0001
Producto*Concentración	39488.63	16	2468.04	18.7	<0.0001
Producto*DDA	2230.1	12	185.84	1.41	0.1645
Concentración*DDA	9783.6	12	815.3	6.18	<0.0001
Producto*Concentración*Tiempo de ev.	6902.89	48	143.81	1.09	0.3351
Error	26399.78	200	132		
Total	310171.94	299			

Anexo 4 Análisis estadístico del efecto provocado por la aplicación de cinco productos no convencionales contra hembras adultas de *Dactylopius opuntiae* (Cockerell). Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México. 2018.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Mortalidad	300	0.89	0.83	59.59

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	185160.9	99	1870.31	15.82	<0.0001
	8				
Producto	65648.26	4	16412.07	138.83	<0.0001
Concentración	38338.38	4	9584.59	81.07	<0.0001
DDA	18979.48	3	6326.49	53.51	<0.0001
Producto*Concentración	33986.1	16	2124.13	17.97	<0.0001
Producto*DDA	11312.51	12	942.71	7.97	<0.0001
Concentración*DDA	7555.56	12	629.63	5.33	<0.0001
producto*Concentración*Tiempo de ev.	9340.7	48	194.6	1.65	0.0096
Error	23643.82	200	118.22		
Total	208804.8	299			
	1				

Anexo 5 Mortalidad (%) sobre ninfas de segundo instar *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) obtenida de la interacción Concentración*Producto. Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México. 2018.

Productos	Concentración	Mortalidad (%)	Agrupación Tukey
ZOTE®	0	6.11	A
BioDie®	0	11.11	A B
PROGRANIC NIMICIDE 80®	0	13.33	A B C
Fitonosode	0	13.89	A B C
PROGRANIC NIMICIDE 80®	1	15	A B C
Fitonosode	1	15	A B C
BioDie®	1	18.89	A B C
Axion Complete®	0	18.89	A B C
Fitonosode	4	20.56	A B C D
Fitonosode	3	22.78	A B C D
PROGRANIC NIMICIDE 80®	2	23.33	B C D
PROGRANIC NIMICIDE 80®	3	26.67	B C D
Fitonosode	2	28.33	C D
PROGRANIC NIMICIDE 80®	4	36.11	D
Axion Complete®	1	37.22	D E
BioDie®	2	37.22	D E
ZOTE®	1	53.89	E F
Axion Complete®	2	62.22	F G
ZOTE®	2	65.56	F G H
BioDie®	3	70.56	F G H I
ZOTE®	4	78.33	G H I
BioDie®	4	80	H I
Axion Complete®	3	80.56	H I
Axion Complete®	4	80.56	H I
ZOTE®	3	83.33	I

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$)
DMS=17.20608

Anexo 6 Mortalidad (%) de ninfas de segundo instar de *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) obtenida de la interacción Días después de la aplicación (DDA)*Producto. Salinas de Hidalgo., San Luis Potosí, México. 2018.

Productos	DDA	Mortalidad (%)	Agrupación Tukey							
PROGRANIC NIMICIDE										
80®	1	4	A							
Fitonosode	1	6.67	A							
Fitonosode	2	10.67	A							
PROGRANIC NIMICIDE										
80®	2	13.78	A	B						
BioDie®	2	28		B	C					
PROGRANIC NIMICIDE										
80®	3	28.44		B	C					
Fitonosode	3	28.89			C					
Axion Complete®	1	33.33			C	D				
Fitonosode	6	34.22			C	D	E			
BioDie®	2	36			C	D	E			
ZOTE®	1	36.44			C	D	E			
PROGRANIC NIMICIDE										
80®	6	45.33				D	E	F		
Axion Complete®	2	48.44					E	F		
ZOTE®	2	52.89						F	G	
BioDie®	3	53.78						F	G	
BioDie®	6	56.45						F	G	
ZOTE®	3	66.67							G	H
Axion Complete®	3	67.11							G	H
ZOTE®	6	73.78								H
Axion Complete®	6	74.67								H

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$)

DMS=14.90753

Anexo 7 Mortalidad (%) de ninfas de segundo instar de *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) obtenida de la interacción Días después de la aplicación (DDA)*Concentración. Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México. 2018.

Concentración	DDA	Mortalidad (%)	Agrupación Tukey
0	1	5.33	A
0	2	12	A B
1	1	13.33	A B
0	3	16	A B
0	6	17.33	A B
1	2	20	A B C
2	1	24.89	B C D
3	1	32.44	C D E
4	1	32.44	C D E
2	2	35.55	D E F
1	3	36	D E F G
1	6	42.67	E F G
4	2	45.33	E F G
3	2	48.89	F G H
2	3	50.67	G H
2	6	62.22	H I
3	3	68.44	I J
4	3	73.78	I J K
3	6	77.33	J K
4	6	84.89	K

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$)

DMS=14.90753

Anexo 8 Mortalidad (%) de hembras adultas de *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) resultado de la interacción Concentración*Producto de cinco productos no convencionales. Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México. 2018.

Producto	Concentración	Mortalidad (%)	Agrupación Tukey
Fitonosode	2	0	A
PROGRANIC NIMICIDE 80®	0	0	A
BioDie®	1	0.56	A
PROGRANIC NIMICIDE 80®	3	1.11	A
PROGRANIC NIMICIDE 80®	1	2.22	A
Fitonosode	3	2.22	A
Axion Complete®	0	2.22	A
BioDie®	0	3.33	A
PROGRANIC NIMICIDE 80®	2	4.44	A
Fitonosode	4	5	A
Fitonosode	1	5	A
PROGRANIC NIMICIDE 80®	4	5.56	A
ZOTE®	0	6.11	A
BioDie®	2	6.67	A
Fitonosode	0	7.22	A
ZOTE®	1	15.56	A B
Axion Complete®	1	16.11	A B
BioDie®	3	23.89	B C
BioDie®	4	34.44	C D
Axion Complete®	2	35	C D
ZOTE®	2	42.78	D E
Axion Complete®	4	48.89	D E
Axion Complete®	3	54.45	E F
ZOTE®	4	66.11	F
ZOTE®	3	67.22	F

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$)

DMS=16.28323

Anexo 9 Mortalidad (%) sobre hembras adultas de *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) resultado de la interacción Días después de la aplicación (DDA)*Producto. Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México. 2018.

Producto	DDA	Mortalidad (%)	Agrupación Tukey
PROGRANIC NIMICIDE 80®	1	0.44	A
PROGRANIC NIMICIDE 80®	2	1.33	A
Fitonosode	1	2.22	A
PROGRANIC NIMICIDE 80®	3	3.56	A
Fitonosode	2	3.56	A
BioDie®	1	4.44	A B
Fitonosode	6	4.89	A B
Fitonosode	3	4.89	A B
PROGRANIC NIMICIDE 80®	6	5.33	A B
BioDie®	2	9.78	A B C
Axion Complete®	1	10.22	A B C
BioDie®	3	18.22	B C
BioDie®	6	22.67	C D
Axion Complete®	2	22.67	C D
ZOTE®	1	23.11	C D
ZOTE®	2	32.44	D E
Axion Complete®	3	38.22	E
ZOTE®	3	44	E F
Axion Complete®	6	54.22	F G
ZOTE®	6	58.67	G

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$)

DMS=14.10796

Anexo 10 Mortalidad (%) sobre hembras adultas de *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) obtenida de la interacción Días después de la aplicación (DDA)*Concentración. Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México. 2018.

Dosis	DDA	Mortalidad (%)	Agrupación Tukey						
0	1	2.22	A						
0	2	3.11	A						
1	1	3.56	A						
0	3	4.44	A						
0	6	5.33	A						
1	2	5.78	A						
2	1	7.11	A	B					
1	3	10.22	A	B	C				
2	2	12	A	B	C				
1	6	12	A	B	C				
4	1	12.45	A	B	C				
3	1	15.11	A	B	C	D			
2	3	20		B	C	D	E		
3	2	22.22			C	D	E	F	
4	2	26.67				D	E	F	G
2	6	32					E	F	G
3	3	35.56						F	G
4	3	38.67							G
3	6	46.22							H
4	6	50.22							H
									I
									I
									I

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$)

DMS=14.10796