

Cuernavaca, Morelos a 17 de agosto de 2022

DRA. DULCE MARÍA ARIAS ATAIDE
DIRECTORA GENERAL DE SERVICIOS ESCOLARES
P R E S E N T E.

Por este conducto, los catedráticos suscritos comunicamos a Usted, que hemos revisado el documento que presenta el Pasante de Biólogo: **JOSÉ LUIS VÁZQUEZ NÁJERA, con el título del trabajo: ACEITES VEGETALES COMESTIBLES PARA EL CONTROL DE LA ESCAMA DE LAS CÍCADAS *Aulacaspis yasumatsui* (Takagi, 1977) EN *Cycas revoluta* (Thunb., 1782) BAJO CONDICIONES DE LABORATORIO.**

En calidad de miembros de la comisión revisora, consideramos que el trabajo reúne los requisitos para optar por la Modalidad de Titulación por Tesis Profesional por Etapas como lo marca el artículo 33° del Reglamento de Titulación Profesional vigente de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

A T E N T A M E N T E
Por una humanidad culta

JURADO REVISOR

FIRMA

PRESIDENTE: BIÓL. ANDREA ELIZABETH GRANJENO COLÍN

SECRETARIO: DR. ISAAC TELLO SALGADO

VOCAL: M. EN C. MARÍA IDALIA CUEVAS SALGADO

SUPLENTE: DRA. COLUMBA MONROY ORTIZ

SUPLENTE: M. EN C. MARÍA EUGENIA BAHENA GALINDO



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

COLUMBA MONROY ORTIZ | Fecha:2022-08-17 15:47:47 | Firmante

QaFTLUDcTVstQ3MFpzONmGWW5Kw9h2h3yILsyiNKUDBj4d6TkSj2lcHfGy9KngMRkY9wMZ6HEhucEXVhDDxzevU7KLIhq4Ju2XePMqNQC0SqBq856UVKJjfwBZkha7ChHo2/eYVBE6NICqDvawyB0GR9pJVarciv691/D9MBC7/myzm3BLyLdhAZCOFXXCbtNDyNC4m7jdeyO92negoJn3bOSayVu807Z6B5SkNGvJRvYVvnnif4f4KdNjHOvdJQEBr4N6HwVfu5+84QioD68hzbOSVdsD38KNx80v4OUhXO/HBu/wAGxNwCtTIZ/MxwepKjMjnVPM9K01UdLTIA==

ISAAC TELLO SALGADO | Fecha:2022-08-18 00:22:31 | Firmante

h6XVfY/PP2Bu32juZmAwQUcsrFRBA9CPNKyaQBNG+rLyy+d36myCRT4Gal1HwYUrgw3G5TNRGjgd4k17eHp9GftiBP0Mo0mTvs0pzdAITSmHFHlfGSshMKXekF2WqYfO5R7L7zoQCQgCEhpaI9euyIKN7PW3pu3e1LLyufIOVH0F81PqUL//6dffqB4FNCDU5jGii9YJHGEOLrz6Sk1wnai0ZSVwIWFKDW55ATu7bndlumdDq9EsjttOvixEPzFAlH0rrFAigW2u4tvzplQwjmV03vuxEHyeD0DfkaJBugjKHSV5o2ZpPIGmcVEW3FoJmJyQ0IZhmVnTidgP9ug==

MARIA IDALIA CUEVAS SALGADO | Fecha:2022-08-18 10:56:26 | Firmante

HLr4hZJoALzI/KUIZI/u1UKgo4EkHZnH9S3+IxL91WnKbr2TkwL2AieDJSYohn9uXmSoZVfGUGSdH+McMrOSXAAGim5G6FXxVQV1eD4+Jpx0Ad/1Qd+RXJjMwp4q+IEq0NCsMi6+05lb/D03HVsemaVttXi51lqFazyh8I61qSN706FVdeTCfMV/8D7ggBK6WSrLu5c1UXDHmTUGayNLqJOKH6e4bhlzXjaiFdC+4bteNbO2b6uAXSBkECjMOQJt/64jvdSI9jAo2d2mWso7ghV5Gw+9+Pr5DjJtkgWvb0k5nWrOuTY93kFDciL5/ejpk59lft1qydkvDeM//R8Q==

ANDREA ELIZABETH GRANJENO COLIN | Fecha:2022-08-19 08:13:45 | Firmante

r/BfjNdcax3nyfIJZ7yG3A1Fwf20hJrKcRQR0OdVlJ+Dm1Bmrc017ynw+3GvJI903JS4xaNdsBegDCSYMTI3A+GPXWHD75a4BOLhPxQnxOYgb4QY6G2GCIYccLTzWWgxxU4WbXwcfSZLPVAQIKmMtPpOHh3nTDWJ6t5gwa919F8yex3H7WYJii6LFlyoYBZEKRDeNAWC3N78PZnSbt0a0kAunZnqCGlcTyyu4Z2ME3QJ3c7BeG5m6rqclK00ur0iyqkwDCHeccR3OS62OKCZZ9Z2QDsKUSF6rrTmYzY+5i1R3EvQki64yo9a5wO3AnPhg4MKDXJv9tPUsgKOZ5w==

MARIA EUGENIA BAHENA GALINDO | Fecha:2022-08-21 20:21:19 | Firmante

f2ks/zbfsZC0hQzoUL0VF5enCV2Rj0puBe8C70mFfOznCrcFlIq73fqbzrcpRxt1X1Z522wgu1YvDu1yIk22sW0V4FhfwH/45zgzzkt9Q0Tfyrw7weMyFeW2XSCQt6mBEYFXZwFf0mSfZ4XVwIwQUXSG76fw50fHt/xsGBQwum8+kBMocvE9bbGCvYjoN4HKEZmTH/jTPSJGbpN6F/72WsrIqxiR0OIZKJG3uc2yMpAHChSEBAQ6i5pr1mYqzhk515zdbl7HuL+il78yBzyDZ5mrs9PVPF5k2qUuJpG8ifH1feF09kP79v8+b+z9UNd+w06ambOhh4LLeQ0ROIQ==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



MPzAgQXW9

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/07z0jX1TChA48VAky6jKreiJ6wjHdLj>





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

**ACEITES VEGETALES COMESTIBLES PARA EL CONTROL DE LA
ESCAMA DE LAS CÍCADAS *Aulacaspis yasumatsui* (Takagi, 1977) EN
Cycas revoluta (Thunb., 1782) BAJO CONDICIONES DE
LABORATORIO**

TESIS PROFESIONAL POR ETAPAS

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

B I O L O G O

P R E S E N T A:

José Luis Vázquez Nájera

DIRECTORA: M. en C. MARÍA IDALIA CUEVAS SALGADO

CUERNAVACA, MORELOS. 2022

DEDICATORIAS

A mi padre, por enseñarme que con esfuerzo y perseverancia se logran los objetivos que me tracé desde un inicio, además de recordarme hasta sus últimos días el no olvidarme de mis raíces, de mis orígenes. Donde estés, este logro es tuyo.

A mi madre, por brindarme siempre su amor y cariño incondicional, por apoyarme, comprenderme, y siempre respetar mis decisiones, aunque éstas fueran equivocadas, entendiendo que estas equivocaciones me han hecho crecer como persona. Eres maravillosa.

A mi esposa, por estar a mi lado a lo largo de estos treinta años; porque aún en los momentos más difíciles de nuestra relación nunca perdiste la cordura, conservando tu hermosa sonrisa y esa luz en tu mirada, enseñándome que siempre existe un mañana para comenzar de nuevo. Te amo japonesita.

A Cinthia y Monserrat, mis hijas, los motores principales que me han impulsado a seguir adelante. Más allá de cualquier situación o inconveniente, siempre están conmigo. Las amo monstruos.

A Luisito, que con su sonrisa me ha enseñado que las cosas más sencillas de la vida son las que tienen más valor.

AGRADECIMIENTOS.

A la Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Agradecido infinitamente por permitirme pertenecer a este grupo tan selecto que es la Facultad de Ciencias Biológicas, cuna de un conocimiento inagotable, en la cual en la cual tuve oportunidad de desarrollarme de manera profesional y personal.

A todos mis maestros, por todos sus consejos y conocimientos que me permitieron crecer de manera profesional.

A mi Directora de Tesis, la M. en C. María Idalia Cuevas Salgado, por toda su paciencia, apoyo y conocimientos vertidos en mi aprendizaje. Muchas gracias por dirigirme en el desarrollo de esta investigación.

A mis síndicos, Lic. Andrea Granjeno Colín, M. en C. María Eugenia Bahena Galindo, Dra. Columba Monroy Ortiz, Dr. Rogelio Oliver Guadarrama, y Dr. Isaac Tello Salgado. Muchas gracias por sus invaluable comentarios y sugerencias hechas a esta investigación, las cuales enriquecieron de manera sustancial la misma.

A mis amigos y compañeros de trabajo. Agradecido con ellos por su apoyo en esta etapa de mi vida, porque cuando me encontraba a punto de flaquear me impulsaron a seguir adelante.

A la vida. Eternamente agradecido por permitirme cumplir un sueño, y por ponerme en mi camino tanta gente maravillosa que fue partícipe del cumplimiento del mismo.



Se agradece a la Directora de tesis M. en C. María Idalia Cuevas Salgado y Síndicos M. en C. María Eugenia Bahena Galindo, Dr. Rogelio Oliver Guadarrama, y Dr. Isaac Tello Salgado, integrantes del Cuerpo Académico “Suelo-Planta: Productividad, Daños y sus Alternativas de Control” Con clave UAEMOR-CA-136, por su valiosa participación en la revisión de la tesis y atinadas sugerencias para el mejoramiento de la misma.

CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS	ii
ÍNDICE DE FIGURAS	iii
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Hipótesis	3
1.2 Objetivo general	3
1.3 Objetivos particulares	3
II. ANTECEDENTES	4
2.1 Origen de las cícadas	4
2.2 Descripción y condiciones edafológicas de <i>C. revoluta</i>	5
2.3 Plagas y enfermedades	7
2.4 Aspectos generales de <i>Aulacaspis yasumatsui</i>	7
2.4.1 Taxonomía	7
2.4.2 Distribución	9
2.4.3 Ciclo biológico	10
2.4.4 Métodos de control	12
2.4.4.1 Control químico	12
2.4.4.2 Control biológico	13
2.4.4.3 Control cultural	14
2.4.4.4 Control alternativo	15
III. MATERIAL Y MÉTODOS	17
3.1 Localización	17
3.2 Selección de tratamientos	17
3.3 Formulación y dosificación de tratamientos	18
3.4 Desarrollo experimental	18
3.5 Análisis estadístico	22
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
4.1 Análisis estadístico para mortalidad de hembras	24
4.2 Análisis estadístico para mortalidad de machos	29
4.3 Modo de acción de los aceites vegetales	32
4.4 Conclusiones	33
4.5 Perspectivas	34
V. LITERATURA CITADA	35

ÍNDICE DE CUADROS

1.	Tratamientos a evaluar para el control de <i>A. yasumatsui</i> _____	18
2.	Mortalidad de hembras adultas y machos en etapa de ninfa II por efecto de aceites nuevos _____	23
3.	Mortalidad de hembras adultas y machos en etapa de ninfa II por efecto de aceites reciclados _____	24
4.	Ordenación y agrupamientos de Duncan de los grupos significativamente diferentes de hembras con aceite nuevo _____	25
5.	Ordenación y agrupamientos de Duncan de los grupos significativamente diferentes en hembras con aceites reciclados _____	25
6.	Ordenación y agrupamientos de Duncan de los grupos significativamente diferentes en machos con aceite nuevo _____	30
7.	Ordenación y agrupamientos de Duncan de los grupos Significativamente diferentes en machos con aceite reciclado _____	30

ÍNDICE DE FIGURAS

1. Ejemplo de una cícada (<i>Cicas revoluta</i>)	5
2. Prosoma redondeado de <i>A. yasumatsui</i>	8
3. Lóbulos medios del pigidio de <i>A. yasumatsui</i> empotrados y divergentes formando una muesca	9
4. Ninfas de primer instar	10
5. <i>C. revoluta</i> infestada por <i>A. yasumatsui</i>	11
6. Aspecto de <i>A. yasumatsui</i> en ambos sexos	12
7. Planta de <i>C. revoluta</i> infestada con <i>A. yasumatsui</i>	19
8. Corte y toma de muestras de hojas infestadas	19
9. Tratamientos y repeticiones	20
10. Aplicación de tratamientos	21
11. Mortalidad de hembras adultas por efecto de los tratamientos	26
12. Aspecto normal de la escama en el tratamiento testigo	27
13. Aspecto de <i>A. yasumatsui</i> hembra después de aplicar el tratamiento	27
14. Deformación del cuerpo por acción del tratamiento	28
15. Pérdida de la turgencia corporal	29
16. Aspecto de machos en la primera aplicación	31
17. Aspecto de macho en la segunda aplicación	31

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, México ocupa el cuarto lugar a nivel mundial en superficie cultivada de ornamentales con 23,417 hectáreas de cultivo, 75% cultivadas a cielo abierto y 25% en invernaderos o viveros, obteniendo una producción de 98.2 millones de toneladas en flores y plantas ornamentales al año con un valor superior a los 325 millones de dólares. De ese volumen, el 90% se comercializa en el mercado nacional y el 10% se destina al mercado de exportación, principalmente a Estados Unidos y Canadá (SAGARPA, 2011).

Por otra parte, se estima que en México existen aproximadamente 15 mil productores de ornamentales (que incluyen a productores de flores), generando en el sector alrededor de 188 mil empleos permanentes, 50 mil eventuales y hasta un millón de empleos indirectos. La diversidad de climas en nuestro país permite la producción de gran variedad de ornamentales durante todo el año, las cuales se clasifican en flores de corte, plantas en maceta, follajes y árboles ornamentales (SAGARPA, 2011).

Los principales estados productores de ornamentales son el estado de México con 6055.2 hectáreas, Puebla con 4,033.38, Morelos con 1494.10 y el resto de los estados con 5,184.83 hectáreas. Así, el estado de Morelos ocupa uno de los primeros lugares en producción de plantas de ornato en el país, con un valor estimado de producción del orden de los 416 millones de pesos, lo que representa el 8.7% del PIB agrícola de la entidad. De manera relevante considera la producción de más de mil especies, en donde destacan las principales zonas productivas que se concentran en los municipios de Cuautla, Yautepec, Cuernavaca, Emiliano Zapata y Jiutepec (Dávila, 2015).

En el estado de Morelos dentro de las plantas cultivadas se encuentran las cicas, que son un grupo antiguo de plantas conocidas botánicamente como gimnospermas originadas hace más de doscientos millones de años (Hodel, 1998). En apariencia se asemejan a las palmeras o helechos con tallo. Estas palmeras son muy populares tanto en el trópico como subtropical, caracterizadas por ser perenes

y presentar un crecimiento lento y un alto valor comercial (Jones, 1993; Watson, 2005). Dentro de la familia de las Cicadáceas, la plaga de mayor importancia es conocida como escama de las cícadadas (*Aulacaspis yasumatsui*) o “CAS” (Cycad Aulacspis Scale), por sus siglas en inglés. De acuerdo a Howard *et al.* (1999) esta escama no solamente ataca a las Cicadáceas, sino también a otras familias como las Zamiáceas y Stangeriáceas, todas caracterizadas por ser plantas de origen muy antiguo con alto valor comercial y botánico (Whitelock, 2002).

Esta plaga en su lugar de origen (Tailandia) es mantenida bajo control gracias a la abundancia de sus enemigos naturales; no obstante, fuera del país debido al creciente interés en las cicadas y la expansión del comercio internacional, la plaga ha sido transportada a diversas zonas del mundo ocasionando una alta mortalidad de plantas que oscila entre 70 y 100% (Blanco y Zúñiga, 2013). Para reducir las poblaciones de esta escama, usualmente se recurre al control químico a través de productos como dimetoato e imidacloprid, mismos que presentan una buena efectividad a costa de altas concentraciones, sin embargo, aún y con ellas ocasionalmente los insecticidas han sido incapaces de controlar esta plaga (Castillo, 2008). Por lo expuesto, en la presente investigación se proponen diferentes aceites vegetales nuevos y reciclados como alternativa de control para *A. yasumatsui*.

1.1 Hipótesis

El uso de aceites vegetales comestibles tanto nuevos como reciclados, son una opción viable para el control de la escama de la cicas *A. yasumatsui*.

1.2 Objetivo general

Evaluar en condiciones de laboratorio, la mortalidad de *Aulacaspis yasumatsui* por efecto de la aplicación de los aceites vegetales de oliva, canola, soya, cártamo y maíz.

1.3 Objetivos particulares

- a). Determinar el porcentaje de mortalidad de hembras adultas por la aplicación de aceites vegetales comestibles nuevos y reciclados.
- b). Establecer la mortalidad de ninfas macho II a través de la aplicación de aceites comestibles nuevos y reciclados.
- c). Describir de acuerdo a la literatura, la forma de actuar de los aceites más destacados y su efecto en la morfología de *A. yasumatsui*

II. ANTECEDENTES

2.1 Origen de las cícadas

Las cícadas son un grupo antiguo de plantas con semillas, la mayoría de especies tiene apariencia similar a las palmeras, con tronco en forma de columna sin ramificar, y por lo común recubierto de hojas que remata en una corona o penacho de hojas con sus extremos divididos. Existen también especies con tallo subterráneo, pero siempre presentan el penacho de hojas en su ápice. Son comunes en plazas y jardines, tanto por razones ornamentales como por su resistencia a factores ambientales (Artabe y Martínez, 2017).

Estas plantas son consideradas como gimnospermas, ya que sus semillas no se forman en un ovario cerrado ni son parte de un fruto, sino que están expuestas. Pertenecen al linaje más antiguo de plantas con semilla que vive en la actualidad, con registros que datan aproximadamente 300 millones de años (Pérez y Vovides, 1997). Fueron diversas y muy abundantes en los bosques y las selvas de la Era Mesozoica, cuando vivieron los dinosaurios, por ello, los botánicos se refieren al Mesozoico como la era de las cícadas. Actualmente se han identificado 11 géneros y unas 185 especies (Jones, 1993), todas pertenecientes al orden Cicadales compuesto por tres familias: Cycadaceae, Stangeriaceae y Zamiaceae. Viven en lugares cálidos del planeta como América, el sudeste asiático, Australia y África (figura 1) (Artabe y Martínez, 2017).

México es uno de los países más importante en el neotropico de este grupo de plantas, de las que se han reportado cerca de 35 especies, de las cuales el 80% son endémicas. Esto implica que casi un 19% de la diversidad reportada a nivel mundial se encuentra en México, haciendo al país uno de los centros más grandes y diversos de cícadas en América (Vovides e Iglesias, 1994). Para el caso específico de *Cycas revoluta*, se considera originaria de las islas tropicales del sur de Japón (Northrop *et al.*, 2010).



Figura 1. Ejemplo de una cícada (*Cycas revoluta*) (WIKIMEDIA, 2010).

2.2 Descripción y condiciones edafológicas de *C. revoluta*

La clasificación taxonómica de la cica agrupa los siguientes taxones (The Plant List, 2013; Tropicos, 2017).

Reino: Plantae

División: Cycadophyta

Clase: Cycadopsida

Orden: Cycadales

Familia: Cycadaceae

Género: *Cycas*

Especie: *Cycas revoluta* Thunb., 1782.

Planta perenne, dioica, de 1 a 5 metros de altura, aunque puede crecer hasta 8 metros de altura en especímenes muy viejos; sin embargo, esta planta tiene un crecimiento muy lento por lo que se requieren entre 50 y 100 años para alcanzar dicha altura (Sánchez, 2015). Con pie masculino y femenino, tallo leñoso (de 20 a 90 cm de diámetro), erecto, cubierto por hojas carpelares dispuestas de manera helicoidal sobre el eje con indumento denso pardo-amarillento, folíolos planos con hasta 25 cm de longitud, curvados y espinosos; color verde intenso tornándose más pálido en las partes inferiores, aspecto general plumoso, hojas vegetativas con crecimiento apical de color verde en roseta terminal. Flores vistosas con perigonio ausente, las femeninas con roseta de hojas no asimiladoras portadoras de óvulos desnudos: óvulos de 1 a 3 cm de diámetro de color anaranjado, pubescentes. Esta especie se cultiva en parques, jardines públicos y privados, macetas, solitaria o en grupos (Guillot, 2009; Sánchez, 2015).

C. revoluta prefiere climas cálidos, sin embargo, soporta temperaturas desde 11 a 42°C, tolerando heladas cuando se cultiva en suelo (López, 2006). Su óptimo desarrollo lo alcanza a 25°C. A este respecto, una temperatura cálida constante durante todo el año permitirá un rápido crecimiento de la planta, en tanto, mientras menores sean las temperaturas se reducirá la tasa de crecimiento (Whitelock, 2002). La especie puede soportar condiciones de sequía durante largo tiempo, sin embargo, esto limitará su crecimiento. De acuerdo con Whitelock (2002), los suelos en los que mejor crece son aquellos con un aceptable contenido de materia orgánica, bien drenados y con suficiente aireación, con textura arenosa a limoarenosa. El pH ideal es de siete, aunque pH ligeramente ácido también permiten un buen crecimiento.

2.3 Plagas y enfermedades

De acuerdo con Whitelock (2002), de las plagas insectiles que atacan *C. revoluta* los mayores problemas se dan con escamas de diferentes géneros. Estas se encuentran generalmente en el envés de los folíolos de las hojas protegidas por una concha, debajo de la cual se alimentan succionando la savia de la planta. Normalmente producen puntos cloróticos en el follaje; sin embargo, al alimentarse de hojas emergentes pueden provocar su deformación. Dentro de las escamas más destacadas se encuentra *Aulacaspis yasumatsui*, especie originaria de Asia diseminada a nivel mundial, caracterizada por ser sumamente invasora y de difícil control. Aunado a esta especie, aunque con importancia secundaria, se han reportado ataques de cochinillas, lepidópteros, ortópteros, áfidos y ácaros (Naranjo, 2011).

Con respecto a enfermedades presentes en *C. revoluta*, en su mayoría son provocadas por hongos como *Alternaria* sp., *Colletotrichum* sp., *Dendrophoma clypeata*, *Fusarium oxysporum*, *Gloeosporium* sp., *Pestalotia cycadis*, *Phoma* sp., *Phomopsis cycadiana* y *Phyllosticta* sp. que ocasionan manchas foliares; en tanto que *Clitocybe tabescens* propicia pudriciones de la raíz y *Ganoderma* sp. pudriciones de la corona (Whitelock, 2002). Por otra parte, los casos de bacterias en *C. revoluta* son relativamente extraños, pero cuando se presentan generalmente se dan en asociación con hongos que causan pudriciones en la corona o raíz (Whitelock, 2002).

2.4 Aspectos generales de *Aulacaspis yasumatsui*

2.4.1 Taxonomía

La clasificación taxonómica de la escama de las cícadas es la siguiente (ITIS, 2017; BUGGHIDE, 2017):

Dominio: Eukaria

Reino: Metazoa

Phylum: Arthropoda

Subphylum: Hexapoda

Clase: Insecta

Orden: Hemiptera

Suborden: Sternorrhyncha

Superfamilia: coccoidea

Familia: Diaspididae

Género: *Aulacaspis*

Especie: *Aulacaspis yasumatsui* Takagi, 1977.

La clasificación de este grupo de insectos se realiza sobre la base de las características de la hembra adulta, ya que presenta vida sedentaria e incluye: el tener un prosoma expandido redondeado (figura 2), cuerpo plano y blando cubierto por una escama de cera, ausencia dorsal de macrotubos en el primero y segundo segmento abdominal; el cuarto lóbulo del pigidio no está bien desarrollado, en cambio, está representado por áreas simples elevadas y esclerotizadas y los lóbulos medios del pigidio son divergentes y empotrados en el pigidio para formar una muesca (figura 3) (Claps y Wolff, 2015; Nesamari *et al.*, 2015)

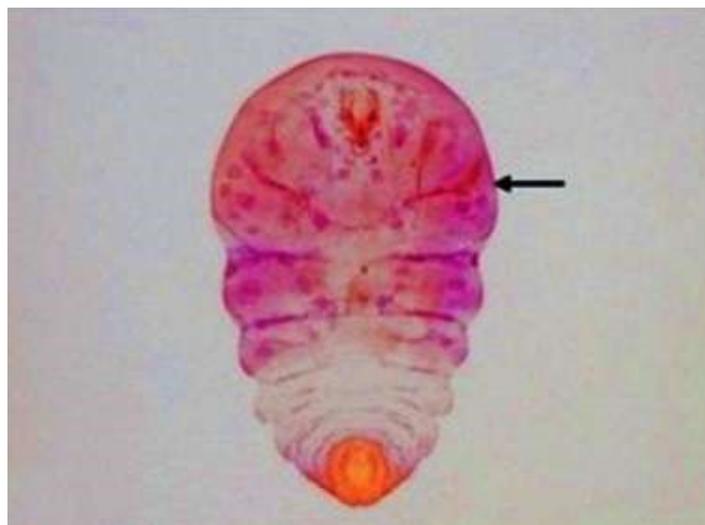


Figura 2. Prosoma redondeado de *A. yasumatsui* (Nesamari *et al.*, 2015).

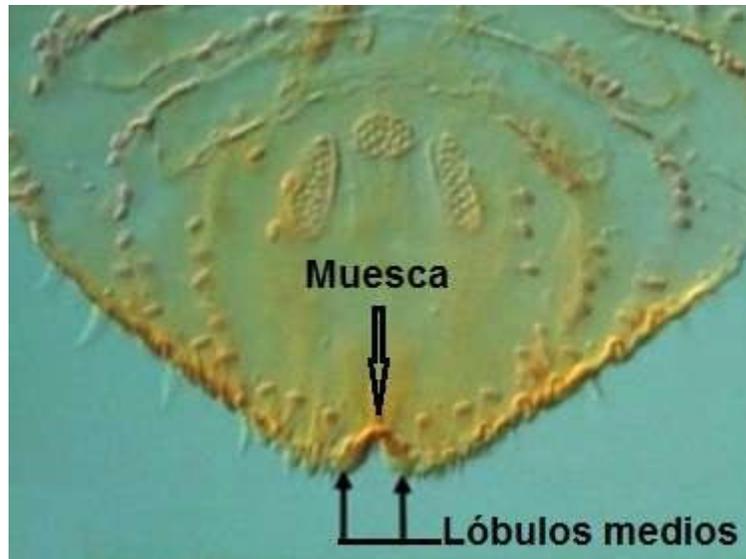


Figura 3. Lóbulos medios del pigidio de *A. yasumatsui* empotrados y divergentes formando una muesca (Nesamari *et al.*, 2015).

2.4.2 Distribución

A. yasumatsui es un hemíptero originario del sureste asiático en donde se encuentra ampliamente distribuido, aunque actualmente cuenta con una distribución mundial (Mannion, 2008). Particularmente se le encuentra de manera abundante en América del Norte, el Caribe, Europa, las islas del Pacífico y Sudáfrica; incluso la especie ha sido interceptada en la frontera de Nueva Zelanda y en algunos países europeos (Howard *et al.*, 1999; Muniappan y Viraktamath 2006). Su presencia en México se registró en 2016 a partir de especímenes colectados en 2015 en plantas ornamentales de *Cycas circinalis* L. y *Cycas revoluta* Thunberg, en Tapachula y Playa Linda, estado de Chiapas, cerca de la frontera con Guatemala (González *et al.*, 2016).

Este insecto se encuentra con mayor frecuencia en plantas de las familias Cycadaceae y Zamiaceae, aunque también se ha reportado en especies del género *Stangeria* (Stangeriaceae). Bajo este contexto, y a pesar de que los daños por escama son evidentes en cualquier cícada que afecte, el género *Cycas* parece ser el más susceptible a su ataque, particularmente *C. revoluta* (Weissling *et al.*, 1999; Hodges *et al.*, 2003).

2.4.3 Ciclo biológico

Las hembras de la escama de las cícadas suelen llegar a producir hasta 100 huevos durante su vida fértil. Usualmente los huevos son colocados debajo de las capas de cera y eclosionan entre siete y nueve días después de haber sido depositados. La ninfa en su primer estadio es móvil, etapa en la cual se dispersa por la planta o es arrastrada por el viento (figura 4); una vez que las ninfas se establecen, comienzan a succionar la savia de las hojas, volviéndose sésiles y pasando a su segundo estado ninfal y posteriormente a adulto. El tiempo que puede tardar *A. yasumatsui* desde que eclosiona de un huevo hasta llegar a convertirse en adulto varía entre 21 y 30 días, dependiendo de la temperatura del ambiente, siendo 30°C la temperatura donde su desarrollo se da de manera más rápida (Weissling *et al.* 1999, Hodges *et al.*, 2003; Cave, 2005, Muniappan y Viraktamath, 2006; Mannion, 2008; Naranjo, 2011).

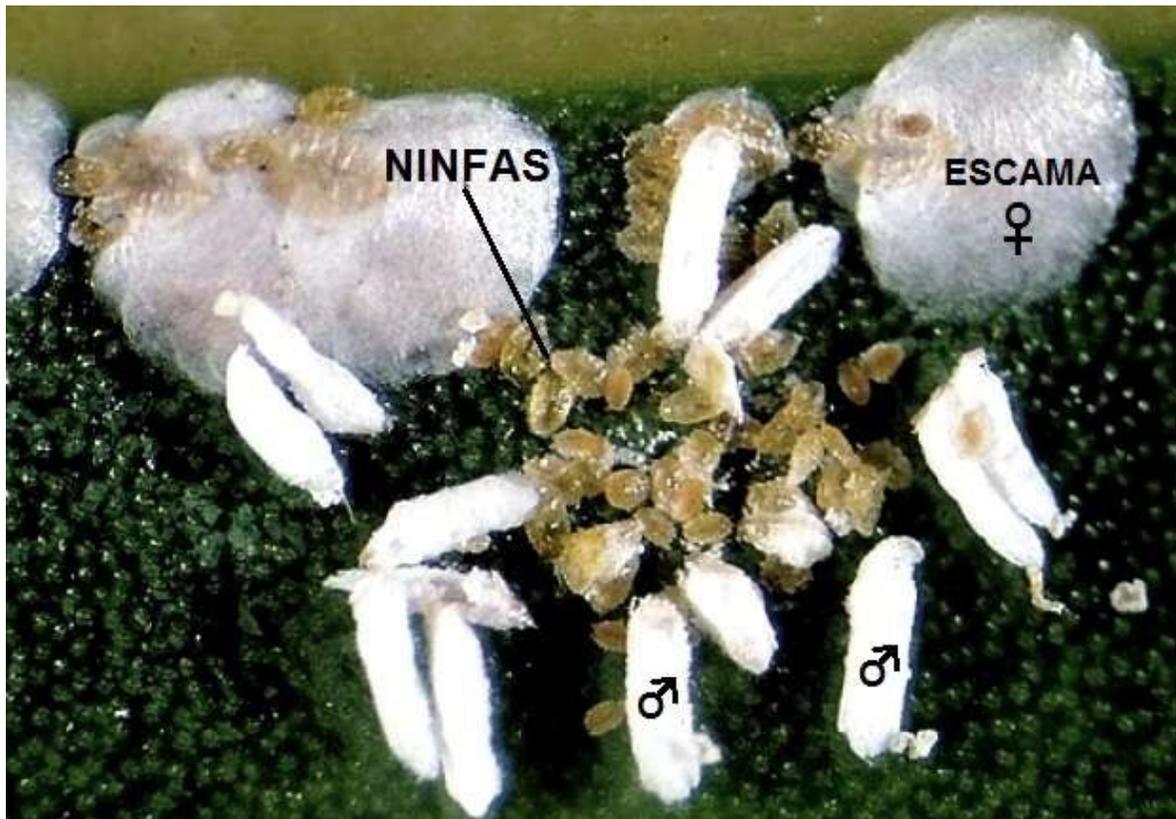


Figura 4. Ninfas de primer instar de *A. yasumatsui* (Glen, 2017).

Comúnmente el daño inicia en el envés de los folíolos, con pequeñas manchas cloróticas que van creciendo a medida que la infección crece hasta secar completamente la planta. Cuando ésta se encuentra completamente infectada, se cubre con una capa blanca de escamas de distintos estadios que pueden estar vivos o muertos, lo que hace difícil su remoción aún cuando los insectos ya están muertos (Figura 5). Por lo que, aunque la plaga ya haya sido controlada, el aspecto ornamental de la planta se ve afectado (Weissling *et al.*, 1999; EPPO, 2008; Marler y Moore 2010; Claps y Wolff, 2015).



Figura 5. *C. revoluta* infestada por *A. yasumatsui* (Glen, 2017).

Las hembras maduras de *A. yasumatsui* son ápteras y blandas, de 1.2 a 1.6 mm de largo y de forma muy variable, aunque pueden tener forma de pera con las exuvias (cubierta exterior eliminada tras la muda) en un extremo, a menudo presentan forma irregular que se adapta a las venas de las hojas, las escamas adyacentes o a otros objetos. Usualmente las hembras no viven más de 75 días y son de color anaranjado. El macho es de 0.5 a 0.6 mm de largo, con escama blanca y alargada y cuerpo de color marrón anaranjado (figura 6). En estado adulto son similares a un mosquito, presentan un par de alas, patas y antenas bien desarrolladas y carecen de piezas bucales funcionales, con longevidad de unas pocas horas (Hidalgo, 2011; González y Viveros, 2012; Claps y Wolff, 2015; CABI, 2017; Weissling y Howard, 2017).



Figura 6. Aspecto de *A. yasumatsui* en ambos sexos (Weissling *et al.*, 1999).

Las hembras se asemejan a la escama blanca de la magnolia *Pseudaulacaspis cockerelli* (Comstock), que también es común en cíadas en Florida. Sin embargo, el color del cuerpo y huevos de *Aulacaspis yasumatsui* es de color naranja, a excepción de los individuos recientemente mudados que son de color amarillo. Los huevos y todas las etapas de *Pseudaulacaspis cockerelli* son amarillos; además, las escamas de *A. yasumatsui* generalmente se encuentran en el envés de las hojas, mientras que las de *P. cockerelli* se ubican en la superficie superior (González y Viveros, 2012; CABI, 2017; Weissling y Howard, 2017).

2.4.4 Métodos de control

2.4.4.1 Control químico

La escama de las cicas *A. yasumatsui*, es sin lugar a duda la plaga más importante y dañina de las cicas ornamentales a nivel mundial (Blanco y Zúñiga, 2013), aunado a ello es una especie inusualmente difícil de controlar, ya que forma poblaciones densas y se mueve rápidamente a nuevas áreas a través del comercio de plantas (Howard y Haynes, 2006). Actualmente su control se lleva a cabo con productos químicos como dimetoato e imidacloprid, que han resultado efectivos a muy altas concentraciones, particularmente en los estados ninfales que suelen ser

más susceptibles debido a que poseen una capa cerosa mucho más delgada que los adultos, o del todo no la poseen (Caldwell, 2003).

Cuando los insecticidas no controlan de manera adecuada a la escama, usualmente se recurre a la aplicación de aceite de pescado o aceites agrícolas sobre el follaje, estos aceites evitan que las ninfas de primer estadio se establezcan en la planta y empiecen a alimentarse. Las aplicaciones continuas de estos por varias semanas también matan algunas hembras adultas (Weissling y Howard, 1999).

Además de los productos anteriores, se han utilizado otros como el pyriproxifen, dinotefuran, acetamiprid, acephato y malathion; otros productos se han aplicado al suelo como dinotefurán, sin embargo, todos han tenido resultados de un control que va de regular a aceptable. Los ingredientes activos más recomendables son imidacloprid y thiamethoxam (por su modo de acción sistémico), además de pyriproxifen, un regulador de crecimiento que esteriliza las hembras, baja la viabilidad de los huevos e inhibe la metamorfosis. El problema de los insecticidas químicos, es que son de amplio espectro y se necesitan varias aplicaciones para controlar realmente la escama, provocando daño a especies benéficas o depredadores naturales, los cuales son muy necesarios tratándose de una plaga exótica (Emshousen *et al.*, 2004).

2.4.4.2 Control biológico

El control biológico de *A. yasumatsui* se ha enfocado a la utilización de insectos depredadores y parasitoides (Hodges *et al.*, 2003). Así por ejemplo, en 1997 se importaron a Florida dos enemigos naturales: el depredador *Cybocephalus binotatus* (Coleoptera: Nitidulidae) y el parasitoide *Coccobius fulvus* (Hymenoptera: Aphelinidae), a pesar que ambas especies se establecieron, el porcentaje de control que logran fue bajo no superando el 40% (Hodges *et al.*, 2003; Emshousen *et al.*, 2004; Cave, 2005). En China se ha evaluado el potencial de *Aprostocetus chionaspidis* (Hymenoptera: Aphelinidae) con resultados promisorios, pues ha logrado altos niveles de parasitismo sobre *A. yasumatsui* (Cave, 2005).

Por otra parte, Cave (2006) señala que en el sur de la Florida se han colectado 16 especies de coccinélidos depredando a *A. yasumatsui*, mismos que pudieran ser evaluados como instrumentos potenciales de control biológico. Algunos de ellos son: *Chilocorus cacti*, *Cryptolaemus montrouzieri*, *Exochomus childreni* e *Hippodamia convergens*, entre otros. Adicionalmente, el autor menciona que no se conocen patógenos primarios que causen enfermedades en *A. yasumatsui*, ya que sus piezas bucales perforadoras impiden la ingestión de bacterias o virus que comúnmente atacan a insectos masticadores; además, la coraza externa de la plaga actúa como una barrera para las esporas de hongos entomopatógenos como *Beauveria* y *Metarhizium*. Finalmente además de lo expuesto, se han realizado pruebas con nematodos entomopatógenos que atacan a las ninfas que se encuentran tanto en tronco como en raíz; sin embargo, al ser aún pruebas experimentales, aún no se cuenta con metodologías aplicables en campo (Cave 2005).

2.4.4.3 Control cultural

Las prácticas culturales para esta plaga se reducen a la poda de las hojas que estén altamente infestadas, teniendo siempre cuidado con la disposición de las hojas para evitar la reinfestación o diseminación. Por otra parte, es importante la desinfección de todo material usado en la poda, evitando de esta manera contaminar otras plantas o trasladar la escama a otros lugares. Se recomienda además el uso de hidrolavadoras o chorros de agua a presión, esto permitirá remover un buen porcentaje de las escamas que se encuentran adheridas a los tallos (Naranjo, 2011, Hodges *et al.*, 2003). También se sugiere que las hojas de una planta no estén en contacto con otra, con ello se evita que los estadios móviles pasen de una hoja a otra; sin embargo, la medida es medianamente eficaz ya que la escama es fácilmente trasladada por el viento (Muniappan y Viraktamath, 2006).

2.4.4.4 Control alternativo

En virtud de que *A. yasumatsui* es considerada una plaga de reciente introducción, las investigaciones que versan su control son relativamente escasas, y más aún aquellas que abordan alternativas poco convencionales, tales como el

uso de aceites vegetales. Bajo este enfoque, a continuación se describen algunos de los trabajos más destacados que manejan diferentes alternativas para su control.

Para el caso de *A. yasumatsui*, Broome (2007) probó la efectividad de aplicar los residuos del café en el suelo, obteniendo como resultado un efecto sistémico que evitó la contaminación de especímenes de cicas en contacto con plantas infectadas de *A. yasumatsui*. Adicionalmente realizó infusiones de café, las cuales aplicadas al follaje obtuvieron un efecto repelente de la escama.

En otra investigación, Blanco y Zúñiga (2013) evaluaron el efecto de seis jabones comerciales: Cristalin, Brasso Antigrasa, Barra Extra Verde, Doña Blanca Barra, Rinso y Axió Limón sobre poblaciones de *A. yasumatsui*. En sus resultados señalan que el número de ninfas I vivas fue significativamente menor cuando se utilizó jabón Cristalin que cuando se empleó Rinso y el testigo. Encontraron diferencias altamente significativas para el promedio de hembras adultas vivas donde los jabones Barra Extra Verde y Cristalin presentaron el menor número de estos insectos comparados al Testigo y Rinso.

El número de hembras adultas muertas fue altamente significativo entre tratamientos donde el Cristalin presentó un promedio de 1,500 hembras muertas contra 1,000 individuos muertos en promedio de los otros tratamientos. De sus resultados concluyen que el jabón Cristalin fue el mejor tratamiento en el control de poblaciones de *A. yasumatsui*, con la menor cantidad de ninfas I vivas y la mayor cantidad de hembras adultas muertas.

Hodges *et al.*, (2003) en varias pruebas y observaciones, encontraron que los aceites a base de parafina o aceites hortícolas extrafinos con 95% de aceite de pescado aplicados al follaje y troncos de cícadras infestados, reducen en gran medida las poblaciones de insectos escamas de *A. yasumatsui*. Agregan que los resultados pueden ser variables, debido en parte a la arquitectura de la planta. Por ejemplo, los márgenes de las pinnas (folíolos) de *Cycas revoluta* hacia abajo y hacia adentro, forman una depresión en el cual el producto no siempre penetra. La utilización de aceites foliares es efectivo, pero el control puede requerir varias

aplicaciones para evitar reinfestaciones posteriores. Sin embargo, tratamientos frecuentes de aceite puede dar lugar a una acumulación antiestética de aceite y escamas muertas afectando la apariencia de la planta, lo cual puede mejorarse lavando el aceite viejo.

En una investigación más, Naranjo (2011) durante diez semanas evaluó bajo condiciones de invernadero, el uso del hongo entomopatógeno *Cladosporium* sp, aceite de higuera (*Ricinus communis*), infusiones de café (*Coffea arabica*), diazinón+aceite agrícola como testigo de comparación y testigo absoluto, como posibles tratamientos alternativos a los métodos químicos convencionales para el control de *A. yasumatsui*.

Como resultado obtuvo que los porcentajes de mortalidad fueron dependientes del tratamiento utilizado. La mortalidad más alta la obtuvieron con los tratamientos de diazinón+aceite agrícola y el aceite de higuera, con un 97.7% y 95.2%, respectivamente. En tercer lugar, el hongo *Cladosporium* sp. ocasionó 35.7% de mortalidad en tanto que la infusión de café causó 27.1%. Por último, señalan que el testigo absoluto tuvo una mortalidad de 10.4%. Concluyen que el aceite de higuera y *Cladosporium* sp. se presentan como alternativas para utilizar dentro de un plan de manejo integrado, agregando que es necesario investigar más acerca de estos productos para maximizar su eficiencia.

III. MATERIAL Y MÉTODO

3.1 Localización

El experimento se desarrolló bajo condiciones controladas ($26 \pm 2^{\circ}\text{C}$ y humedad relativa de $50 \pm 5\%$), en el Laboratorio de Entomología del Centro de Investigaciones Biológicas (CIB) de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM).

3.2 Selección de tratamientos

En virtud de la ausencia de literatura referente al control de *A. yasumatsui* a través del uso de aceites vegetales comestibles, se decidió tomar como criterio las investigaciones desarrolladas por Camacho (2015) y Castañeda (2016), quienes evaluaron diversos aceites vegetales tanto nuevos como reciclados para el control de la cochinilla silvestre del nopal *Dactylopius opuntiae* (Hemiptera, Dactylopiidae), especie que pertenece a la misma superfamilia (Coccoidea) que *A. yasumatsui*. Al respecto, Camacho (2015) lo hizo bajo condiciones de laboratorio obteniendo como resultado que el aceite sólo de maíz y oliva ocasionó en ninfas I mortalidad de 26.6% y 21.8%, respectivamente, en comparación al testigo que presentó 4.9%. Para hembras adultas el aceite de soya y canola produjeron mortalidad de 21.3% en comparación al testigo que registró 6.9%.

Similar a lo anterior, Castañeda (2016) bajo condiciones de campo obtuvo por resultado que el aceite en suspensión (con agua y detergente) de oliva nuevo y reciclado ocasiona una densidad poblacional de 2.6% y 4.5%, en contraste con el 26.6% del testigo en ninfas I; es decir, que ambos redujeron la población en 89.6% y 82.1%. El de canola 78.5%, maíz 77.3%, cártamo 72.4% y soya 47.7%. Con respecto a hembras adultas, este mismo aceite disminuyó la población en 3.7%, porcentaje bastante inferior al obtenido por el testigo que fue de 10.21%.

Con base en lo expuesto, los tratamientos evaluados fueron los siguientes: aceite de oliva, canola, soya, cártamo y maíz, todos ellos en su versión nueva y reciclada (quemados). Sobre este punto es importante destacar, que tomando en consideración que los aceites quemados también tienen efecto insecticida, se

decidió hacer uso de ellos con fines de reciclaje, de esta manera se podrá hacer un comparativo en cuanto a eficiencia de ambos tipos de aceites, ya que de tener éxito esto representaría un ahorro en los procesos de aplicación. Finalmente, es importante destacar que los aceites quemados se obtuvieron de hogares, los cuales fueron filtrados con cedazo para eliminar impurezas y residuos de comida.

3.3 Formulación y dosificación de tratamientos

Los aceites utilizados en el experimento se consignan en el cuadro 1, especificando la marca y dosis utilizada (Camacho, 2015).

Cuadro 1. Tratamientos evaluados para el control de *A. yasumatsui*.

TRATAMIENTO	MARCA COMERCIAL	DOSIS TOTAL
Aceite de Oliva	Baja precius	*3 ml
Aceite de Canola	Maravilla	3 ml
Aceite de Soya	Nutrioli	3 ml
Aceite de Cártamo	Oleico	3 ml
Aceite de Maíz	Capullo	3 ml
Testigo (agua)		

*Tres aplicaciones de 1 ml cada una.

3.4 Desarrollo experimental

Para el desarrollo de esta investigación se utilizaron folíolos de *C. revoluta* infestados con *A. yasumatsui*, mismos que se obtuvieron de plantas ubicadas en la cancha de usos múltiples de la cabecera municipal del municipio de Tlaquiltenango

Morelos (figura 7). Las hojas infestadas se cortaron y colocaron en bolsas de papel para ser transportadas al Laboratorio de Entomología de la UAEM (figura 8).



Figura 7. Planta de *C. revoluta* infestada con *A. yasumatsui*.



Figura 8. Corte y toma de muestras de hojas infestadas.

Los foliolos de cada hoja se observaron al microscopio estereoscópico (marca Velab, modelo VE-S402L, ocular WF 10x/20, objetivo 2x-4x) para seleccionar escamas con apariencia intacta; es decir, sin daño aparente que asegurara la viabilidad del individuo. Tras la revisión se eligieron 30 escamas hembra (adultas) y 30 escamas macho (en etapa de ninfa II) que representaron la unidad experimental o repetición. Para obtenerlas, se cortó con tijeras el foliolo en que se encontraban retirando con un alfiler aquellas que se encontraban dañadas, introduciéndolas a continuación en una caja Petri.

Bajo este contexto, se utilizó un diseño estadístico completamente al azar con tres repeticiones (Reyes, 1985; Díaz, 2009), cada una de ellas con 30 escamas. Por tanto, el experimento quedó conformado por 11 tratamientos (incluyendo al testigo) y 72 repeticiones que arrojaron un total de de 2,160 individuos (1,080 hembras adultas y 1,080 machos en etapa de ninfa II) (figura 9). Es necesario destacar que en el ensayo se omitieron ninfas I (hembras) y adultos macho, en virtud de que las primeras presentan movilidad haciendo difícil su conteo. En lo referente a machos adultos, se descartaron debido a su baja sobrevivencia y al hecho de ser difícil su ubicación por la acción del vuelo.



Figura 9. Tratamientos y repeticiones.

La metodología que se llevó a cabo para la aplicación de tratamientos fue la siguiente. Para cada tratamiento se empleó el aceite que correspondiera a razón de 1 ml por aplicación contabilizando un total de tres aplicaciones. En cuanto al rociado o asperjado, se utilizó un atomizador manual dirigiendo el producto a los folíolos tratando de impregnarlos totalmente con el aceite (agua destilada para el caso del testigo) (figura 10). Las aplicaciones se realizaron al inicio del experimento, a las 24 y 48 horas, en tanto que la observación microscópica para determinar el efecto de los tratamientos se verificaron inmediatamente después de cada aplicación, extendiéndose hasta las 24 horas posteriores a la última aplicación.



Figura 10. Aplicación de tratamientos.

Finalmente, para determinar si el tratamiento evaluado ocasionó la mortalidad de individuos, con un alfiler se desprendía con sumo cuidado la cubierta cerosa para exponer su cuerpo y observar su turgencia, desecación o deformación, así como el probable cambio de color y su respuesta al ser tocado con el alfiler.

3.5 Análisis estadístico

Para el análisis estadístico de resultados se utilizó el Paquete Estadístico XLSTAT Versión 7.5.2. para EXCEL desarrollado por Addinsoft (1995–2004). Las pruebas utilizadas comprendieron: análisis de normalidad de Jarque-Bera y Shapiro-Wilk y transformación logarítmica $[\log(x)]$ para su normalización. Adicionalmente se practicó análisis de varianza y comparación múltiple de medias de Duncan, todas con un intervalo de confianza del 95%. Es necesario destacar que las pruebas anteriores se realizaron por separado para cada sexo y tipo de aceite (nuevo y reciclado).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los cuadros 2 y 3 se muestran los resultados obtenidos al final de las pruebas experimentales, en los que se aprecia que a partir de los resultados reales la mortalidad para los individuos de ambos sexos fue de 100%, tanto con el empleo de aceites nuevos como reciclados. En contraste, todos los testigos presentaron mortalidades notoriamente bajas, lo que hace referencia a la susceptibilidad de la plaga a los aceites vegetales.

Cuadro 2. Mortalidad de hembras adultas y machos en etapa de ninfa II por efecto de aceites nuevos.

MORTALIDAD DE HEMBRAS			
TRATAMIENTOS	1ª REPETICIÓN	2ª REPETICIÓN	3ª REPETICIÓN
Oliva	* 30	30	30
Canola	30	30	30
Maíz	30	30	30
Soya	30	30	30
Cártamo	30	30	30
Testigo	2	1	1
MORTALIDAD EN MACHOS			
Oliva	* 30	30	30
Canola	30	30	30
Maíz	30	30	30
Soya	30	30	30
Cártamo	30	30	30
Testigo	1	0	2
* Número de individuos			

Cuadro 3. Mortalidad de hembras adultas y machos en etapa de ninfa II por efecto de aceites reciclados.

MORTALIDAD DE HEMBRAS			
TRATAMIENTOS	1ª REPETICIÓN	2ª REPETICIÓN	3ª REPETICIÓN
Oliva	* 30	30	30
Canola	30	30	30
Maíz	30	30	30
Soya	30	30	30
Cártamo	30	30	30
Testigo	1	1	1
MORTALIDAD EN MACHOS			
Oliva	* 30	30	30
Canola	30	30	30
Maíz	30	30	30
Soya	30	30	30
Cártamo	30	30	30
Testigo	1	0	0
* Número de individuos			

4.1 Análisis estadístico para mortalidad de hembras

Al realizar las pruebas de normalidad tanto para hembras tratadas con aceites nuevos como reciclados se observó que sus valores no eran normales, por tanto se realizó la transformación logarítmica de los mismos $[\log(x)]$, prueba que no logró normalizar los índices. Con este resultado se probó normalizarlos con otras transformaciones como $\text{Log}(x+1)$, $\text{Sqrt}(x)$, $\text{Sqrt}(x+0.5)$ y X^2 con el mismo resultado. La razón de no poder normalizar los valores radica en los extremos de los índices; es decir, cualquier tratamiento obtuvo mortalidad de 30 individuos en tanto que el testigo osciló entre 0, 1 o 2; por ello, con estos valores es virtualmente imposible lograr una distribución normal.

No obstante el inconveniente de las pruebas anteriores, se efectuó el análisis de varianza obteniendo por resultado diferencias significativas entre tratamientos con aceites nuevos ($F=7396.000 > \text{Pr } 0.0001$) y reciclados ($F=841.000 > \text{Pr } 0.0001$).

Posteriormente, al desarrollar la comparación múltiple de medias de Duncan, se encontró que el único tratamiento diferente tanto en aceites nuevos como reciclados fue el testigo.

Lo anterior significa que todos los tratamientos fueron diferentes al testigo e iguales entre sí, dicho de otro modo, que en ambos casos los tratamientos ocasionaron una alta mortalidad en comparación al testigo cuya mortalidad fue extremadamente reducida (cuadros 4 y 5), resultado estadístico que respalda y corrobora los valores reales de mortalidad.

Cuadro 4. Ordenación y agrupamientos de Duncan de los grupos significativamente diferentes en hembras con aceite nuevo.

Categorías	Media	Agrupamientos
Oliva	30.000	A
Cártamo	30.000	A
Soya	30.000	A
Maíz	30.000	A
Canola	30.000	A
Testigo	1.333	B

Cuadro 5. Ordenación y agrupamientos de Duncan de los grupos significativamente diferentes en hembras con aceite reciclado.

Categorías	Media	Agrupamientos
Oliva	30.000	A
Cártamo	30.000	A
Soya	30.000	A
Maíz	30.000	A
Canola	30.000	A
Testigo	1.000	B

Ahora bien, para hacer más claro y evidente el efecto de los tratamientos en la mortalidad de la escama se desarrolló la figura 11, en ella se aprecia que tanto los aceites nuevos como los reciclados ocasionaron 100% de mortalidad en hembras adultas, esto sin importar el origen del mismo. A este respecto, en las imágenes subsiguientes se observará el aspecto de la plaga antes y después de la aplicación de tratamientos.

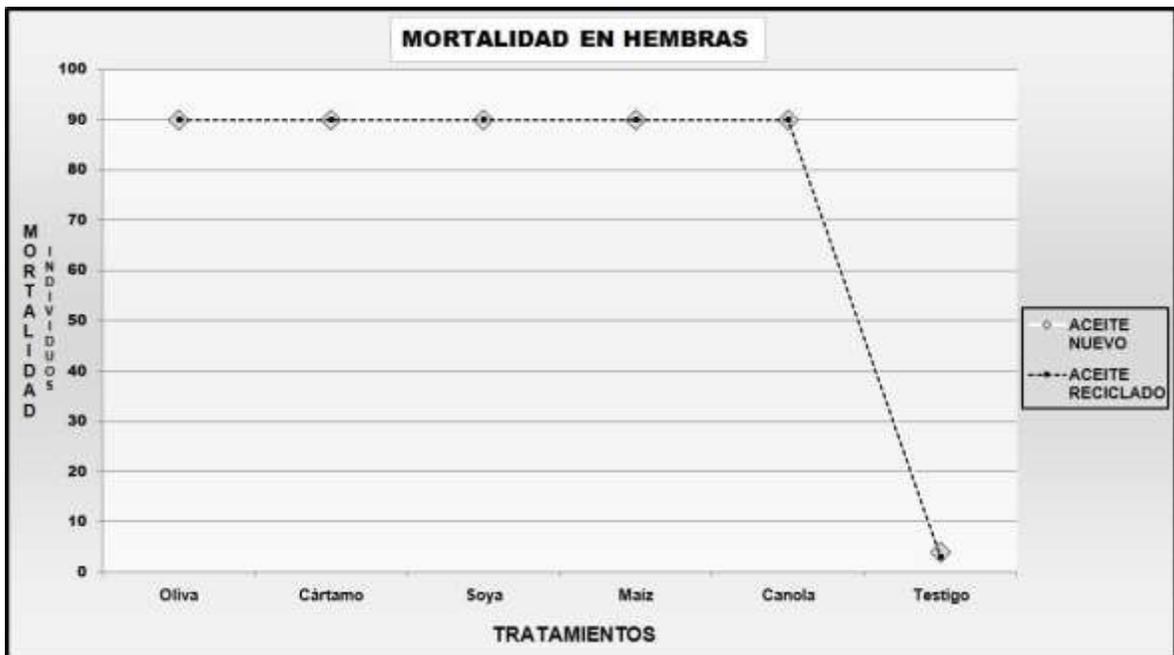


Figura 11. Mortalidad de hembras adultas por efecto de los tratamientos.

En la figura 12 se aprecian las características normales de la escama antes de la aplicación de aceites. En ella se observa que el individuo es poco detectable debido a la cubierta algodonosa (cerosa) que lo recubre. Por el contrario, en cualquier tratamiento involucrado con aceite nuevo o reciclado el aspecto de la hembra es notoriamente diferente. Inicialmente al aplicar el aceite, la cubierta algodonosa se torna ligeramente translúcida al ser impregnada totalmente por el mismo, debido a ello el organismo se hace visible pudiendo detectar su forma, incluso en algunos casos, es posible ver sus huevecillos al interior de la cubierta cerosa (figura 13).



Figura 12. Aspecto normal de la escama en el tratamiento testigo.



Figura 13. Aspecto de *A. yasumatsui* hembra después de aplicar tratamiento.

Posteriormente, al continuar con las aplicaciones (al inicio, a las 24 y 48 horas), el color usualmente marrón claro se fue tornando marrón oscuro observándose una progresiva deformación del cuerpo (figura 14) y una notoria pérdida de turgencia corporal (figura 15). Por otra parte, como fue descrito en la metodología, a las 72 horas (24 después de la última aplicación) se verificó la mortalidad de individuos. Para ello se retiró la capa cerosa y presionó ligeramente con un alfiler el cuerpo del organismo, obteniendo por resultado la nula reacción al estímulo.



Figura 14. Deformación del cuerpo por efecto del tratamiento.



Figura 15. Pérdida de turgencia corporal.

A diferencia de los aceites, en el caso del testigo al realizar el mismo procedimiento se obtenía por resultado ligeros movimientos al ser tocados con el alfiler; aunado a ello, el contorno de sus cuerpos se apreciaba normal, así como su color y turgencia corporal. Adicionalmente, al intentar retirar los especímenes del foliolo, los que fueron tratados con aceites vegetales se desprendían fácilmente, a diferencia de las escamas del testigo que estaban fuertemente adheridas al foliolo por medio de su estilete.

4.2 Análisis estadístico para mortalidad de machos

Con respecto al análisis estadístico en machos, al igual que con lo sucedido en hembras, el análisis de varianza mostró diferencias significativas entre tratamientos $F=2523.000 > Pr 0.0001$ y $F=7921.000 > Pr 0.0001$ para aceites nuevos y reciclados respectivamente. En tanto que la comparación múltiple de medias de Duncan demostró para ambos tipos de aceites, que todos los tratamientos fueron diferentes al testigo (cuadros 6 y 7); es decir, que todos los aceites

independientemente del origen y la marca provocaron el 100% de mortalidad en machos de *A. yasumatsui*.

Cuadro 6. Ordenación y agrupamientos de Duncan de los grupos significativamente diferentes en machos con aceite nuevo.

Categorías	Media	Agrupamientos
Oliva	30.000	A
Cártamo	30.000	A
Soya	30.000	A
Maíz	30.000	A
Canola	30.000	A
Testigo	1.000	B

Cuadro 7. Ordenación y agrupamientos de Duncan de los grupos significativamente diferentes en machos con aceite reciclado.

Categorías	Media	Agrupamientos
Oliva	30.000	A
Cártamo	30.000	A
Soya	30.000	A
Maíz	30.000	A
Canola	30.000	A
Testigo	0.333	B

La caracterización de los machos (ninfa II) muertos por efecto de los aceites, coincidió o fue la misma que lo sucedido en hembras; cambio de color del marrón claro al marrón oscuro después de la aplicación, nula respuesta al ser estimulado con la punta de un alfiler, progresiva deformación del cuerpo y pérdida de turgencia corporal (figuras 16 y 17), además de ser fácilmente desprendibles de los folíolos.



Figura 16. Aspecto de machos en la primera aplicación.



Figura 17. Aspecto de macho en la segunda aplicación.

4.3 Modo de acción de los aceites vegetales

El resultado obtenido en la etapa experimental, evidencia la utilidad de los aceites vegetales comestibles como instrumento de control para hembras y machos de *A. yasumatsui*, esto después de corroborar la total mortalidad de organismos por efecto de los mismos. Bajo este contexto, sería importante conocer su probable mecanismo de acción, para establecer su potencialidad a nivel comercial así como su pertinencia para el control de otras plagas de importancia económica.

A este respecto, Vives (1988) menciona que aunque se han utilizado con fines insecticidas diversos aceites vegetales y animales, los más utilizados actualmente son los minerales derivados del petróleo o la hulla (carbón procedente de depósitos vegetales). Por otra parte, de acuerdo con Porcuna (2011), la principal causa de muerte en artrópodos producida por los aceites es la anoxia: los aceites bloquean los espiráculos de los insectos o los estigmas de los ácaros produciendo la muerte por asfixia; en consecuencia, los aceites podrían considerarse como insecticidas de contacto debido a la obstrucción mecánica que provocan.

Además de la obstrucción de espiráculos, algunos autores señalan que el aceite también puede penetrar en ellos a través del tegumento, poniéndose en contacto con las ramificaciones del sistema nervioso determinando una parálisis general seguida de la muerte (Herrera, 1961). Finalmente, en el caso de los huevos, los aceites crean una capa fina sobre su superficie e impiden el intercambio de gases. En ciertos casos, pueden interferir en el metabolismo de los ácidos grasos o alterar el comportamiento alimenticio de algunos insectos. Aunado a ello, la película de aceite en la planta interfiere con el establecimiento exitoso de insectos jóvenes que pueden eclosionar días después de la aplicación (Karlsson, 2005; Porcuna, 2011; DROKASA, 2014; Salas *et al.*, 2014).

4.4 Conclusiones

En mortalidad de *A. yasumatsui*, el análisis de varianza tanto con aceites nuevos como reciclados mostró diferencias significativas entre tratamientos, en tanto que la comparación múltiple de medias de Duncan señaló como único tratamiento diferente al testigo; es decir, que todos los tratamientos fueron diferentes al testigo e iguales entre sí. De lo anterior se desprende, que ambos tipos de aceites ocasionaron 100% de mortalidad en hembras adultas sin importar el origen de los mismos.

En machos en etapa de ninfa II, el análisis de varianza mostró diferencias significativas entre tratamientos tanto para aceites nuevos como reciclados. De igual manera, la comparación múltiple de medias de Duncan demostró para ambos tipos de aceites diferencias con el testigo. Todos los aceites independientemente del origen y la marca provocaron el 100% de mortalidad en machos de *A. yasumatsui*.

La caracterización de hembras adultas y machos en etapa de ninfa II muertos por efecto de los aceites consistió en: cambio de color del marrón claro al marrón oscuro después de la aplicación, nula respuesta al ser estimulado con la punta de un alfiler, progresiva deformación del cuerpo y pérdida de turgencia corporal, aunado a su fácil desprendimiento de los folíolos.

La principal causa de muerte de *A. yasumatsui* fue la anoxia (falta casi total del oxígeno en un tejido). Esto considerando que los aceites bloquean los espiráculos del organismo produciendo la muerte por asfixia; en consecuencia, los aceites podrían considerarse como insecticidas de contacto debido a la obstrucción mecánica que provocan.

4.5 Perspectivas

El resultado obtenido a nivel de laboratorio con respecto al uso de aceites vegetales para el control de *Aulacaspis yasumatsui*, hace evidente la necesidad de

su experimentación a nivel de campo. Por tal motivo, y antes de poder emitir cualquier recomendación, es indispensable evaluar su desempeño en campo tomando en consideración diversos parámetros.

Algunos de los aspectos que es preciso delimitar son por ejemplo la dosis mínima efectiva, es decir, la cantidad mínima de aceite requerida para eliminar la plaga. También sería necesario esclarecer su efectividad tanto en su versión quemada como nueva, así como delimitar el número de aplicaciones necesarias para mantener el daño por debajo del umbral económico y establecer de esta manera la relación costo beneficio.

Aunado a lo anterior, es también importante observar el comportamiento de los aceites al estar expuestos a las condiciones ambientales como viento, temperaturas variables, radiación solar y lluvia, ya que estos factores podrían alterar el desempeño de los mismos. Finalmente, es imprescindible determinar si su aplicación altera de alguna manera el desarrollo de las plantas, y de ser así, establecer en qué medida las afecta.

V. LITERATURA CITADA

- Artabe, E. A. y L. C. Martínez. 2017. Cícadas, fósiles vivientes del reino vegetal. *Ciencia Hoy*. Número 154. En: <http://cienciahoy.org.ar/2017/04/cicadasfosiles-vivientes-del-reino-vegetal/>
- Blanco, M. H. y A. O. Zúñiga. 2013. Manejo de *Aulacaspis yasumatsui* (Hemiptera: Diaspididae) mediante el uso de jabones comerciales en Costa Rica. *InterSedes*. 14(27): 114-122.
- Broome, T. 2007. Coffee, cycad's new best friend? *The Cycad Newsletter*. 30(4): 44-46.
- BUGGHIDE, 2017. Species *Aulacaspis yasumatsui* - Cycad Aulacaspis Scale. Bugguide is hosted by: Iowa State University. Department of Entomology. En: <https://bugguide.net/node/view/236697/tree/all>
- CABI. 2017. *Aulacaspis yasumatsui* (cycad Aulacaspis scale). Invasive Species Compendium. En: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/18756>
- Caldwell, D. 2003. The cycad aulacaspis scale, *Aulacaspis yasumatsui*: management approaches and pesticide trial updates. *Proceedings of the Florida Horticulture Society*. 116: 374-350.
- Camacho, B. T. 2015. Aceites vegetales comestibles como alternativa de control para cochinilla silvestre del nopal *Dactylopius opuntiae* (Hemiptera, Dactylopiidae), bajo condiciones de laboratorio. Tesis Licenciatura en Biología. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. 41 p.
- Castañeda, T. F. 2016. Evaluación de aceites vegetales comestibles como alternativa de control para cochinilla silvestre del nopal *Dactylopius opuntiae* Cockerell (Hemiptera: Dactylopiidae), en condiciones de campo. Tesis Licenciatura en Biología. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. 46 p.
- Castillo, A. J. 2008. Control biológico de la escama de las cícadas *Aulacaspis yasumatsui* Takagi con el hongo entomopatógeno *Paecilomyces fumosoroseus* (Wize) Brown & Smith. Proyecto especial. Universidad Zamorano. Honduras. 24 p.
- Cave, D. R. 2005. Biological control of *Aulacaspis yasumatsui*. *Cycad Newsletter*. 28 (5): 8-9.
- Cave, D. R. 2006. Biological control agents of the cycad aulacaspis scale, *Aulacaspis yasumatsui*. *Florida State Horticultural Society*. 119: 422-424.

- Claps, L. y R. S. Wolff. 2015. Hemiptera: Diaspididae. Biodiversidad de Artrópodos Argentinos. 3: 293-302.
- Dávila, C. B. 2015. Plantas de ornamental, cultivo emblemático en Morelos. El Economista. En: <https://www.economista.com.mx/opinion/Plantas-deornamental-cultivo-emblematico-en-Morelos-I-20160217-0005.html>
- Díaz, C. A. 2009. Diseño estadístico de experimentos. Editorial Universidad de Antioquia. Segunda edición. Colección Ciencia y Tecnología. Colombia. 285 p.
- DROKASA. 2014. TOXI-OIL: aceite vegetal de soya. Ficha Técnica. En: http://www.drokasa.com.pe/une_agro/une_agro_productos.htm
- Emshousen, C., C. Mannion y H. Glenn. 2004. Management of cycad aulacaspis scale, *Aulacaspis yasumatsui* Takagi. Proceedings of the Florida. State Horticulture Society. 117: 305-307.
- EPPO. 2008. *Aulacaspis yasumatsui* (Homoptera: Diaspididae). Organización Europea y Mediterránea de Protección Vegetal (EPPO). En: http://www.eppo.org/QUARANTINE/Alert_List/insects/AULSYA.htm
- Glen, H. 2017. Asian Cycad Scale (*Aulacaspis yasumatsui*). University of Florida. En: http://hillsborough.ifas.ufl.edu/prohort/asian_cycad_scale/photos_ACS.shtml
- González, G. R., F. B. Riverón, A. G. García, R. R. Martínez. y L. M. Solís. 2016. First report of *Aulacaspis yasumatsui* (Hemiptera: Diaspididae) in Mexico. Florida Entomologist. 99(3): 583-584.
- González, P. J. y A. M. Viveros. 2012. Escamas armadas (Hemiptera: Diaspididae) presentes en las áreas verdes urbanas de la ciudad de México. Entomología Mexicana. 11(2): 1074-1079.
- Guillot, O. D. 2009. Flora ornamental española: aspectos históricos y principales especies. Monografías de la Revista Bouteloua. 8: 97-99.
- Herrera, A. J. 1961. Los Aceites de petróleo como insecticidas y su empleo en los cultivos de cítricos. Revista Peruana de Entomología Agrícola. 4(1): 4-8.
- Hidalgo, F. F. 2011. Características morfológicas de coccoideos (Hemiptera) asociados a *Myrceugenia exsucca* (Myrtaceae) en Valdivia, Chile. Tesis Ingeniero en Conservación de Recursos Naturales. Valdivia. 28 p.
- Hodel, R. D. 1998. The cycads of Thailand. The Palms and Cycads of Thailand. Allen Press, Inc., Lawrence, USA. 190 p.

- Hodges, S. G., F. W. Howar y E. A. Buss. 2003. Update on management methods for cycad aulacaspis scale. University of Florida. Extension Publication. En: <http://hillsborough.ifas.ufl.edu/prohort/files/pdf/publications/CycadScalePubNew.pdf>
- Howard, F. W., A. Hamon, M. McLaughlin, T. Weissling y S. Yang. 1999. *Aulacaspis yasumatsui* (Hemiptera: Sternorrhyncha: Diaspididae), a scale insect pest of cycads recently introduced into Florida. *Florida Entomologist*. 82(1): 14-27.
- Howard, F. W. y J. Haynes. 2006. Base de Datos Global de Especies Invasivas: *Aulacaspis yasumatsui*. En: <http://www.issg.org/database/species/ecology.asp?si=814&fr=1&sts=>.
- ITIS, 2017. *Aulacaspis yasumatsui* Takagi, 1977. Catalogue of Life: Integrated Taxonomic Information System (ITIS). En: <http://www.catalogueoflife.org/col/details/species/id/5dfba1f9626df7561e9528874214e488>
- Jones, D. L. 1993. Cycads of the world. Ancient plants in today's landscape. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C. U.S.A. 312 p.
- Karlsson, F. M. 2005. Control de mosca blanca (*Aleurotrachelus socialis*) en yuca (*Manihot esculenta*). Minor Field Studies No. 325. Swedish University of Agricultural Sciences. 74 p.
- López, G. G. 2006. Los árboles y arbustos de la Península Ibérica e islas Baleares. Tomo I. Segunda edición. Ediciones Mundi-Prensa. España. 1731 p.
- Mannion, C. 2008. Exotic Pest-What to look for: *Cycad Aulacaspis Scale (Aulacaspis yasumatsui)*. IFAS Tropical Research and Education Center. Universidad de Florida. Estados Unidos. En [http://lake ifas.ufl.edu/agricultura/nursery-production/documents/cycadscale.pdf](http://lake.ifas.ufl.edu/agricultura/nursery-production/documents/cycadscale.pdf)
- Marler, T. y A. Moore. 2010. Cryptic scale Infestations on *Cycas revoluta* facilitate scale invasions. *HortScience*. 45(5): 837–839.
- Muniappan, R. y C. Viraktamath. 2006. The Asian cycad scale *Aulacaspis yasumatsui*, a threat to native cycads in India. *Current Science*. 91(7): 868-870.
- Naranjo, D. C. 2011. Evaluación de alternativas para el combate de la escama de las cicas (*Aulacaspis yasumatsui*) (Hemiptera: Diaspididae) en un cultivo de *Cycas revoluta*, Santa Clara, San Carlos. Tesis Agronomía. Instituto Tecnológico de Costa Rica, San Carlos. 52 p.
- Nesamari, R., I. M. Millar, T. A. Coutinho y J. Roux. 2015. South African cycads at risk: *Aulacaspis yasumatsui* (Hemiptera: Coccoidea: Diaspididae) in South Africa. *African Entomology*. 23(1): 196–206.

- Northrop, R. J., M. G. Andreu, M. H. Friedman, M. McKenzie y H. V. Quintana. 2010. *Cycas revoluta*, Sago Palm. IFAS Extension. University of Florida. FOR 254. 3 p.
- Pérez, F. M. y A. P. Vovides. 1997. Manual para el cultivo y propagación de cycadas. CONABIO. México. 30 p.
- Porcuna, J. L. 2011. Aceites minerales Revista Ae. Editada por la Sociedad Española de Agricultura Ecológica. 6: 62-62.
- Reyes, C. P. 1985. Diseño de experimentos aplicados. Cuarta reimpresión. Editorial Trillas. México. 348 p.
- SAGARPA, 2011. Comunicado de prensa. 2 p. En: <http://sagarpa.gob.mx/saladeprensa/boletines2/2011/mayo/Documents/2011B238.pdf>
- Salas, H., A. S. Casmuz, D. Figueroa y G. A. Moncorvo. 2014. Control de la cochinilla roja en limonero mediante el uso de aceites minerales. Revista Digital AVANCE- Vol 3 No. 4. En: <Http://www.eeaoc.org.ar/mobile/av354/v35n4a10.html>
- Sánchez, V. M. 2015. Estudio de la etiología de la necrosis foliar (chasparría) en *Cycas revoluta* Thunb. y evaluación de estrategias para el manejo de la enfermedad. Tesis Agronomía. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Sede Regional San Carlos. 175 p.
- The Plant List. 2013. *Cycas revoluta* Thunb. En: <http://www.theplantlist.org/tpl1.1/search?q=Cycas+revoluta>
- Tropicos. 2017. *Cycas revoluta* Thunb. Tropicos.org. Missouri Botanical Garden. En: <http://www.tropicos.org/NamePage.aspx?nameid=9600006>
- Vives de Quadras, J. M. 1988. Control de plagas de insectos, problemas y alternativas. En: Insecticidas Biorracionales. X. Bellés (Coordinador). Consejo Superior de Investigación Científica. España 409 p.
- Watson, G. W. 2005. Artrópodos de Importancia Económica: Diaspididae, *Aulacaspis yasumatsui*. En: <http://nlbif.eti.uva.nl/bis/diaspididae.php?menuentry=soorten&id=97>.
- Weissling, J. T., F. W. Howard y A. B. Hamon. 1999. Cycad aulacaspis scale, *Aulacaspis yasumatsui* Takagi (Insecta: Homoptera: Sternorrhyncha: Diaspididae). University of Florida. IFAS Extension. 4 p.
- Weissling, T.J. y F. W. Howard. 1999. Escama de las cícadadas *Aulacaspis yasumatsui* Takagi. En: http://creatures.ifas.ufl.edu/orn/palms/cycad_scale.htm.

Weissling, J. T. y F. W. Howard. 2017. *Aulacaspis yasumatsui* Takagi. UF-IFAS. University of Florida. En: https://translate.google.com.mx/translate?hl=es&sl=en&u=http://entnemdept.ufl.edu/creatures/orn/palms/cycad_scale.htm&prev=search

Whitelock, L. 2002. The Cycads. Oregon. Timber Press. 374 p.

WIKIMEDIA. 2010. *Cycas revoluta*. En: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cycas_revoluta.D%C3%BCsseldorf.jpg