

## PRODUCTOS NO CONVENCIONALES COMO ALTERNATIVA DE CONTROL DE *Dactylopius opuntiae* Cockerell (HEMIPTERA: DACTYLOPIIDAE)

### NON-CONVENTIONAL PRODUCTS AS AN ALTERNATIVE TO CONTROL *Dactylopius opuntiae* Cockerell (HEMIPTERA: DACTYLOPIIDAE)

Patricia E. López-Rodríguez<sup>1</sup>, Gildardo Aquino-Pérez<sup>1</sup>, Francisco J. Morales-Flores<sup>1</sup>, Jaime Mena-Covarrubias<sup>2</sup>, Esteban Rodríguez-Leyva<sup>3</sup> y Santiago de Jesús Méndez-Gallegos<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Colegio de Posgraduados (CP), Campus San Luis Potosí, Posgrado de Innovación en Manejo de Recursos Naturales, Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México. <sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Zacatecas, Programa de Entomología. Calera de Víctor Rosales, Zacatecas, México. <sup>3</sup>CP, Campus Montecillo, Posgrado en Fitosanidad, Entomología y Acarología, Montecillo, Estado de México, México.

\*Autor de correspondencia (jmendez@colpos.mx)

#### RESUMEN

Ante la amenaza que representa a nivel mundial la expansión de *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) y las limitadas opciones para su manejo, tácticas eficientes y amigables con el ambiente, que permitan reducir sus poblaciones y minimizar el riesgo de daño, son una prioridad de investigación. En este estudio se evaluó la efectividad biológica de los productos Axion Complete®, BIODie®, Fitonosode, Progranic Nimicide 80® y Zote®, que fueron aplicados una sola vez y de manera dirigida en cuatro concentraciones (1, 2, 4 y 8 %) sobre la mortalidad (%) de hembras adultas de *D. opuntiae* a 1, 2, 3 y 6 días después de la aplicación (DDA). Los tratamientos, concentraciones y periodos de muestreo mostraron diferencias estadísticas sobre la mortalidad de *D. opuntiae*. El tratamiento a base de jabón Zote®, a una concentración de 4 %, registró el control más eficiente (67.2 % de mortalidad), seguido por el detergente Axion Complete® (54.4 % de efectividad) a la misma concentración; estos mismos tratamientos redujeron la población de *D. opuntiae* en 58 y 54.2 %, respectivamente, a los 6 DDA. Concentraciones mayores (4 y 8 %) produjeron los porcentajes de mortalidad más altos luego de 6 DDA, ambas con valores de 50.2 %. Los resultados sugieren que tanto el jabón Zote® como el detergente Axion Complete® pueden ser potencialmente empleados en el manejo de *D. opuntiae* debido a su accesibilidad, economía y poco impacto ambiental.

**Palabras clave:** *Dactylopius opuntiae* Cockerell, ácidos grasos, efectividad biológica, extractos vegetales, mortalidad, plagas del nopal.

#### SUMMARY

Given the global threat posed by the expansion of *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) and the limited options for its management, efficient and environmentally friendly tactics, which allow reducing their populations and minimizing the risk of damage, are a research priority. This study evaluated the biological effectiveness of the products Axion Complete®, BIODie®, Fitonosode, Progranic Nimicide 80® and Zote®, which were applied only once and in a targeted manner at four concentrations (1, 2, 4 and 8 %) on the mortality (%) of adult females of *D. opuntiae* at 1, 2, 3 and 6 days after application (DAA). The treatments, concentrations and sampling periods produced significant statistical differences on the mortality of *D. opuntiae*. The treatment based on Zote® soap at 4 % concentration had the most efficient control (67.2 % mortality), followed by the Axion Complete® detergent (54.4 % effectiveness) at the same concentration; the two treatments reduced population of *D. opuntiae*

by 58 and 54.2 %, respectively, after 6 DAA. Higher concentrations (4 and 8 %) produced the highest mortality rates after 6 DAA, both with values of 50.2 %. Results suggest that both, Zote® soap and Axion Complete® detergent could potentially be used in the management of *D. opuntiae* due to their accessibility, economy and minimum environmental impact.

**Index words:** *Dactylopius opuntiae* Cockerell, biological effectiveness, cactus pear pests, fatty acids, mortality, plant extracts.

#### INTRODUCCIÓN

*Dactylopius opuntiae* Cockerell (Hemiptera: Dactylopiidae) es un insecto nativo de Norteamérica, que fue descrito por Cockerell en 1896 con especímenes provenientes de Guanajuato, México (De Lotto, 1974). Con presencia en más de 25 países, debido a su facilidad de dispersión y persistencia, se considera la más agresiva y destructiva de las 11 especies de *Dactylopius* reconocidas hasta el momento, restringiendo su daño a especies de *Opuntia* y *Nopalea* (Caryophyllales: Cactacea). En México, *D. opuntiae* es reconocida como la principal plaga en cultivos de nopal para la producción comercial de verdura y fruta (Vanegas-Rico *et al.*, 2016). Asimismo, en Brasil se ha reportado como la plaga más importante en nopal forrajero (Santos *et al.*, 2015; Torres y Giorgi, 2018); además, existe preocupación por su arribo y dispersión en la cuenca del Mediterráneo, principal zona productora de tuna (Mazzeo *et al.*, 2019).

A pesar de la severidad del daño y pérdidas económicas ocasionadas por *D. opuntiae* existen limitadas opciones de manejo para minimizar su impacto. La aplicación de insecticidas de amplio espectro y de alta toxicidad ha sido la alternativa más utilizada (Hernández-Pérez *et al.*, 2019); sin embargo, su empleo se ha asociado con efectos indeseables, y en ocasiones hasta letales, para los propios productores, como en Etiopía (Fitiwy *et al.*, 2016). En

México, esto se agrava por el uso de productos altamente tóxicos prohibidos a nivel internacional, que carecen de autorización oficial de la COFEPRIS para emplearse en nopal (Ramírez-Bustos *et al.*, 2018). Adicionalmente, la aplicación de mezclas de dos o tres productos y su alta frecuencia de uso pueden generar la selección de resistencia, fitotoxicidad, riesgo a la salud de productores y consumidores y alta residualidad, lo que dificulta la comercialización en el mercado internacional (Hernández-Pérez *et al.*, 2019).

Ante la necesidad de encontrar alternativas seguras a los insecticidas convencionales y debido a la reducida disponibilidad de productos autorizados, otras tácticas de manejo son necesarias para reducir el impacto y dispersión de *D. opuntiae*; por ello, durante los últimos 10 años, principalmente en México, Brasil y Marruecos, se han implementado diversas tácticas de manejo, como el empleo de detergentes biodegradables (Palacios-Mendoza *et al.*, 2004), extractos vegetales (Bouharroud *et al.*, 2018; Santos *et al.*, 2015), aceites vegetales (Cuevas-Salgado *et al.*, 2015; Torres-Gabriola y Cuevas-Salgado, 2019) y enemigos naturales (Vanegas-Rico *et al.*, 2016; Idris *et al.*, 2019), entre otras; sin embargo, la mayoría de estos estudios, se han focalizado a combatir los estados juveniles de *D. opuntiae*, algunos con resultados alentadores.

Considerando la creciente demanda y aceptación de los productos y coproductos del nopal en el mercado internacional, así como la tendencia a nivel mundial de sustituir los insecticidas con productos alternativos que privilegian el respeto al ambiente, la conservación de organismos benéficos y la salud de productores y consumidores, el objetivo del presente estudio fue evaluar cinco productos no convencionales: 1) dos insecticidas botánicos autorizados por la COFEPRIS (2016), 2) dos a base de estearatos de sodio y/o potasio y alquilsulfato de sodio y/o magnesio y 3) un extracto vegetal, para determinar su efectividad biológica sobre hembras adultas de *D. opuntiae* en condiciones semicontroladas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área del estudio

El estudio se realizó, de noviembre de 2017 a febrero de 2018, en las instalaciones del Campus San Luis Potosí del Colegio de Postgraduados en Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México (22° 37' 55.66" Latitud Norte, 101° 42' 42.96" Longitud Oeste y 2078 msnm). El clima predominante en la zona de estudio es el BS, con sus dos variantes BS<sub>0</sub> y BS<sub>1</sub> (García, 2004).

### Pie de cría

La simiente inicial utilizada en la investigación se obtuvo a partir de la colecta de cladodios completos de nopal de *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. cv. Rojo pelón, conteniendo colonias de *D. opuntiae*, de una plantación ubicada en el Campus San Luis Potosí, Colegio de Postgraduados; éstos se establecieron en macetas en un invernadero. Para asegurar que las cohortes utilizadas en los bioensayos fueran de la misma edad, a partir de las colonias antes mencionadas, se estableció una cría de *D. opuntiae* en confinamiento, bajo condiciones semicontroladas (22 °C y 60 % de HR). Para ello, se utilizaron como substrato cladodios individuales de *O. ficus-indica* (L.) Mill. cv. Rojo pelón, de entre seis y ocho meses de edad. La infestación se realizó colocando estos cladodios durante 48 h sobre las plantas con las colonias de *D. opuntiae* en fase reproductiva. Los cladodios, una vez infestados, se retiraron, se colocaron en posición vertical en cajas de madera y se cubrieron con una malla fina a fin de asegurar el establecimiento de las ninfas neonatas y evitar el ingreso de enemigos naturales, hasta completar su ciclo de desarrollo.

### Productos empleados

Se seleccionaron cinco productos con antecedentes insecticidas que, de acuerdo a una revisión previa, son empleados por productores o recomendados para el control de *D. opuntiae* por técnicos y organismos federales en México (Cuadro 1).

### Procedimiento experimental

Para evaluar la efectividad biológica de los productos utilizados, los cladodios se dividieron en fracciones (aproximadamente 10 × 10 cm) conteniendo 15 hembras de *D. opuntiae* en fase pre-reproductiva, considerando cada fracción como unidad experimental. Posteriormente, éstas se colocaron en cajas Petri para asegurar la independencia de los bioensayos. Las fracciones tratadas se mantuvieron en condiciones de laboratorio (16 °C y 12 % de HR). Los tratamientos se aplicaron una sola vez por aspersión, usando una bomba manual con capacidad de 1.5 L (SWISS MEX®). El volumen aplicado fue de 5.76 mL s<sup>-1</sup> a 30 cm de distancia. Se tuvieron tres repeticiones para tratamientos y concentraciones, al igual que para el testigo, el cual estuvo constituido por la aplicación de agua destilada + surfactante Inex-A® (1 cm<sup>3</sup>). A todas las formulaciones aplicadas se les agregó 1 cm<sup>3</sup> del surfactante Inex-A®, con la finalidad de obtener una mayor cobertura y humectación.

**Cuadro 1. Productos seleccionados para el control de *D. opuntiae*.**

Nombre comercial	Ingrediente principal	Categoría	Niveles de concentración aplicados	Disolvente
Zote®	Estereatos de sodio y/o potasio	Jabón	1 % (10 g) 2 % (20 g) 4 % (40 g) 8 % (80 g)	1000 mL de agua destilada
Axion Complete®	Alquilsulfanato de sodio y/o magnesio	Detergente	1 % (2 mL) 2 % (4 mL) 4 % (8 mL) 8 % (16 mL)	1000 mL de agua destilada
BIODie®	Argemonina, Berberina, Ricinina y $\alpha$ -Terthienyl	Insecticida botánico	1 % (2 mL) 2 % (4 mL) 4 % (8 mL) 8 % (16 mL)	1000 mL de agua destilada
Fitonosode	†	Extracto vegetal	1 % (2 mL) 2 % (4 mL) 4 % (8 mL) 8 % (16 mL)	1000 mL de agua destilada
Progranic Nimicide 80®	Aceite de neem ( <i>Azadirachta indica</i> )	Insecticida botánico	1 % (2 mL) 2 % (4 mL) 4 % (8 mL) 8 % (16 mL)	1000 mL de agua destilada

†Se desconocen ingredientes activos.

### Evaluación de la efectividad biológica de productos aplicados

La efectividad biológica de cada uno de los tratamientos y sus concentraciones se obtuvo a partir del registro y seguimiento de la mortalidad de las hembras (%) de la misma unidad experimental a 1, 2, 3 y 6 días después de la aplicación (DDA), por medio de conteo visual con un estereoscopio Leica® KL200 LED (Leica Microsystems, Singapur). En el efecto letal directo se consideraron los siguientes criterios:

- Pérdida de turgencia, caracterizada por la deshidratación o contracción del cuerpo, resultado de la pérdida de elasticidad de la epidermis.
- Ausencia de contracciones y relajaciones naturales del cuerpo.
- Excreción de hemolinfa derivado de rompimiento de los tejidos celulares.

Para ajustar la mortalidad (%) registrada en cada una de las unidades experimentales en los diferentes periodos de evaluación se utilizó la fórmula propuesta por Abbott (1925).

### Análisis estadístico

En la determinación de la efectividad biológica de los tratamientos se empleó un diseño completamente al azar con arreglo factorial, considerando como factores principales a los productos (un jabón, un detergente, dos insecticidas botánicos y un extracto vegetal), a las concentraciones y a los periodos de evaluación (DDA). La diferencia entre medias se determinó mediante la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) utilizando InfoStat-Statistical Software® (Di Rienzo *et al.*, 2011).

### RESULTADOS

El análisis estadístico mostró efecto significativo de cada uno de los factores principales: productos aplicados ( $F = 138.83$ ,  $P \leq 0.0001$ ,  $gl = 4$ ), concentraciones ( $F = 81.07$ ,  $P \leq 0.0001$ ,  $gl = 4$ ) y DDA ( $F = 53.51$ ,  $P \leq 0.0001$ ,  $gl = 3$ ). También se observó un efecto significativo de las interacciones productos  $\times$  concentración ( $F = 17.97$ ,  $p \leq 0.0001$ ,  $gl = 16$ ), productos  $\times$  DDA ( $F = 7.97$ ,  $P \leq 0.0001$ ,  $gl = 12$ ) y concentración  $\times$  DDA ( $F = 5.33$ ,  $P \leq 0.0001$ ,  $gl = 12$ ) sobre la mortalidad de hembras de *D. opuntiae*.

**Tratamientos evaluados**

Los resultados obtenidos en esta investigación evidenciaron que los productos evaluados causaron un efecto diferencial sobre la mortalidad de hembras de *D. opuntiae*, que osciló entre 3 y 40 %. Con la aplicación de jabón Zote® se obtuvieron los valores de mortalidad estadísticamente más altos (39.5 %) ( $P \leq 0.05$ ); por su parte, el detergente Axion Complete® y BIODIe® mostraron una efectividad media de 31 y 14 %, respectivamente; asimismo, no se observaron diferencias estadísticas entre los valores de mortalidad registrados entre los productos Fitonosode y Progranic Nimicide 80®, mostrando una efectividad inferior al 4 % (Cuadro 2).

**Concentraciones aplicadas**

Con respecto a las concentraciones aplicadas de cada uno de los tratamientos probados, se observó que la mortalidad en hembras de *D. opuntiae* aumentó conforme la concentración de los productos se incrementó de 1 a 8 %, al registrarse valores entre 7.8 y 32 %, resultando estadísticamente diferentes ( $P \leq 0.05$ ). Asimismo, el efecto tóxico mayor se registró en las concentraciones más altas de 4 y 8 %, con valores de mortalidad de 29.7 y 32 %, respectivamente, aunque no se observó diferencia

**Cuadro 2. Efectividad biológica de cinco productos sobre la mortalidad promedio (%) de hembras de *D. opuntiae*.**

Tratamiento aplicado	Valores de mortalidad promedio (%)
Progranic Nimicide 80®	2.67 a
Fitonosode	3.89 a
BIODIe®	13.78 b
Axion Complete®	31.33 c
Zote®	39.56 d

Valores de mortalidad promedio (%) con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey,  $P \leq 0.05$ ).

**Cuadro 3. Mortalidad promedio (%) de hembras de *D. opuntiae* con diferentes concentraciones de productos.**

Niveles de concentración (%)	Valores de mortalidad promedio (%)
Testigo	3.7 a
1	7.8 a
2	17.7 b
4	29.7 c
8	32.0 c

Valores de mortalidad promedio (%) con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey,  $P \leq 0.05$ ).

estadística entre éstas; tampoco se encontró diferencia estadística entre el testigo y la concentración más baja aplicada (1 %) (Cuadro 3).

**Periodos de evaluación (DDA)**

Al considerar los periodos de muestreo, los tratamientos y concentraciones aplicadas registraron una efectividad biológica mayor a los 6 DDA, dado que produjeron valores de mortalidad estadísticamente más altos, con 30 % ( $P \leq 0.05$ ). Cabe resaltar que, consistentemente, conforme transcurrió el periodo de evaluación, los valores promedio de mortalidad se incrementaron de 8 % a las primeras 24 h a 30 % 6 DDA y ambos valores resultaron estadísticamente diferentes. Aunque la magnitud de la mortalidad registrada entre los 3 y 6 DDA se redujo, los tratamientos y concentraciones evaluadas podrían tener una mayor efectividad biológica residual (Cuadro 4).

**Interacción producto × concentración**

Para la interacción producto × concentración, el tratamiento a base de jabón Zote® aplicado a concentraciones de 4 y 8 % registró los valores promedio de mortalidad más altos, con 67.2 y 66.1 %, respectivamente, aunque no resultaron estadísticamente diferentes; tampoco se observaron diferencias estadísticas cuando se aplicó Axion Complete® a concentraciones entre 4 % (54.4 %) y 8 % (48.9 %). En ambos productos, la concentración que provocó la mortalidad más alta se obtuvo a 4 %; a partir de esta concentración comenzó a declinar su efectividad biológica (Figura 1). Vale la pena destacar que el jabón Zote® y el detergente Axion Complete® a una concentración de 2 % produjeron valores de mortalidad superiores que el resto de los productos a concentraciones más altas. Tanto Progranic Nimicide 80® como Fitonosode mostraron una baja eficiencia de control, ya que obtuvieron los valores de mortalidad más bajos en todas las concentraciones evaluadas (menos del 10 %). El único tratamiento que mostró una tendencia ascendente con el incremento de las concentraciones fue BIODIe®, ya que cuando ésta

**Cuadro 4. Mortalidad promedio (%) de hembras de *D. opuntiae* registrada en cuatro periodos de evaluación (DDA).**

Días después de la aplicación (DDA)	Valores de mortalidad promedio (%)
1	8.09 a
2	13.96 b
3	21.78 c
6	29.16 d

Valores de mortalidad promedio (%) con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey,  $P \leq 0.05$ ).

aumentó, su efectividad biológica se incrementó causando 6, 24 y 35 % de mortalidad a concentraciones de 2 %, 4 % y 8 %, respectivamente; debido a la tendencia presentada la mortalidad podría seguir incrementándose con la concentración.

### Interacción producto × DDA

En lo que se refiere a la interacción producto × DDA, los resultados obtenidos evidenciaron que el jabón Zote® y el detergente Axion Complete® a los 6 DDA causaron la mortalidad promedio más alta con 58.6 y 54.2 %, respectivamente, aunque sin mostrar diferencia estadística entre ellos (Figura 2). La tendencia ascendente registrada en estos tratamientos, así como en BIODIe® en menor escala, sugiere un efecto residual mayor más allá del periodo de observación aquí considerado. Asimismo, tanto el jabón Zote® como el detergente Axion Complete® redujeron más de 20 % la población de hembras de *D. opuntiae* 24 h después de su aplicación, particularmente el tratamiento a base de jabón Zote®, lo que indica también una rápida acción. Por su parte, los productos Progranic Nimicide 80® y Fitonosode no lograron controlar más de 7 % durante el periodo de observación (Figura 2).

### Interacción DDA × concentración

En relación a la interacción DDA × concentración, se observó que las concentraciones mayores en todos los tratamientos aplicados ocasionaron una mortalidad más alta de hembras de *D. opuntiae* durante todo el periodo de exposición, ya que las concentraciones a 4 y 8 % alcanzaron valores similares de 52.2 % de mortalidad, respectivamente (Figura 3). En contraste, ninguna de las

concentraciones a 1 y 2 % lograron registrar porcentajes de mortalidad superiores a 30 % en hembras de *D. opuntiae* durante el periodo de evaluación (6 DDA).

## DISCUSIÓN

A pesar de que el uso de jabones y detergentes han mostrado resultados prometedores en el manejo de insectos plaga, no se encontraron estudios previos con los productos y concentraciones empleados en este estudio para el control de *D. opuntiae*; sin embargo, en investigaciones donde se han empleado productos a base de sales potásicas de ácidos grasos se han obtenido resultados interesantes. Al igual que en este estudio, Palacios-Mendoza *et al.* (2004) también registraron diferencias en la mortalidad entre los dos productos biodegradables probados (Peak Plus y detergente Roma®), aunque sólo lograron reducir la población de hembras en 37.6 % con detergente Roma® a una concentración de 6 % a los 6 DDA. Similar tendencia encontraron Hernández-Pérez *et al.* (2019) al aplicar el bioinsecticida GrenSoap al 60 %, ya que obtuvieron una efectividad baja de control con sólo 19.2 %. Por su parte, De Brito *et al.* (2008) registraron valores superiores de mortalidad a los aquí consignados, con 83.8 y 89.9 % cuando aplicaron jabón en polvo y detergente al 5 %, respectivamente, 8 DDA. En estudios conducidos en Etiopia con otra especie (*D. coccus*) se obtuvieron valores de mortalidad de entre 68 y 71 % al emplear jabón líquido (Fitiwi *et al.*, 2016). Contrariamente a la tendencia obtenida en los estudios anteriores, Cuevas-Salgado *et al.* (2015) destacaron la baja efectividad biológica en hembras adultas de *D. opuntiae* con la aplicación del detergente Roma®, aunque su estudio se realizó en condiciones de campo.

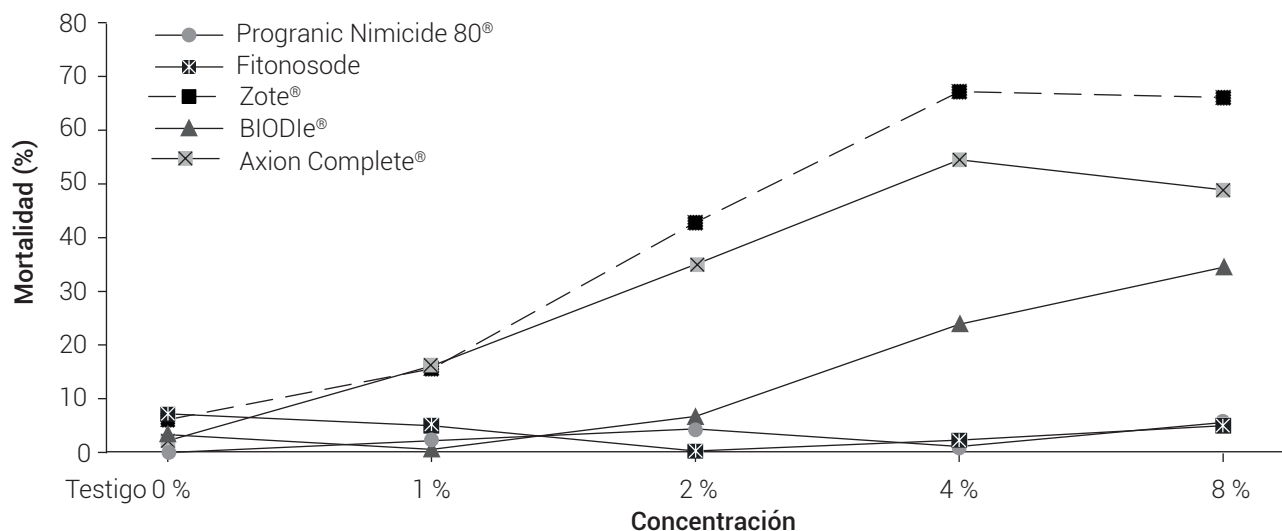


Figura 1. Mortalidad promedio (%) de hembras de *D. opuntiae*, resultado de la interacción producto × concentración.

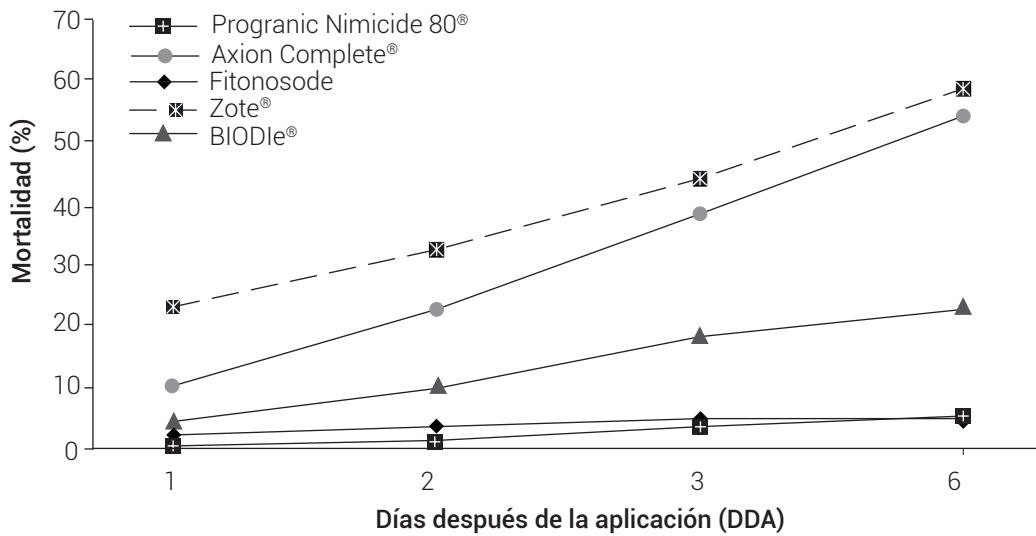


Figura 2. Mortalidad promedio (%) de hembras de *D. opuntiae* registrada por la interacción producto x DDA.

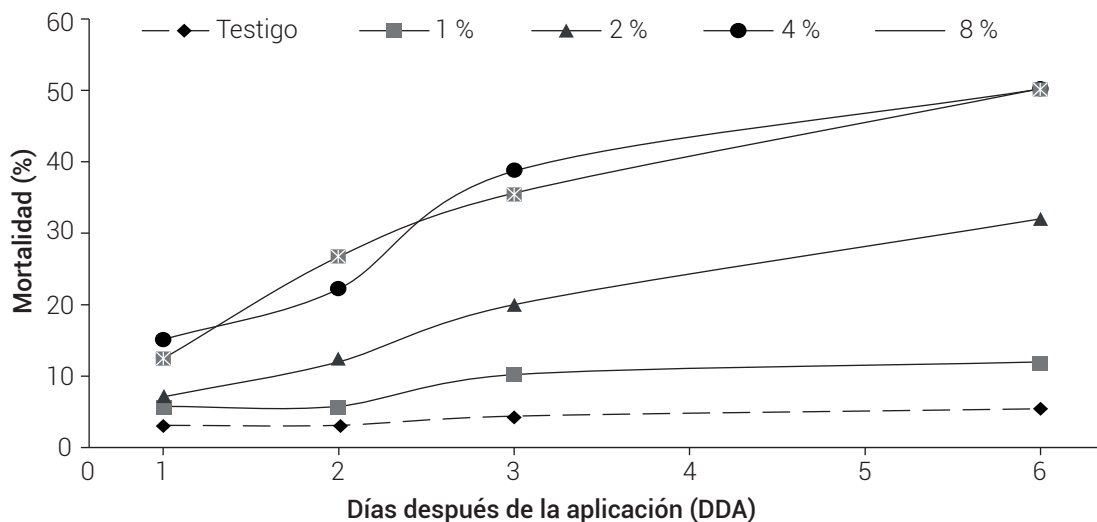


Figura 3. Mortalidad promedio (%) de hembras de *D. opuntiae* registrada por la interacción DDA x concentración.

A pesar de la efectividad media registrada por BIODle® en esta investigación, éste podría tener una mejor respuesta a concentraciones más altas a las aquí evaluadas. Tanto Fitonosode como Progranic Nimicide 80® mostraron una efectividad baja en el control de *D. opuntiae*, en las condiciones probadas; también, la baja efectividad de Progranic Nimicide 80® podría estar relacionada a que está recomendado para el control de otra especie (*D. coccus*), cuya cubierta de protección lipídica es diferente a *D. opuntiae*.

La efectividad biológica más alta se obtuvo con la aplicación del jabón Zote® y el detergente Axion Complete® a 4 %. Resultados similares se han reportado en

investigaciones previas; por ejemplo, Palacios-Mendoza *et al.* (2004) registraron que la mortalidad se incrementó conforme aumentó la concentración (1 a 6%) del detergente Roma®, al igual que Borges *et al.* (2013) al usar detergente neutro a concentraciones entre 1 y 5 %; asimismo, De Brito *et al.* (2008), al emplear jabón y detergente al 5 %, registraron valores de efectividad superiores a 83.8 y 89 %, respectivamente. Considerando lo anterior, se sugiere que concentraciones más elevadas pudieran tener un mejor desempeño, siempre tomando en cuenta que no se presenten daños por fitotoxicidad y muestren selectividad a la fauna benéfica.

Durante los cuatro periodos de evaluación (1, 2, 3 y 6 DDA)

se observó un incremento de la mortalidad al aumentar los días de observación. El detergente Axion Complete® y el jabón Zote® mostraron una mayor acción residual, ya que redujeron la población en más de 50 % a los 6 DDA, por lo que podrían mantener su efectividad hasta por 144 h, que fue el espacio de exploración máximo. Un comportamiento similar lo reportan Palacios-Mendoza *et al.* (2004), dado que el impacto mayor se obtuvo entre 4 y 6 DDA. Cabe resaltar que ambos productos también destacaron, tanto por su efecto letal inmediato como por su persistencia. De acuerdo con el comportamiento registrado en estos tratamientos, es posible que puedan presentar un efecto residual mayor después del periodo de observación aquí evaluado, por lo que se sugiere ampliarlo en futuras investigaciones; sin embargo, es necesario verificar en qué momento su efectividad tiende a disminuir para hacer una segunda o tercera aplicación, como lo recomiendan Hernández-Pérez *et al.* (2019), o bien complementar o reforzar su efecto con otra medida de control (Torres y Giorgi, 2018). En adición, una ventaja de su corto periodo residual y la ausencia de residuos tóxicos es que se podrían reducir los intervalos de seguridad (Palacios-Mendoza *et al.*, 2004; Hernández-Pérez *et al.*, 2019).

La efectividad de los productos aplicados se incrementó conforme transcurrió el periodo de evaluación y aumentó la concentración de los tratamientos. Esta tendencia es importante, debido a que Palacios-Mendoza *et al.* (2004) encontraron que a concentraciones bajas (0.5 y 1.5 %) de Peak Plus, algunas hembras volvieron a secretar la capa algodonosa a los 3 DDA y observaron que la mortalidad más alta se registró de 4 a 6 días después de la aplicación, aún en las concentraciones de 2.5, 3 y 6 % de los productos evaluados. En contraste, Hernández-Pérez *et al.* (2019) recomendaron que las sales potásicas de ácidos grasos (GreenSoap) a concentraciones bajas pueden disminuir las poblaciones de *D. opuntiae* y al mismo tiempo ser un coadyuvante al mezclarse con otro insecticida y potenciar su efecto.

### CONCLUSIONES

Los tratamientos de jabón Zote® y el detergente AxionComplete® sobresalieron por su elevada efectividad biológica al reducir la población de hembras de *D. opuntiae*. Considerando su selectividad, inocuidad, bajo impacto ecológico, reducido intervalo de seguridad, efectividad y economía, el jabón Zote® y el detergente Axion Complete® podrían ser considerados productos alternativos a los insecticidas convencionales para el control de *D. opuntiae*, particularmente en la producción de nopal verdura o tuna orgánica.

### BIBLIOGRAFÍA

- Abbott W. S. (1925) A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology* 18:265-267, <https://doi.org/10.1093/jee/18.2.265a>
- 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 Horticulturae* 995:379-386, <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2013.995.49>
- Bouharrou R., M. Sbaghi, M. Boujghagh and M. El Bouhssini (2018) Biological control of the prickly pear cochineal *Dactylopius opuntiae* Cockerell (Hemiptera: Dactylopiidae). *European and Mediterranean Plant Protection Organization Bulletin* 48:300-306, <https://doi.org/10.1111/epp.12471>
- COFEPRIS, Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (2016) Consulta de registros sanitarios de plaguicidas y nutrientes vegetales. Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios. Ciudad de México. <http://siiipris03.cofepris.gob.mx/Resoluciones/Consultas/ConWebRegPlaguicida.asp> (Abril 2019).
- 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. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Entomología (Nueva Serie)*, Núm. Esp. 1:64-70.
- De Brito C. H., E. B. Lopes, L. C. de Albuquerque and J. L. Batista (2008) Avaliação de produtos alternativos e pesticidas no controle da cochonilha-do-carmim. *Revista de Biologia e Ciências da Terra* 8:1-5.
- De Lotto G. (1974) On the status and identity of the cochineal insects (Homoptera: Coccoidea: Dactylopiidae). *Journal of the Entomological Society of Southern Africa* 37:167-193.
- Di Rienzo J. A., F. Casanoves, M. G. Balzarini, L. González, M. Tablada y C. W. Robledo (2011) Infostat: Software Estadístico. Manual del Usuario. Versión 2011. Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba, Argentina. 336 p.
- Fitiwy I., A. Gebretsadkan and A. Araya (2016) Management of cochineal (*Dactylopius coccus* Costa) insect pest through botanical extraction in Tigray, North Ethiopia. *Journal of the Drylands* 6:499-505.
- García E. (2004) Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen (Para Adaptarlo a las Condiciones de la República Mexicana). 5ª edición. Instituto de Geografía, UNAM. México, D. F. 96 p.
- Hernández-Pérez R., G. Bravo-Silva, J. Martínez-Martínez, A. González H. y T. J. Ramírez P. (2019) Evaluación de la efectividad biológica de bioinsecticida para el control de cochinilla silvestre (*Dactylopius opuntiae* Cockerell), en nopal (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.), en Totolapan, Morelos, México. *Revista Chilena de Entomología* 45:55-64.
- Idris I., S. Elkhousiri and Y. Bakri (2019) Evaluation of crude enzyme produced by *Bacillus subtilis* SY134D a biocontrol agent against *Dactylopius opuntiae* (Dactylopiidae: Hemiptera) on cactus pear. *Journal of Bio Innovation* 8:289-300.
- Mazzeo G., S. Nucifora and P. Suma (2019) *Dactylopius opuntiae*, a new prickly pear cactus pest in the Mediterranean: an overview. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 167:59-72, <https://doi.org/10.1111/eea.12756>
- Palacios-Mendoza C., R. Nieto-Hernández, C. Llanderal-Cázares 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.
- Ramírez-Bustos I. I., V. López-Martínez, P. Juárez-López, D. Guillén-Sánchez, I. Alía-Tejacal, I. Rivera-León, ... y D. Jiménez-García (2018) Identificación de envases vacíos de plaguicidas en plantaciones de nopal verdura, *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. (Cactaceae), en Morelos, México. *Acta Agrícola y Pecuaría* 4:18-25, <https://doi.org/10.30973/aap/2018.4.1/3>
- Santos A. C. S., R. L. S. Oliveira, A. F. Da Costa, P. V. Tiago and N. T. de

- Oliveira (2015) Controlling *Dactylopius opuntiae* with *Fusarium incarnatum–equiseti* species complex and extracts of *Ricinus communis* and *Poincianella pyramidalis*. *Journal of Pest Science* 89:539-547, <https://doi.org/10.1007/s10340-015-0689-4>
- Torres B. J. and J. A. Giorgi (2018) Management of the false carmine cochineal *Dactylopius opuntiae* (Cockerell): perspective from Pernambuco State, Brazil. *Phytoparasitica* 46:331-340, <https://doi.org/10.1007/s12600-018-0664-8>
- Torres-Gabriola K. y M. I. Cuevas-Salgado (2019) Control de *Dactylopius opuntiae* Cockerell, 1929 (Hemiptera: Dactylopiidae) con aceites vegetales reciclados bajo condiciones de laboratorio. *Entomología Mexicana* 6:134-139.
- Vanegas-Rico J. M., E. Rodríguez-Leyva, J. R. Lomeli-Flores, H. González-Hernández, A. Pérez-Panduro and G. Mora-Aguilera (2016) Biology and life history of *Hyperaspis trifurcata* feeding on *Dactylopius opuntiae*. *BioControl* 61:691-701, <https://doi.org/10.1007/s10526-016-9753-0>