

**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.**

CÉSAR NARANJO DÍAZ

Trabajo Final de Graduación presentado a la Escuela de Agronomía como
requisito parcial para optar al grado de Licenciatura en Ingeniería en Agronomía

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
SAN CARLOS**

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.**

CÉSAR NARANJO DÍAZ

Trabajo Final de Graduación presentado a la Escuela de Agronomía como
requisito parcial para optar al grado de Licenciatura en Ingeniería en Agronomía

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
SAN CARLOS**

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.**

CÉSAR NARANJO DÍAZ

Aprobado por los miembros del Tribunal Evaluador:

Ing. Agr. Joaquín Durán Mora, M. Sc. _____

Asesor

Ing. Agr. Xiomara Mata Granados, Lic _____

Jurado

Ing. Agr. Zulay Castro Jiménez, MGA. _____

Jurado

Ing. Agr. Fernando Gómez Sánchez, _____

MAE.

Coordinador Trabajos Finales de

Graduación

Ing. Agr. Arnoldo Gadea Rivas, M. Sc. _____

Director Escuela de Agronomía

2011

DEDICATORIA

*A mis padres,
A mis hermanos y mis amigos,
Y a todos los que fueron parte de esta historia.*

*“Hay una manera de contribuir a la protección
de la humanidad, y es no resignarse.”*

-Ernesto Sábato

TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.	Objetivo general:	4
1.2.	Objetivos específicos:.....	4
1.3.	Hipótesis:	4
2.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
2.1.	<i>Cycas revoluta</i>	5
2.1.1.	Condiciones edafoclimáticas.	5
2.1.2.	Manejo agronómico.	6
2.1.3.	Plagas y enfermedades.....	7
2.2.	<i>Aulacaspis yasumatsui</i>	7
2.2.1.	Ciclo de vida.....	8
2.2.2.	Daño.....	9
2.2.3.	Control de <i>Aulacaspis yasumatsui</i>	9
2.3.	Métodos no convencionales para el combate de plagas.	12
2.3.1.	Aceites de origen vegetal (<i>Ricinus communis</i>).....	12
2.3.2.	Extractos acuosos de origen vegetal (<i>Coffea arabica</i>).	13
2.3.3.	Hongos entomopatógenos (<i>Cladosporium</i> sp.).....	14
3.	MATERIALES Y MÉTODOS.	15
3.1.	Localización.....	15
3.2.	Área experimental.	15
3.3.	Tratamientos a evaluar.....	16
3.4.	Preparación de tratamientos.	16
3.4.1.	Infusión de café.	16
3.4.2.	<i>Cladosporium</i> sp.....	16
3.4.3.	Aceite de higuera.....	17
3.5.	Identificación de tratamientos.....	17
3.6.	Aplicación de tratamientos.....	17
3.7.	Obtención de fuentes de inóculo.	18
3.8.	Infestación de plantas.....	18
3.9.	Variables evaluadas.....	19

3.10. Muestreo de variables.	19
3.11. Diseño experimental.	20
3.11.1. Modelo experimental.....	20
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	21
4.1. Evaluación de poblaciones iniciales.....	23
4.2. Evaluación de poblaciones finales.	24
5. CONCLUSIONES.....	35
6. RECOMENDACIONES.	36
7. LITERATURA CONSULTADA.	37

LISTA DE CUADROS

Número	Título	Página
1	Detalle de tratamientos utilizados en la evaluación de alternativas para el control de <i>A. yasumatsui</i> en <i>Cycas revoluta</i> en la zona de Santa Clara, San Carlos, 2010.	18
2	Resultados del conteo poblacional durante el primer muestreo en la evaluación de tres tratamientos alternativos para el control de <i>A. yasumatsui</i> en <i>Cycas revoluta</i> . Santa Clara, San Carlos. 2010.	23
3	Población final (10 semanas después de primer aplicación) en la evaluación de tres tratamientos alternativos para el control de <i>A. yasumatsui</i> en <i>Cycas revoluta</i> . Santa Clara, San Carlos. 2010.	28

LISTA DE FIGURAS

Número	Título	Página
1	Diagrama de parcela experimental donde se aplicaron los tratamientos para la evaluación de alternativas biológicas para el control de <i>A. yasumatsui</i> en <i>Cycas revoluta</i> en la zona de Santa Clara, San Carlos, 2010.	15
2	Diagrama de parcela útil donde se realizaron los muestreos en la evaluación de alternativas biológicas para el control de <i>A. yasumatsui</i> en <i>Cycas revoluta</i> , Santa Clara, San Carlos, 2010.	19
3	Colocación de material infestado para la preparación de las fuentes de inóculo a utilizar en la evaluación de tres posibles alternativas para el combate de <i>A. yasumatsui</i> en un cultivo de <i>Cycas revoluta</i> , Santa Clara, San Carlos, 2010.	21
4	Parcela con plantas en proceso de infestación para ser utilizadas como fuentes de inóculo en la evaluación de tres posibles alternativas para el combate de <i>A. yasumatsui</i> en un cultivo de <i>Cycas revoluta</i> . Santa Clara, San Carlos, 2010.	22
5	Envés (a) y haz (b) de las hojas de plantas utilizadas como fuentes de inóculo para la evaluación de tres posibles alternativas para el combate de <i>A. yasumatsui</i> en un cultivo de <i>Cycas revoluta</i> . Santa Clara, San Carlos, 2010.	23
6	Crecimiento de poblaciones de individuos vivos de <i>A. yasumatsui</i> durante nueve semanas en la evaluación de tres tratamientos alternativos para el control de <i>A. yasumatsui</i> en <i>Cycas revoluta</i> . Santa Clara, San Carlos. 2010.	24

7	Síntomas mostrados por una planta infectada con <i>A. yasumatsui</i> en la evaluación de posibles alternativas para el control de <i>A. yasumatsui</i> en <i>Cycas revoluta</i> , Santa Clara, San Carlos, 2010.	25
8	Comparación de diferentes tratamientos (a: Diazinón + Agrol, b: Aceite higuera, c: Infusión de café, d: <i>Cladosporium</i> sp.) en la evaluación de tres posibles alternativas para el combate de <i>A. yasumatsui</i> en un cultivo de <i>Cycas revoluta</i> . Santa Clara, San Carlos. 2010.	26
9	Población porcentual de individuos vivos y muertos de <i>A. yasumatsui</i> (10 semanas después de primer aplicación), en la evaluación de tres tratamientos alternativos para el control de <i>A. yasumatsui</i> en <i>Cycas revoluta</i> , Santa Clara, San Carlos, 2010.	27
10	Porcentajes de mortalidad a través del tiempo de dos tratamientos alternativos para el control de <i>A. yasumatsui</i> en <i>Cycas revoluta</i> , Santa Clara, San Carlos. 2010.	30

RESUMEN

La escama de las cicas (*Aulacaspis yasumatsui*) es un hemíptero de la familia Diaspididae. Es una de las principales plagas en *Cycas revoluta* y su control aún no ha sido satisfactoriamente logrado. Durante diez semanas se evaluó, bajo condiciones de invernadero, el uso del hongo entomopatógeno *Cladosporium* sp, aceite de higuera (*Ricinus communis*) e infusiones de café (*Coffea arabica*), como posibles tratamientos alternativos a los métodos químicos convencionales para el control de *A. yasumatsui*. Como resultado se obtuvo que los porcentajes de mortalidad fueron dependientes del tratamiento utilizado (Prueba de independencia de G, $p < 0,05$). La mayor mortalidad se obtuvo en los tratamientos de diazinón+aceite agrícola y el aceite de higuera, con un 97,7% y un 95,2%, respectivamente. En tercer lugar, el hongo *Cladosporium* sp. ocasionó 35,7% de mortalidad, mientras que las infusiones de café causaron mortalidades de 27,1%. Por último, el testigo tuvo una mortalidad de 10,4%. El aceite de higuera y *Cladosporium* sp. se presentan como alternativas para utilizar dentro de un plan de manejo integrado, sin embargo, es necesario investigar más acerca de estos productos para maximizar su eficiencia.

Palabras clave: escamas, cicas, *Cycas*, *Aulacaspis*, hongos entomopatógenos, extractos vegetales, café, *Coffea arabica*, higuera, *Ricinus communis*.

ABSTRACT

The cycads asian scale (*Aulacaspis yasumatsui*) it's an hemiptera of the Diaspididae family. It's one- of the most important pest in *Cycas revoluta* and its control hasn't been satisfactorily achieved. During ten weeks it was evaluated, under greenhouse conditions, the use of the entomopathogenic fungus *Cladosporium* sp., castor oil (*Ricinus communis* oil) and coffee (*Coffea arabica*) infusions, as possible alternative treatments to the chemicals conventional methods used in the control of *A. yasumatsui*. As results was obtained that mortality percentage was dependent of the used treatment (G test of independence, $p < 0,05$). The greatest mortality was obtained in the diazinon+agriculture oil and in castor oil treatments, with 97,7% and 95,2%, respectively. In third place, the fungus *Cladosporium* sp. caused 35,7% of mortality, while coffee infusions caused mortalities of 27,7%. At last, the witness treatment obtained a natural mortality of 10,4%. Castor oil and *Cladosporium* sp. are presented as alternatives in a integrated pest management, but it's necessary to realize further research to maximize their efficiency.

Keywords: scale, *Cycas*, *Aulacaspis*, entomopathogenic fungus, vegetable infusions, coffee, *Coffea arabica*, castor oil, *Ricinus communis*.

1. INTRODUCCIÓN

Costa Rica se destaca por ser uno de los mayores productores de plantas ornamentales de follaje a nivel mundial, además del abastecimiento del mercado nacional, una gran parte de la producción es destinada para la exportación hacia destinos como Estados Unidos y la Unión Europea (MAG 2008). Dentro de los productos exportados se encuentran las cicas (familia Cicadáceas), estas son plantas ornamentales perennes, que se caracterizan por tener un crecimiento lento y un alto valor comercial en el mercado de exportación; el producto final puede ser solamente el follaje o la planta entera sembrada en maceta.

Dentro del grupo de las Cicadáceas, la plaga de mayor importancia es conocida como escama de las cícadadas (*Aulacaspis yasumatsui*), también llamada “CAS” (Cycad Aulacaspis Scale), por sus siglas en inglés. De acuerdo a Howard *et al.* (1999), esta escama ataca no solamente a las Cicadáceas, sino también a otras familias como las Zamíáceas y Stangeriáceas, todas caracterizadas por ser plantas de origen muy antiguo, con un alto valor comercial y botánico (Whitelock 2002).

Aulacaspis yasumatsui, es un hemíptero de la familia Dispididae (Blanco 2008), originario del sureste asiático (USDA 2007), que se ha diseminado a nivel mundial debido al comercio de las plantas ornamentales. En Estados Unidos, esta plaga se detectó por primera vez en el estado de Florida en el año 1994 (Caldwell 2003), a partir de ese entonces, se comenzaron a dar reportes de su existencia en lugares tan distintos como África, Francia, China y Costa Rica (Emshousen *et al.* 2004, Blanco 2008). La dificultad que implica el control de esta plaga ocasionó que varias plantaciones comerciales de cicadas desaparecieran y que especímenes de gran valor botánico murieran ante el ataque de esta escama (Woods 2007).

El problema con la escama de las cícadadas, de acuerdo a Howard *et al.* (1999), es que ataca tanto follaje, como bulbo y raíz (donde puede permanecer en

estado de latencia), lo cual, sumado a la morfología de la planta, vuelve problemática su eliminación de la planta. La escama puede aparecer en un inicio en el envés de la hoja o en el bulbo de la planta, los síntomas que se pueden observar en cicas infestadas son: clorosis en las hojas y muerte regresiva, que hace que la planta se vaya secando lentamente (IUCN 2003).

Durante los últimos años, el control de *Aulacaspis yasumatsui* se ha realizado mediante el uso de aplicaciones foliares de aceites agrícolas o insecticidas como Imidacloprid y Dimetoato (Caldwell 2003), tratamientos que requieren aplicarse de manera constante y en altas concentraciones, mas no logran controlar por completo las altas densidades poblacionales que llegan a presentarse (Emshousen *et al.* 2004, Blanco 2008).

Hoy día, en la agricultura, se ha ido tratando de reducir el uso de agroquímicos que perjudican el ambiente, y por ende, la salud humana. Se ha entendido que el control de plagas debe hacerse de una manera integral, teniendo en cuenta que ha sido la alteración de las condiciones naturales lo que ha provocado la aparición de la plaga. Un manejo integral propone comprender la biología, ecología y etología del insecto en cuestión, para así lograr controlarlo, además de proponer el uso de productos plaguicidas que causen el menor impacto posible en el agroecosistema (Coto y Saunders 2004).

En la búsqueda de alternativas para el control de *Aulacaspis yasumatsui* se ha experimentado con depredadores como *Rhyzobius lophantae* (Coleóptera: Coccinellidae) y *Cybocephalus nipponicus* (Coleóptera: Nitidulidea), y parasitoides como *Coccobius fulvus* (Hymenóptera: Aphelinidae). Además, se han hecho pruebas con hongos entomopatógenos como *Beauveria*, *Trichoderma* e *Isaria* (Moore *et al.* 2005, Castillo 2008, Cave *et al.* 2009). Pruebas que en su mayoría se han hecho solamente a nivel de laboratorio, mientras que la investigación con extractos botánicos ha sido casi nula.

En las plantaciones de *Cycas revoluta* de la empresa Agrita S.A., localizada en Javillos de Florencia, San Carlos; se han venido presentando altas densidades poblacionales de *Aulacaspis yasumatsui*. Para el control de la escama, se utiliza un programa intensivo de aplicación de agroquímicos, lo cual trae un impacto ecológico negativo. Es debido a lo anterior que se plantea la siguiente investigación con el objetivo de evaluar alternativas biológicas, de menor impacto ambiental y que sean eficientes en el control de *Aulacaspis yasumatsui*.

1.1. Objetivo general:

- Evaluar alternativas de combate no convencionales como posibles bioplaguicidas de *Aulacaspis yasumatsui* en una plantación de *Cycas revoluta*.

1.2. Objetivos específicos:

- Determinar, en condiciones de invernadero, la efectividad biológica de control del hongo entomopatógeno *Cladosporium* sp. sobre una población de *Aulacaspis yasumatsui* en una plantación de *Cycas revoluta*.
- Evaluar, en condiciones de invernadero, el efecto de la aplicación de aceite de “higuerilla” (*Ricinus communis*) sobre el comportamiento de una población de *Aulacaspis yasumatsui* en un cultivo de *Cycas revoluta*.
- Determinar la efectividad del uso de infusiones de café (*Coffea arabica*) como agente controlador de la escama de las cícadras (*Aulacaspis yasumatsui*) en plantas de *Cycas revoluta*.

1.3. Hipótesis:

- Aplicaciones consecutivas de *Cladosporium* sp., aceite de *Ricinus communis* o infusiones de café causan una reducción en la población de *Aulacaspis yasumatsui* en plantas de *Cycas revoluta*.

2. REVISIÓN DE LITERATURA.

2.1. *Cycas revoluta*.

Las cícadas son plantas gimnospermas del orden Cycadales, el cual contiene tres familias: Cycadaceae, Stangeriaceae y Zamiaceae. El género *Cycas* se encuentra dentro de la familia de las Cycadáceas, siendo el único dentro de este taxón (IUCN 2003). Las *Cycas* se caracterizan por su valor ornamental, si bien existen varias especies, una de las más comercializadas es la *Cycas revoluta*, ya que según Gilman (1999), su aspecto tropical y la poca exigencia de requerimientos de cuidado, la convierten en una planta ideal para hogares.

Cycas revoluta es una planta dioica, con un tronco robusto, no ramificado, que termina en un grupo de hojas pinnado-compuestas (la lámina foliar está compuesta por foliolos) dispuestas en forma de espiral (similar a la hoja de las palmas), de color verde oscuro y que pueden alcanzar una longitud de hasta un metro. Las estructuras reproductoras están agrupadas en conos formados por esporófilos ubicados en lo alto del tronco. Sus raíces se caracterizan por formar relaciones simbióticas con cianobacterias, las cuales fijan nitrógeno y aportan nutrimentos a la planta (Joiner 1981 y Gilman 1999).

2.1.1. Condiciones edafoclimáticas.

Cycas revoluta puede adaptarse a diferentes condiciones climáticas, se desarrolla mejor en condiciones de 25°C, sin embargo, puede soportar temperaturas superiores o inferiores, incluso cercanas a 0°. Según Whitelock (2002), una temperatura cálida constante durante todo el año permitirá un rápido crecimiento de la planta, en cambio, mientras menores sean las temperaturas, menor será la tasa de crecimiento. *Cycas revoluta* puede soportar condiciones de sequía durante largo tiempo, sin embargo esto limitará a la planta, lo ideal es

suministrar agua durante la época de sequía para así asegurar un crecimiento óptimo de la planta.

Whitelock (2002) sugiere que los suelos en los que mejor crece *Cycas revoluta* son aquellos con un aceptable contenido de materia orgánica, bien drenados y con bastante aireación, de una textura arenosa a limo-arenosa. El pH ideal es de siete, sin embargo, pH ligeramente ácidos también permiten un buen crecimiento de *Cycas revoluta*.

2.1.2. Manejo agronómico.

La propagación comercial de *Cycas revoluta* se da a partir de la semilla sexual y asexual. Los semilleros se realizan en camas de materiales que permitan un buen drenaje del agua y un fácil crecimiento de la raíz, estos pueden ser fibra de coco, virutas de madera, arena o mezclas de diferentes sustratos. Después del primer año, la planta está lista para ser trasladada a campo o a maceta, según el tipo de producto que se desee obtener. De acuerdo a Joiner (1981), a partir de los dos o tres años, se tendrá una planta lista para exportación o para la corta de hojas; la continuación de las plantas en campo o en macetas más grandes, dependerá del tamaño final que se quiera obtener.

La fertilización que sugiere Joiner (1981) se realiza al suelo, usando fórmulas completas en relación 3-1-2 (N-P₂O₅-K₂O) a una proporción de 1008kg/ha/año, suficiente para que la planta no presente deficiencias. Si se quiere producir plantas en maceta o lo que interesa es la producción de hojas, entonces es necesario, además, realizar aplicaciones foliares para obtener una mejor apariencia estética de las hojas.

2.1.3. Plagas y enfermedades.

Las enfermedades que se presentan en *Cycas revoluta*, son en su mayoría provocadas por hongos que se presentan como manchas en hoja (*Alternaria* sp., *Colletotrichum* sp., *Dendrophoma clypeata*, *Fusarium oxysporum*, *Gloeosporium* sp., *Pestalotia cycadis*, *Phoma* sp., *Phomopsis cycadiana* y *Phyllosticta* sp.), pudriciones de la raíz (*Clitocybe tabescens*) o pudriciones de la corona (*Ganoderma* sp.) (Joiner 1981, Whitelock 2002). Los casos de bacterias en *Cycas revoluta* son sumamente extraños y se dan en su mayoría en asocio con hongos que causan pudriciones en la corona o en la raíz.

De acuerdo a Whitelock (2002), de las plagas insectiles que atacan *Cycas revolutas*, los mayores problemas se dan con escamas de diferentes géneros. Estas se encuentran generalmente en el envés de los folíolos de las hojas, donde, debajo de su concha, se alimentan succionando la savia de la planta. Algunas de estas escamas producen puntos cloróticos en el follaje, y cuando se alimentan de hojas emergentes, pueden causar deformaciones en las mismas. Dentro de estas escamas se encuentra *Aulacaspis yasumatsui*, originaria de Asia y diseminada a nivel mundial, se caracteriza por ser sumamente expansiva y de difícil control. También se han reportado ataques de cochinillas, lepidópteros, ortópteros, áfidos y ácaros; sin embargo, estas plagas pueden considerarse de importancia secundaria.

2.2. *Aulacaspis yasumatsui*.

La escama de las cícadas (*Aulacaspis yasumatsui*) es un hemíptero de la familia Diaspididae, que si bien es autóctona del sureste asiático, se encuentra distribuida a nivel mundial (Mannion 2008). Es una plaga sumamente agresiva y de difícil control, la cual ha llegado a destruir plantaciones completas de cicas y a eliminar importantes especímenes que se encontraban en jardines botánicos. *A. yasumatsui* puede encontrarse con mayor frecuencia en individuos de las familias

Cycadaceae y Zamiaceae, aunque también ha sido reportada en plantas del género *Stangeria* (Stangeriaceae); si bien los daños son notables en cualquier cícada que afecte, el género *Cycas* parece ser el más susceptible ante la escama (especialmente *Cycas revoluta*) (Weissling *et al.* 1999, Hodges 2006).

Las escamas de *A. yasumatsui* poseen una coraza o capa cerosa de color blanco, que en el caso de las hembras, posee una longitud entre 1,2 y 1,6 milímetros, con forma aperada o irregular; en ocasiones, es posible ver el cuerpo anaranjado de las hembras a través de la coraza. La coraza de los machos también es de color blanco, de aproximadamente 0,5 milímetros de longitud, de forma alargada con aristas paralelas, similar a un bastoncillo. En la mayoría de los casos, en las plantas infestadas los machos superan en población a las hembras (Hodges 2006, Mannion 2008).

2.2.1. Ciclo de vida.

Las hembras de *Aulacaspis yasumatsui* pueden llegar a producir hasta 100 huevos durante su vida útil, 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; una vez que las ninfas se establecen, estas 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, Cave 2005, Hodges 2006, Muniappan y Viraktamath 2006, Mannion 2008).

2.2.2. Daño.

De acuerdo a Weissling *et al.* (1999), son los primeros estadios de las ninfas los que inician la infestación de la plantas, comienzan estableciéndose en el tallo y en la base de las hojas, con el paso del tiempo, éstas comienzan a extenderse hacia los extremos superiores de las hojas e incluso hacia las estructuras reproductivas. En condiciones adversas, las escamas pueden bajar de las hojas al tallo y de ahí a las raíces, habiéndose encontrado individuos de *A. yasumatsui* en raíces a una profundidad de 60 cm.

Los primeros síntomas de daño pueden verse como pequeñas manchas cloróticas en las hojas, las cuales comienzan a secarse lentamente hasta llegar a morir, en ocasiones, cuando las poblaciones son muy numerosas, estas pueden llegar a matar a la planta en su totalidad. Cuando una cyca se encuentra sumamente infestada, esta se cubre de una costra blanca que es la mezcla de escamas vivas y muertas. Además del daño ocasionado a la planta, las corazas cerosas de las escamas muertas son sumamente difíciles de remover, por lo que, aunque la plaga ya haya sido controlada, el aspecto ornamental de la planta se ve afectado (Weissling *et al.* 1999).

2.2.3. Control de *Aulacaspis yasumatsui*.

El comportamiento de *A. yasumatsui* hace difícil su control, ya que esta invade todas las estructuras de la planta, y llega e introducirse en lugares del tronco de la cyca de muy difícil acceso para los productos que se apliquen, es por eso que es necesario realizar aplicaciones de manera correcta, pensando en la biología de la escama. Todas las aplicaciones deben de concentrarse en la base de la corona de hojas y en la parte superior del tallo, pues es allí donde se concentra la mayor cantidad de individuos, además, debe de asegurarse que el envés de las hojas quede bien impregnado, pues es allí donde es más difícil que el producto alcance la escama (Weissling *et al.* 1999, Mannion 2008).

2.2.3.1. Control químico.

Las aplicaciones foliares son las que más se han probado en el control de *A. yasumatsui*, se han utilizado productos químicos como Pyriproxyfen, Dinotefuran, Acetamiprid, Acephato, Malathion, Imidacloprid y Dimetoato; 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 estos son de amplio espectro y se necesitan varias aplicaciones para controlar realmente la escama, lo anterior va en detrimento de los posibles controladores naturales, los cuales son muy necesarios tratándose de una plaga exótica (Emshousen *et al.* 2004).

Otras aplicaciones han sido más efectivas, como el uso aspersiones foliares con aceites, para este caso se han probado emulsiones de aceite de pescado (1:100) y aceites agrícolas, siendo este último mejor que el primero (Weissling *et al.* 1999, Caldwell 2003). Los aceites evitan que las ninfas de la escama se establezcan en la hoja, además de matar algunas hembras, sin embargo, tienen el inconveniente de que necesitan ser aplicados una o más veces por semana. Se recomienda el uso de mezclas de aceite con insecticidas, para realizar un control más completo, se utiliza Dimetoato o Imidacloprid en mezcla con los aceites agrícolas (Weissling *et al.* 1999). Los estados ninfales de la escama son más susceptibles a insecticidas debido a que poseen una capa cerosa mucho más delgada que los adultos, o del todo no la poseen (primeros instares) (Caldwell 2003).

2.2.3.2. Control biológico.

El control biológico de *Aulacaspis yasumatsui* se ha enfocado más a la introducción de insectos depredadores y parasitoides de la escama, esto debido a la teoría de que al ser una plaga exótica, importada a un lugar donde no tiene competidores ni enemigos, los crecimientos poblacionales son sumamente explosivos (Hodges 2006). En 1997 se importaron a Florida dos enemigos naturales: el depredador *Cybocephalus binotatus* (Coleoptera: Nitidulidae) y el parasitoide *Coccobius fulvus* (Hymenoptera: Aphelinidae); si bien ambos insectos lograron establecerse, el porcentaje de infestación que logran es bajo y no llegan a superar el 40%, esto posiblemente a la rápida diseminación de la plaga (Emshousen *et al.* 2004, Cave 2005, Hodges 2006).

Se han probado otros posibles depredadores o parasitoides con potencial; investigaciones en China han presentado a *Aprostocetus chionaspidis* (Hymenoptera: Aphelinidae) como un individuo promisorio, pues ha mostrado alcanzar altos niveles de parasitismo sobre *A. yasumatsui*. Se han realizado pruebas con nemátodos entomopatógenos que atacan a las ninfas que se encuentran tanto en tronco como en raíz, sin embargo, es necesario realizar más investigaciones para determinar qué especies y cuáles podrían ser los mejores métodos de aplicación (Cave 2005).

La forma de alimentarse de *Aulacaspis yasumatsui* (succionando savia) evita que ingiera bacterias o virus, además, la coraza que se forma a partir del segundo estadio dificulta el ataque de hongos entomopatógenos como *Beauveria* sp. y *Metarrhizium* sp. (Cave 2005). Blanco (2008) realizó pruebas en campo con *Bacillus thuringiensis*, *Trichoderma* sp. y *Lecanicidium* sp., obteniendo controles de hasta un 60%. Por otra parte, no se reportan el uso de extractos botánicos para el control de la escama, a excepción de Broome (2007), que utilizando remanentes de café logró causar un efecto repelente contra la escama, evitando la contaminación de individuos de *Cycas revoluta*.

2.2.3.3. Control cultural.

Las prácticas culturales se reducen a la poda de las hojas que estén muy infestadas, teniendo cuidado con la disposición de las hojas para evitar aumentar la diseminación, además, es importante la desinfección de todo material que se use en la corta de hojas afectadas, así se evitará contaminar otras plantas o trasladar la escama a otros lugares. Se recomienda además el uso de hidrolavadoras o chorros de agua a alta presión, esto permitirá remover un buen porcentaje de las escamas que se encuentran adheridas a los tallos (Myerdirk 2002, Hodges *et al.* 2003). Por otra parte, Muniappan y Viraktamath (2006), sugieren que las hojas de las cycas de cada planta estén en el menor contacto posible con las otras, para así evitar que los estadios móviles pasen de una hoja a otra, sin embargo, la medida no es tan eficaz, ya que la escama es fácilmente trasladada por el viento.

2.3. Métodos no convencionales para el combate de plagas.

2.3.1. Aceites de origen vegetal (*Ricinus communis*).

La higuierilla (*Ricinus communis*) es una planta de la familia de las euforbiáceas, cuyas semillas oleaginosas se han utilizado para la producción de aceites y biocombustibles, además de otras industrias como la farmacología. Según Leal (2009), el aceite de *R. communis* se caracteriza por ser de un color amarillo pálido, transparente y viscoso, con olor dulce, soluble en sustancias como alcohol, éter, benceno y cloroformo. De acuerdo a Rodríguez (s.f.), el aceite de higuierilla está compuesto de un 70% de ácido ricinoleico, 12% de ácido ricínico y 12% de ácido oleico, además de ricina, una fitotoxina altamente venenosa. La ricina se encuentra tanto en las semillas como en las hojas de la planta, sin embargo, la mayor cantidad se queda en la pulpa blanca de las semillas después de la extracción del aceite.

Los extractos de *R. communis* se caracterizan por su capacidad insecticida, su efectividad se ha probado contra *Callosobruchus chilensis*, termitas, *Bemisia tabaci*, *Cosmopolites sordidus*, *Anthonomus eugenii*, etapas tempranas de escamas, entre otros, llegando a matar el insecto, afectar los hábitos de alimentación o la viabilidad y postura de los huevos (Sharma *et al.* 1991, Tinzaara *et al.* 2006, Leal 2009, Cranshaw y Baxendale 2010). Sharma *et al.* (1991) llegaron a la conclusión de que la mezcla del aceite con la torta de la semilla, posee un mayor efecto biocida contra las termitas en comparación con extractos de hojas o el aceite por sí sólo.

2.3.2. Extractos acuosos de origen vegetal (*Coffea arabica*).

La cafeína es un componente del café y otras plantas de consumo diario, como el té. De acuerdo a Laranja *et al.* (2003), se han realizado varios estudios demostrando el efecto tóxico que puede causar en diferentes organismos, afectando el sistema nervioso, dañando la síntesis de ADN, afectando la división celular, entre otros efectos. Con respecto a experiencias insecticidas, Laranja *et al.* (2003), utilizaron cafeína y residuos de café para el control de *Aedes aegypti*, con lo cual consiguieron que los primeros estadios del mosquito no lograran desarrollarse; Araque *et al.* (2007) obtuvieron la muerte del 50% del total de individuos (Tiempo Letal Medio) en un lapso de 17 a 23 minutos, al aplicar emulsiones oleaginosas de café sobre una población de *Hypothenemus hampei*.

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*. Además, realizó infusiones de café, las cuales, aplicadas al follaje, obtuvieron un efecto repelente de la escama.

2.3.3. Hongos entomopatógenos (*Cladosporium* sp.).

Cladosporium sp. es un hongo perteneciente a la familia Davidiellaceae, que ha sido reportado como patógeno en diversos cultivos hortícolas, sin embargo, también se han encontrado especies de éste con capacidad entomopatógena, como es el caso de Rojas *et al.* (1998), que reporta la especie *C. herbarum* atacando adultos de *Bemisia tabaci*, mientras que Abdel-Baky y Abdel-Salam (2002) reportan a *Cladosporium* como biocontrolador de áfidos en Egipto. En Costa Rica se reporta en el control de Cochinilla en marginatas, y se considera un hongo prometedor en el control de *Aulacaspis yasumatsui*¹.

¹ Franco, J. 2010. Uso de *Cladosporium* sp. para control de escamas (entrevista). San Ramón, Alajuela. Costa Rica.

3. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1. Localización.

El experimento se realizó en la finca La Esmeralda, propiedad del Instituto Tecnológico de Costa Rica, ubicada en Santa Clara de San Carlos. La zona cuenta con clima tropical húmedo y se encuentra a una altura de 170msnm, con una temperatura media anual de 26°C y un porcentaje de humedad entre 80-90%, la precipitación pluvial media es de 3500mm anuales (ITCR 2010).

3.2. Área experimental.

Se utilizó para cada tratamiento 25 unidades de *Cycas revoluta*, sembradas en macetas (contenedores) de 5,6 litros, colocados a una distancia de 50cm entre plantas y 50cm de separación entre hileras, dando un total de cuatro metros cuadrados por lote (Figura 1), simulando las distancias usadas en plantaciones comerciales. Se aplicó riego por aspersion en el área experimental dos veces por semana, durante un tiempo de una hora.

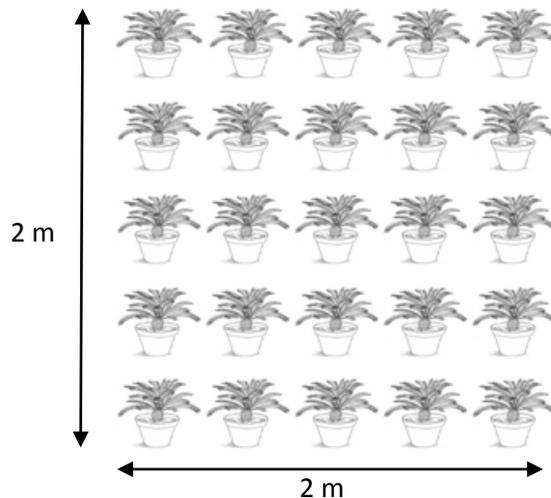


Figura 1. Diagrama de parcela experimental donde se aplicaron los tratamientos para la evaluación de alternativas biológicas para el control de *Aulacaspis yasumatsui* en *Cycas revoluta* en la zona de Santa Clara, San Carlos, 2010.

3.3. Tratamientos a evaluar.

Se evaluó el efecto de *Cladosporium* sp., aceite de *Ricinus comunis* e infusión de café, en una población de *A. yasumatsui* atacando una plantación de *Cycas revoluta*. Se contó con un testigo relativo, el cual consistió en el tratamiento químico convencional (Diazinón + aceite agrícola) utilizado por la empresa suplidora de las cicas; esto con el fin de comparar la efectividad de los tratamientos evaluados con el tratamiento químico. Además, se utilizó un testigo absoluto, formado por un lote de cicas a las cuales solamente se les aplicó agua.

3.4. Preparación de tratamientos.

3.4.1. Infusión de café.

Se utilizó una metodología similar a la de Broome (2007) para realizar las infusiones. En una bolsa de tela se colocaron 250 gramos de granos molidos de café, esta bolsa fue sumergida en un envase con 8.5 litros de agua, el envase fue dejado al sol durante una semana para que se realizara la infusión de café. El líquido obtenido (de color café oscuro), fue aplicado mediante bomba de espalda sobre el follaje de las cicas tratadas (Cuadro 1). La diferencia entre las pruebas realizadas por Broome (2007) y estas pruebas, consiste en que Broome (2007), además de asperjar el follaje, colocó remanentes de café en el sustrato de las macetas y roció agua sobre ellas.

3.4.2. *Cladosporium* sp.

La preparación de esta mezcla se realizó según las recomendaciones de Obregón (2010)², en un litro de agua se lavó el arroz impregnado con el hongo, además, se agregaron dos gotas de Tween 80 para mejorar la dispersión de las esporas. La solución resultante de esporas fue diluida en el volumen de agua aplicado (Cuadro 1).

² Obregón, M. 2010. Uso de *Cladosporium* para control de escamas (entrevista). Santa Clara, San Carlos. Costa Rica.

3.4.3. Aceite de higuera.

El aceite de *Ricinus comunis* se obtuvo a partir de sus semillas maduras recolectadas en la zona de Bajo Rodríguez, San Ramón, Alajuela. El método utilizado para la extracción del aceite es el mismo que se utiliza para la obtención de forma artesanal. Dos kilos de semillas fueron secadas al sol durante un periodo de tres días. Una vez secas, las semillas fueron molidas y colocadas en una olla con diez litros de agua, la cual fue llevada hasta el punto de ebullición durante cuatro horas. La espuma resultante fue llevada a un sartén para la evaporación del agua, por un periodo aproximado de una hora. Después de este tiempo, el aceite de las semillas salió a la superficie del agua y fue recolectado con una cuchara y almacenado en un envase. La acción fue repetida dos veces más para extraer la mayor cantidad posible de aceite. En el Cuadro 1 puede observarse la cantidad utilizada en los tratamientos.

3.5. Identificación de tratamientos.

Cada tratamiento fue identificado con cintas de colores que se colocaron en las hojas muestreadas, de esta manera, siempre se pudo localizar la hoja evaluada y diferenciar los tratamientos entre sí. El detalle de los colores utilizados para cada tratamiento se aprecia en el Cuadro 1.

3.6. Aplicación de tratamientos.

Todos los tratamientos se aplicaron en horas de la mañana, asperjando el haz y envés de la hoja, utilizando una pulverizadora manual (bomba de espalda). La frecuencia de las aplicaciones se realizó una vez por semana durante un periodo de diez semanas, comenzando ocho días antes de la colocación de los inóculos de *A. yasumatsui*, en el Cuadro 1 pueden observarse las concentraciones utilizadas en cada tratamiento.

Cuadro 1. Detalle de tratamientos utilizados en la evaluación de alternativas para el control de *A. yasumatsui* en *Cycas revoluta* en la zona de Santa Clara, San Carlos, 2010.

Tratamiento	Descripción				
	Producto	Ingrediente activo (según literatura)	Dosis	Color	Fuente
1	<i>Cladosporium</i> sp.*	5 x 10 ⁶ esporas por gramo de producto. ³	6 kg/ha	Amarillo	Franco (2010) ⁴
2	Infusión de café*	Sustancias pécticas, Taninos, Cafeína, Ácido clorogénico, Ácido caféico. (CTLCO 2002).	30 g/l	Azul	Broome (2010) ⁵ .
3	Aceite de <i>R.comunis</i> .*	ácido ricinoleico, ácido ricínico, ácido oleico y ricina. (Ramírez 2008).	15 ml/l	Verde	Rodríguez (s.f.)
4	Aceite agrícola + Diazinón.*	Aceites parafínico + Diazinón	10 ml/l 3 ml/l	Rojo	Naranjo (2010) ⁶ .
5	Testigo	Agua	-	Blanco	-

*A todos los tratamientos se les agregó un adherente-surfactante (COSMO-IN[®]) a razón de 1 ml/l.

3.7. Obtención de fuentes de inóculo.

Se tomaron cicas limpias de escamas y sin tratamiento alguno, encima de sus coronas se colocaron trozos de hojas infestados de *A. yasumatsui*, de esta manera los estadíos móviles pasaron de las hojas contaminadas a las hojas limpias.

3.8. Infestación de plantas.

El experimento comenzó con lotes de cicas libres de *A. yasumatsui*. Ocho días después de la primera aplicación se introdujeron cinco fuentes de inóculo dentro de cada lote, colocadas en forma de cruz, tal y como se muestra en la Figura 2.

La cercanía de las hojas y la rápida diseminación de *A. yasumatsui* permitieron que las ninfas del insecto se pudieran trasladar desde las fuentes de inóculo hasta las plantas sanas, esta metodología es similar a la utilizada por Broome (2007) y

³ Obregón, M. 2010. Uso de *Cladosporium* sp. (entrevista). Santa Clara, San Carlos. Costa Rica.

⁴ Franco, J. 2010. Uso de *Cladosporium* sp. para control de escamas (entrevista). Costa Rica.

⁵ Broome, T. 2010. Control de *Aulacaspis* con café (correo electrónico). San Ramón, Alajuela.

⁶ Naranjo, F. 2010. Uso de aceite agrícola para control de *Aulacaspis* (entrevista). Costa Rica.

Castillo (2008). En la Figura 2 se muestra un esquema de la parcela útil del lote de cicas una vez fueron colocadas las plantas con el inóculo.

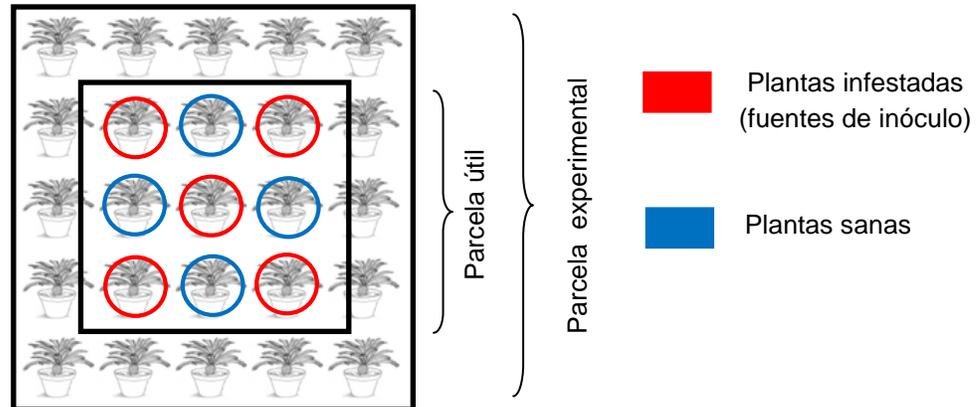


Figura 2. Diagrama de parcela útil donde se realizaron los muestreos en la evaluación de alternativas biológicas para el control de *Aulacaspis yasumatsui* en *Cycas revoluta*, Santa Clara, San Carlos, 2010.

3.9. Variables evaluadas.

Las variables evaluadas fueron el número de escamas vivas y el número de escamas muertas por foliolo, sin diferenciar el estadio en que se encontraran los individuos de *A. yasumatsui*. La variable fue contabilizada mediante observación en las instalaciones del laboratorio de entomología del Instituto Tecnológico de Costa Rica con la ayuda de un estereoscopio (20X); las variables fueron evaluadas semanalmente.

3.10. Muestreo de variables.

Las plantas fueron muestreadas una vez por semana durante un periodo de nueve semanas. Con base a las metodologías de Caldwell (2003), Blanco (2008) y Palmer (2005), se seleccionaron, al azar, nueve foliolos por planta (tres de la parte inferior, tres de la parte media y tres de la parte superior), siendo estos los puntos de muestreo. En los muestreos se contabilizó el número total de individuos

vivos y muertos que se encontraba en cada folíolo, sin tener en cuenta su estadio (ninfas de primer y segundo estadio, y adultos), excluyendo los huevos. Todos los muestreos se realizaron unas horas antes de las aplicaciones de los tratamientos.

3.11. Diseño experimental.

Debido a las condiciones homogéneas del sustrato de las macetas y la ubicación de la plantación, se utilizó un diseño experimental Completamente al Azar. Para facilitar a la hora de aplicar los tratamientos, las plantas se colocaron en grupos según el tratamiento correspondiente, sin embargo, esto no creó ninguna condición que pudiera afectar la variable de respuesta. Cada planta en su maceta consistió en una unidad experimental, por lo que cada tratamiento estuvo conformado por 25 repeticiones

3.11.1 Modelo experimental.

El modelo experimental utilizado fue:

$$Y_{ij} = u + t_i + e_{ij}$$

en el cual:

Y: observación correspondiente a la j-ésima unidad experimental del i-ésimo tratamiento.

u: media general.

t: efecto del i-ésimo tratamiento.

e: error experimental de la unidad ij.

Debido a que las poblaciones de *A. yasumatsui* resultaron heterogéneas en cuanto a cantidad de individuos (Cuadro 2), no se pudieron analizar los resultados con pruebas paramétricas, lo cual las convierte en un dato no paramétrico. Por este motivo, fueron analizados mediante una prueba de independencia de G (0,05).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

La preparación de las fuentes de inóculo se dio de forma exitosa. La forma en que la inoculación fue realizada puede observarse en la Figura 3, mientras que la parcela de preparación se muestra en la Figura 4. Cada planta contaminada con *A. yasumatsui* fue asignada de forma aleatoria dentro de cada parcela experimental. Las fuentes de inóculo se colocaron en la zona de aplicación de tratamientos 35 días después de iniciar el proceso de infestación. Al haber ocurrido al menos un ciclo de vida en las plantas contaminadas, se aseguró la presencia de estadios móviles de *A. yasumatsui* (“crawlers”).



Figura 3. Colocación de material infestado para la preparación de las fuentes de inóculo a utilizar en la evaluación de tres posibles alternativas para el combate de *A. yasumatsui* en un cultivo de *Cycas revoluta*. Santa Clara, San Carlos. 2010. (Foto: Naranjo C. 2010).



Figura 4. Parcela con plantas en proceso de infestación para ser utilizadas como fuentes de inóculo en la evaluación de tres posibles alternativas para el combate de *A. yasumatsui* en un cultivo de *Cycas revoluta*. Santa Clara, San Carlos. 2010. (Foto: Naranjo C. 2010).

Un ejemplo del estado de infestación en que se encontraban las plantas contaminadas que fueron colocadas en las parcelas experimentales puede observarse en la Figura 5. A pesar de la aleatorización de las fuentes de inóculo, las poblaciones dentro de cada parcela experimental variaron mucho, esto debido a que aún no había eclosionado la totalidad de los huevos (los cuales no fueron contabilizados). Además, es probable que algunas ninfas de *A. yasumatsui* se movilizaran a otra planta que no fuese en la que nacieron o a partes de la planta fuera de la zona de muestreo, por ejemplo, el tronco.



Figura 5. Envés (a) y haz (b) de las hojas de plantas utilizadas como fuentes de inóculo para la evaluación de tres posibles alternativas para el combate de *A. yasumatsui* en un cultivo de *Cycas revoluta*. Santa Clara, San Carlos. 2010. (Foto: Naranjo C. 2010).

4.1 Evaluación de poblaciones iniciales.

El primer muestreo poblacional corroboró que en las plantas limpias no había presencia de *A. yasumatsui*, mientras que en las fuentes de inóculo se contabilizaron valores promedio que variaron entre 40 y 154 individuos por foliolo, según el tratamiento. En el Cuadro 2 puede observarse un detalle de este primer conteo.

Cuadro 2. Resultados del conteo poblacional durante el primer muestreo en la evaluación de tres tratamientos alternativos para el control de *A. yasumatsui* en *Cycas revoluta*. Santa Clara. 2010.

Tratamiento	Individuos en plantas contaminadas (fuentes de inóculo)		Individuos en plantas limpias
	Total	Media por foliolo	
Aceite de Higuera	12 537	154,78	0
Testigo	7 685	94,88	0
Infusión de café	7 407	91,44	0
<i>Cladosporium</i> sp.	4 499	55,54	0
Diazinón + Agrol	3 240	40,0	0

Ya que el primer muestreo indicó que las poblaciones iniciales de cada tratamiento eran desiguales; se tuvo que recurrirse a pruebas no paramétricas para el análisis estadístico. En este caso se recurrió a la prueba de independencia de G, con el fin de determinar si las proporciones de individuos vivos y muertos entre cada parcela estaban relacionadas con el tratamiento utilizado.

4.2 Evaluación de poblaciones finales.

Al final de la evaluación de los tratamientos aplicados, sólo dos de ellos ocasionaron una disminución en la población de individuos establecidos en cada parcela experimental, tal es el caso de la mezcla de Diazinón con aceite agrícola y el tratamiento de aceite de higuera (*Ricinus comunnis*). Lo contrario ocurrió para la parcela Testigo, el hongo entomopatógeno *Cladosporium* sp. y las infusiones de café, donde el nivel poblacional aumentó con el paso del tiempo (Figura 6). Sin embargo, *Cladosporium* sp. e infusiones de café disminuyeron el crecimiento poblacional notablemente en comparación con el tratamiento Testigo.

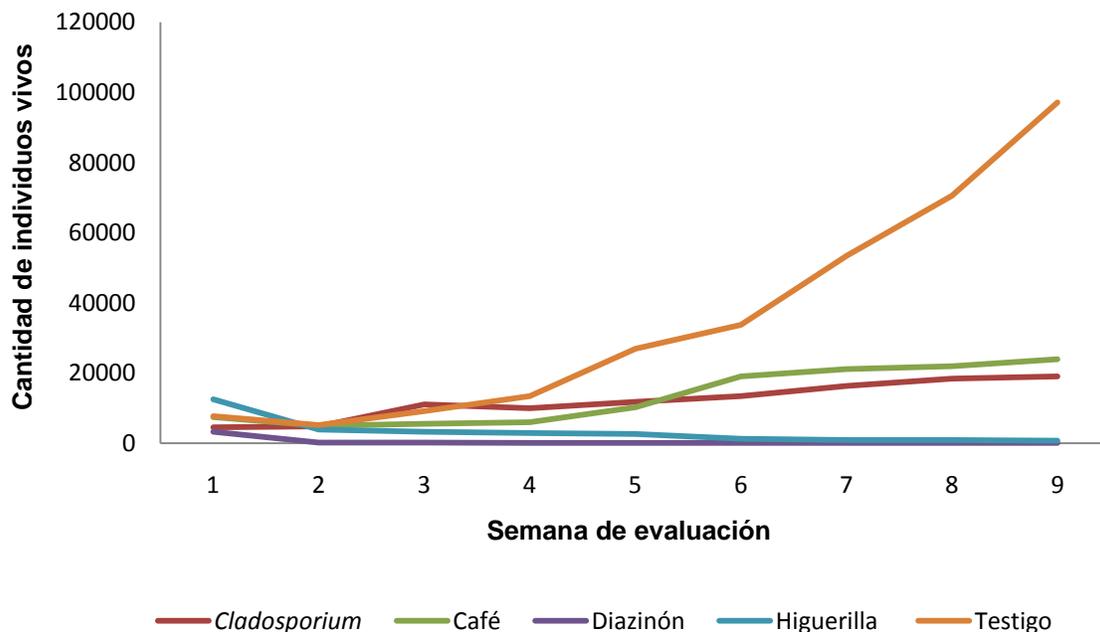


Figura 6. Crecimiento de poblaciones de individuos vivos de *A. yasumatsui* durante nueve semanas en la evaluación de tres tratamientos alternativos para el control de *A. yasumatsui* en *Cycas revoluta*. Santa Clara, San Carlos. 2010.

Los primeros individuos de *A. yasumatsui* que contaminaron las plantas limpias se alojaron en el envés de la hoja y en el raquis, cerca del tallo; conforme aumentó la densidad poblacional, las escamas ocuparon el haz de las hojas y fueron trasladándose a otras plantas dentro de la parcela. Este comportamiento de la escama se pudo observar en las parcelas con los tratamientos *Cladosporium* sp., infusiones de café y Testigo. Las plantas que se vieron afectadas por la presencia de *A. yasumatsui* presentaron todos los mismos síntomas: aparición de pequeñas manchas cloróticas distribuidas en la superficie de la hoja; con el paso del tiempo, la clorosis se generalizó en toda la lámina foliar y las plantas comenzaron a marchitarse, tal y como se muestra en la Figura 7; el mismo comportamiento es descrito por Mannion (2008), Myerdirk (2002) y Caldwell (2003) al referirse a los ataques de *A. yasumatsui* en *Cycas revoluta*.



Figura 7. Síntomas mostrados por una planta infectada con *A. yasumatsui* en la evaluación de posibles alternativas para el control de *A. yasumatsui* en *Cycas revoluta*, Santa Clara, 2010. (Foto: Naranjo C. 2010).

En comparación con lo anterior, las parcelas con los tratamientos Diazinón+aceite agrícola y aceite de higuera mostraron comportamientos distintos. Como se observa en la Figura 8, las plantas inicialmente limpias no presentaron los síntomas de clorosis y marchitamiento. Por su parte, las fuentes de inóculo que fueron tratadas con Diazinón+aceite agrícola y aceite de higuera redujeron las poblaciones de individuos en un rango que osciló entre 95% y 97% (Figura 9).



Figura 8. Comparación de diferentes tratamientos (a: Diazinón + Aceite agrícola, b: Aceite *Ricinus communis*, c: Infusión de café, d: *Cladosporium* sp.) en la evaluación de alternativas para el combate de *A. yasumatsui* en un cultivo de *Cycas revoluta*. Santa Clara, San Carlos. 2010. (Foto: Naranjo C. 2010).

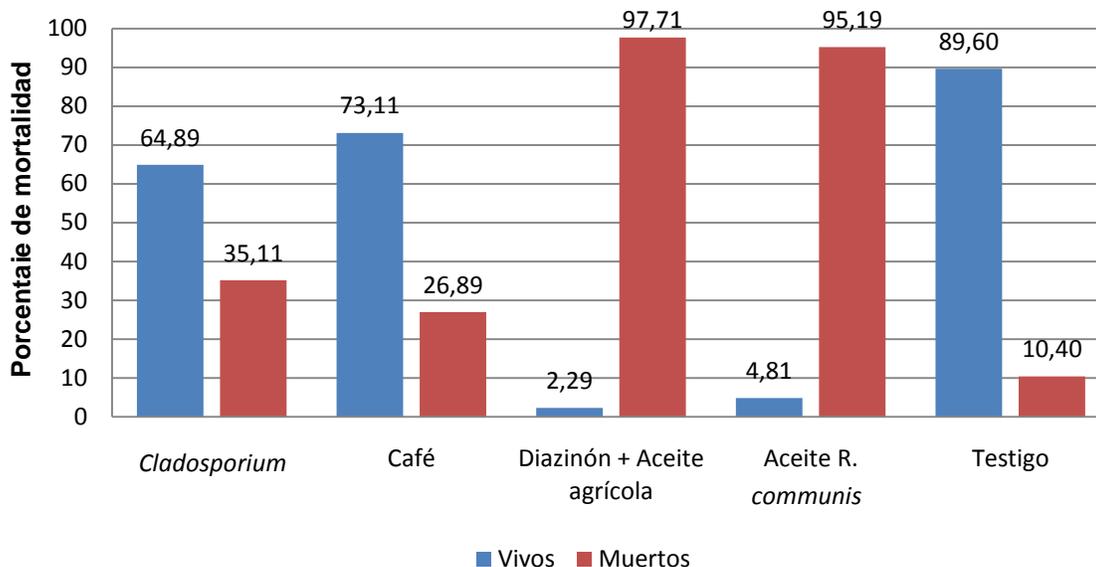


Figura 9. Población porcentual de individuos vivos y muertos de *A. yasumatsui* (10 semanas después de primer aplicación), en la evaluación de tres tratamientos alternativos para el control de *A. yasumatsui* en *Cycas revoluta*, Santa Clara, 2010.

Las diferencias notadas visualmente pueden corroborarse con los muestreos poblacionales y el análisis estadístico, el cual indica que sí se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos (Prueba de Independencia de G, $p < 0,05$); lo anterior se traduce en el rechazo de la hipótesis nula y la afirmación de que las proporciones de individuos vivos y muertos en cada parcela dependieron del tratamiento utilizado. En el Cuadro 3 se muestra un resumen de las poblaciones de *A. yasumatsui* al final del experimento. Todos los porcentajes de mortalidad fueron corregidos con un 10,4% de mortalidad obtenida en el testigo, la cual puede atribuirse a causas naturales: que los individuos cumplieron su máxima edad, sobrepoblación en la planta o ataques por otros organismos.

Cuadro 3. Población final (10 semanas después de la primera aplicación) en la evaluación de tres tratamientos alternativos para el control de *A. yasumatsui* en *Cycas revoluta*. Santa Clara, San Carlos. 2010.

Tratamiento	Individuos de <i>A. yasumatsui</i>				
	Vivos	%*	Muertos	%*	Total
Testigo absoluto (agua)	97 114	89,60%	11 272	10,40%	108386
Café	23 939	73,11%	8 809	26,89%	32748
<i>Cladosporium</i> sp.	18 992	64,89%	10 272	35,11%	29264
Aceite de higuera	734	4,81%	14 551	95,19%	15285
Diazinón + Aceite agrícola	57	2,29%	2 424	97,71%	2481

* Porcentajes corregidos con mortalidad del testigo.

Como puede observarse en la Figura 9, el tratamiento que ejerció un mayor control fue la mezcla de Diazinón + aceite agrícola (Tratamiento convencional), con un 97,71% de mortalidad en los individuos de *A. yasumatsui*. Este porcentaje era de esperar, ya que el uso de la mezcla de Diazinón junto al aceite agrícola, es uno de los tratamientos que se encuentra ampliamente recomendado en la literatura (IUCN/SCC 2005, Blanco 2008) como una medida efectiva para el control de *A. yasumatsui*.

Sin embargo, al ser el Diazinón un insecticida de contacto, las plantas vuelven a infestarse mucho más rápido que si se utiliza algún producto sistémico, razón que obliga a realizar aplicaciones más frecuentes en plantaciones comerciales; el Diazinón es un insecticida organofosforado de amplio espectro (ATSDR 2008), por lo que su utilización en forma intensiva trae consecuencias negativas en poblaciones de enemigos naturales, además, al ser aplicado con mucha frecuencia podría generar resistencia en las escamas de *A. yasumatsui* disminuyendo la efectividad del producto. Otro punto a considerar es que su uso inadecuado puede significar un peligro letal para aquellas personas que lo manipulen (Emshousen *et al.* 2004, ATSDR 2008, Blanco 2008).

Los aceites agrícolas también se recomiendan en la literatura, sin embargo, se recalca que su aplicación debe de ser con una frecuencia de una o dos semanas y que su efecto por sí sólo no es lo suficientemente efectivo para controlar grandes poblaciones, es por esto que se aconseja utilizar en conjunto o mezcla con otros insecticidas, ya sean de contacto o sistémicos (Emshousen *et al.* 2004, IUCN/SCC 2005).

Siguiendo al tratamiento anterior, el aceite de higuera (*Ricinus communis*), mostró un efecto muy similar al realizado por la mezcla de Diazinón + aceite agrícola, pues presentó una mortalidad de un 95,19%, tan sólo 2,5 puntos porcentuales por debajo del tratamiento químico convencional (Figura 10). El aceite de higuera cumple una función mecánica similar al aceite agrícola, donde el efecto más importante, de acuerdo a Cranshaw y Baxendale (2010), es el bloqueo los espiráculos de los insectos, causándoles una muerte por asfixia. Aunado a esto, mencionan que los aceites pueden interactuar con los ácidos grasos del insecto afectando el metabolismo del mismo, y que además, pueden alterar los hábitos de alimentación de la plaga.

El aceite de *R. communis* contiene el compuesto ricina (Leal 2009, Rodríguez s.f.), el cual ha mostrado poseer cualidades insecticidas en diversos tipos de insectos (Sharma *et al.* 1991, Tinzaara *et al.* 2006, Leal 2009). Durante el proceso de extracción, una fracción de la totalidad de ricina que se encuentra en las semillas se traslada al aceite, haciendo que el mismo obtenga un efecto insecticida además del efecto de control mecánico que ejerce el aceite por sí mismo (Leal 2009, Sharma *et al.* 1991). Esto vuelve al aceite de *R. communis* una opción interesante para utilizar como herramienta en el control biológico o en un plan de manejo integrado, pues además de su efecto de control, no representa tantas complicaciones como los agroquímicos convencionales

Allende a lo anterior, el aceite de *R. communis* presenta una ventaja frente al aceite agrícola, pues este último es un derivado del petróleo (Cranshaw y Baxandale 2010, Ocaña 1959), un recurso no renovable, por lo que cada vez se vuelve más urgente la necesidad de buscar sustitutos a todos los productos derivados del mismo; es entonces donde el aceite de higuera resulta una opción viable, pues muestra una buena capacidad insecticida debido a su efecto mecánico y en menor medida al compuesto ricina que posee (Leal 2009, Rodríguez s.f.).

A pesar de que al final de las pruebas los tratamientos de aceite de *R. communis* y Diazinón+aceite agrícola ocasionaron altos porcentajes de mortalidad, al ver el avance de las mortalidades en el tiempo, se puede notar que el aceite de *R. communis* posee un efecto de choque mucho más lento que el causado por el tratamiento de Diazinón+aceite agrícola (Figura 10). Este comportamiento es de esperar, ya que al utilizarse un insecticida químico de contacto, se ocasiona un daño inmediato sobre la plaga, que sumado al efecto que ocasiona el aceite, causa una acción de control mucho más rápida.

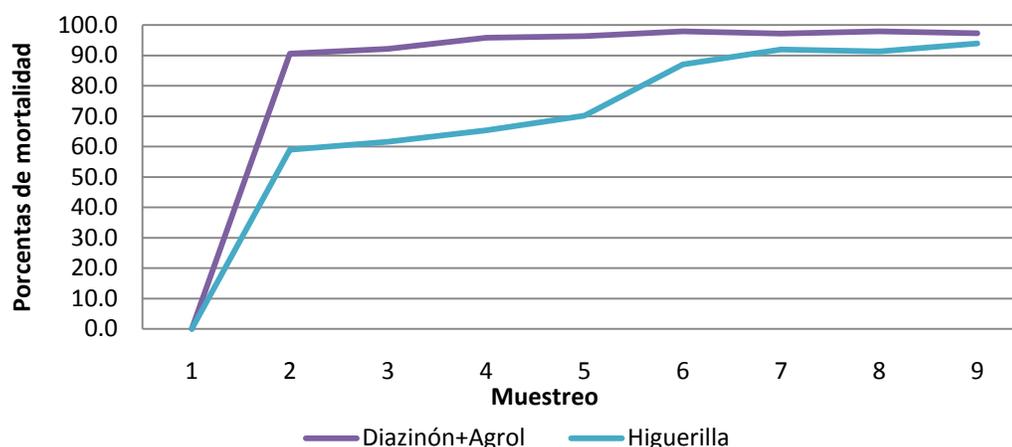


Figura 10. Porcentajes de mortalidad a través del tiempo para Diazinón+aceite agrícola y aceite de higuera en la evaluación de tratamientos alternativos para el control de *A. yasumatsui* en *Cycas revoluta*, Santa Clara, San Carlos. 2010.

Tener en cuenta lo anterior es de importancia si se pensase utilizar el aceite de higuierilla dentro de un plan de manejo de integrado, pues sería conveniente utilizarlo sin ninguna mezcla en momentos en que las poblaciones no son muy numerosas, y en caso de que se presentaran altas densidades de *A. yasumatsui*, lo ideal sería mezclar el aceite con algún insecticida de contacto o sistémico.

Aunque con un porcentaje menor, los resultados obtenidos con el hongo entomopatógeno *Cladosporium* sp. mostraron un 35,7% de mortalidad, siendo el tercer tratamiento con mayor efectividad (Figura 9). *Cladosporium* sp. ha sido reportado atacando otros grupos de insectos, como el caso de la cochinilla (*Phenacoccus herreni*) en plantaciones de yuca (*M. esculenta*) y en moscas blancas (*Bemisia tabaci*) (Melo 2002). Además, Franco (2010)⁷ ha reportado el potencial de la cepa de *Cladosporium* sp. para el control de *A. yasumatsui* pues ya ha sido utilizada en el control de escamas en dracaenas con resultados bastante positivos.

Si bien el efecto de control de *Cladosporium* sp. no es tan alto como el aceite de higuierilla o la mezcla de Diazinón+aceite agrícola, este entomopatógeno encaja perfectamente dentro de un plan de manejo integrado para el control de *A. yasumatsui*, aplicándolo de forma preventiva o en momentos en que la presión del inóculo es baja, o bien, podría utilizarse en zonas donde la utilización de químicos resultaría peligrosa, como es el caso de parques o jardines.

En una finca comercial, fue llevada a cabo una prueba que sugiere la existencia de factores ajenos al hongo que pudieron incidir en su efectividad para controlar *A. yasumatsui* bajo condiciones de invernadero. En la finca Ornamentales Javillos se evaluó a nivel de campo el efecto de *Cladosporium* sp. sobre individuos de *A. yasumatsui* en *Cycas revoluta*⁸, como resultado se obtuvo la muerte de individuos de *A. yasumatsui* y la aparición del micelio del hongo

⁷ Franco, J. 2010. Uso de *Cladosporium* para control de escamas (entrevista). Costa Rica.

⁸ Naranjo, F. 2010. Uso de aceite agrícola para control de *Aulacaspis* (entrevista). Costa Rica.

Cladosporium sp. sobre algunas de las escamas de *A. yasumatsui*, el cual fue observado bajo microscopio, lo que permitió corroborar que el hongo se encontraba atacando al insecto.

De acuerdo a Lecuona (1996), Monzón (2001), Melo (2002), CNCB (2006), cuando un hongo entomopatógeno invade la hemolinfa de su hospedero, el insecto muere a causa de una combinación de daños mecánicos producidos por el crecimiento del hongo, desnutrición (el hongo utiliza azúcares y proteínas presentes en la hemolinfa) y por la acción de metabolitos secundarios, enzimas proteolíticas o toxinas. Por último, si las condiciones climáticas resultan húmedas y cálidas, el micelio que ya tiene colonizado el interior del insecto rompe el tegumento para salir al exterior, donde puede esporular y diseminarse. Si bien el mecanismo de acción es similar para todos los hongos entomopatógenos, la producción de enzimas, toxinas o metabolitos no es general para todos los géneros (Lecuona 1996).

La investigación realizada acerca del género *Cladosporium* sp. como hongo entomopatógeno ha sido poca y su mecanismo de acción aún no ha sido descrito profundamente, sin embargo, es probable que sea similar a lo descrito anteriormente. Durante el período experimental no se observó emerger el micelio de *Cladosporium* sp. en las escamas; esto no es signo de que el hongo no estuviera presente, pues como menciona Lecuona (1996), para que el micelio salga de la hemolinfa y atraviese el tegumento, es necesario condiciones específicas de humedad y temperatura.

De acuerdo a Lecuona (1996) y CNCB (2006), entre los principales factores abióticos que afectan la viabilidad y persistencia de los hongos entomopatógenos se encuentra la temperatura, la humedad relativa, los rayos ultravioleta y la presencia de fungicidas. De los factores anteriores se descarta que la presencia de químicos haya afectado la efectividad del hongo, pues las plantas se encontraban libres de cualquier agroquímico al momento de iniciar las pruebas;

además, se elimina también la posibilidad de que los rayos ultravioleta influyeran, pues las plantas se ubicaron dentro de un vivero, fuera de la exposición directa a los rayos del sol.

La temperatura en el invernadero durante el tiempo de las pruebas estuvo en el rango de 25 a 30°C. Lecuona (1996) y CNCB (2006), sugieren rangos de temperatura, que según el género del hongo, pueden variar desde los 20°C hasta los 35°C. Si bien el microclima en la hoja es distinto al clima del ambiente, no es de esperar que existiese una diferencia tal que evitara la germinación de las esporas del hongo.

De todos los factores abióticos, la humedad relativa fue la que estuvo más limitada. Aunque el riego durante las pruebas fue constante (dos días por semana, una hora por día), la humedad relativa se mantuvo entre 80-90%. Carrillo y Blanco (2009), mencionan que la germinación óptima de las conidias de los hongos entomopatógenos ocurre entre 90-100% de humedad relativa (HR), aunque estos niveles de HR difieren con cada género de hongo entomopatógeno. Además, reportan que se ha demostrado la posibilidad de infestación de insectos hospederos del hongo a distintos niveles de humedad relativa. CNCB (2006), menciona mortalidades arriba de 50% en mosca blanca para el hongo *Beauveria bassiana* a niveles de humedad de un 65%, mientras que Khachatourians (2008) reportan que es suficiente un 70% de humedad durante catorce horas para que las esporas germinen. Debido a que los rangos de humedad relativa varían con cada género, es posible que la humedad relativa no haya sido la suficiente para que la germinación de *Cladosporium* sp. fuese la óptima.

La principal diferencia entre este trabajo y las pruebas realizadas en la finca Ornamentales Javillos, es que en el último las plantas se encontraban en campo abierto, expuestas a la lluvia (el experimento se realizó durante la época lluviosa); situación que sugiere que una baja humedad relativa dentro del vivero haya sido la razón de que el hongo *Cladosporium* sp. no haya sido tan efectivo como los

tratamientos de Diazinón+aceite agrícola o el aceite de higuera. De igual forma, en caso de que la falta de humedad haya sido la principal causa de la poca efectividad de este tratamiento, se debe de tomar en cuenta que este hongo no debe de utilizarse durante la época seca si se tienen altas poblaciones de la plaga.

La aplicación de mezclas de *Cladosporium* sp. con Diazinón o aceite de higuera, podría potenciar el efecto controlador sobre la escama, ayudando a disminuir las concentraciones utilizadas del químico o del aceite. Para lo anterior, es necesario realizar pruebas de compatibilidad entre estos productos y verificar la efectividad de las mezclas, sin embargo, estas son pruebas que van más allá de los objetivos de este trabajo.

Por último, el tratamiento correspondiente a la infusión de café, fue después del testigo, el que menor porcentaje de mortalidad causó sobre las poblaciones de *A. yasumatsui*, alcanzando solamente un 26,89%. De acuerdo a Broome (2007), se han logrado buenos resultados utilizando este tratamiento en el control de *A. yasumatsui* en algunos viveros de Florida, Estados Unidos. A pesar de que la metodología utilizada en esta prueba fue la recomendada⁹, los resultados obtenidos difirieron de los esperados.

Una de las diferencias existentes entre las metodologías es el hecho de que mientras en esta prueba la infusión se realizó con café sin preparar o “nuevo”, Broome (2007) utilizó los residuos o desechos obtenidos de la preparación del café. Otros factores que podrían intervenir son el tipo de café, el grado de pureza e inclusive el tueste del mismo. Broome (2007) explica que, además de aplicar infusiones sobre el follaje, colocó residuos de café sobre el sustrato de las macetas de las plantas y roció agua sobre el mismo; ésta y las anteriores, podrían ser razones por las cuales los resultados difieren a lo dicho en la literatura.

⁹ Broome, T. 2010. Control de *Aulacaspis* con café (correo electrónico). San Ramón, Alajuela.

5. CONCLUSIONES.

Tomando en cuenta los resultados obtenidos bajo las condiciones en que se realizó la investigación, se concluye que:

1. La efectividad biológica del hongo entomopatógeno *Cladosporium* sp. sobre poblaciones de *A. yasumatsui* es superior a un 35%, sugiriendo un potencial de su uso en programas de manejo integrado de plagas.
2. La utilización de aceite de *R. communis* para el control de la escama de las cícadras es una opción comparable con otros químicos, pues ocasionó porcentajes de mortalidad superiores al 90%.
3. Aspersiones de infusiones de café sobre el follaje de cicras no causaron porcentajes de mortalidad superiores al 26,89%. Estos datos difieren de los obtenidos por Broome (2007), los cuales arrojaron un porcentaje de prevención de contagio de la escama superior al 90%. Lo anterior muestra que las aspersiones de infusiones de café resultó ser el tratamiento con menor eficacia. Sin embargo, la forma de preparación de la infusión (difusión) y el tipo de café utilizado pudieron incidir en los resultados obtenidos.
4. La mezcla de Diazinón con aceite agrícola es un tratamiento que puede llegar a causar porcentajes de mortalidad en individuos de *A. yasumatsui* de hasta un 97%, lo anterior siempre y cuando se aplique de forma frecuente, recalcando los daños consecuentes que esto puede traer al agroecosistema.

6. RECOMENDACIONES.

Tomando en cuenta los resultados obtenidos bajo las condiciones en que se realizó la investigación, se recomienda:

- Optimizar el proceso de obtención de aceite de higuera para extraer la máxima cantidad posible de aceite de las semillas.
- Comparar la efectividad de la mezcla de Diazinón+aceite agrícola con Diazinón+aceite de *R. communis*.
- Continuar la investigación con la utilización de *R. communis* probando diferentes niveles de concentración, para así definir la cantidad óptima para controlar de manera satisfactoria ataques de *A. yasumatsui*.
- Realizar pruebas de compatibilidad del hongo *Cladosporium* sp. con Diazinón y aceite de higuera para evaluar la posibilidad de utilizarlos en conjunto en un plan de manejo integrado.
- Para el caso del café, evaluar diferentes metodologías de preparación de las infusiones: utilización de agua caliente o agua fría, uso de café “chorreado” o sin “chorrear”, calidad del grano de café con el cual se elabora la infusión.
- Evaluar la efectividad biológica del hongo *Cladosporium* mezclado con aceite de *R. communis*, para el control de *A. yasumatsui*, pues estos fueron los tratamientos que mostraron mayor eficiencia en el control de *A. yasumatsui*.

7. LITERATURA CONSULTADA.

- Abdel-Baky, N; Abdel-Salam, H. 2002. Natural incidence of *Cladosporium* sp as a biocontrol agent against whiteflies and aphids. Egypt Journal of Applied Entomology. 127 (4): 44-64.
- ATSDR. (Agency for toxic substances and disease registry, EEUU). 2008. Diazinon (en línea). ATSDR. Consultado 03 de enero de 2011. Disponible en: http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts86.html
- Araque, P; Casanova, H; Ortíz, C; Henao, B; Pelaez, C. 2007. Insecticidal activity of caffeine aqueous solutions and caffeine oleate emulsions against *Drosophila melanogaster* and *Hypothenemus hampei*. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 55 (17): 6918-6922.
- Blanco Metzler, H. 2008. Desarrollo de una estrategia de manejo integrado de la escama de la cica *Aulacaspis yasumatsui* (Hemíptera: Diaspididae) en plantas de cica, *Cycas revoluta*. Universidad de Costa Rica. 26p.
- Broome, T. 2007. Coffee, cycad's new best friend?. Cycad Newsletter. 30 (4): 44-46.
- Caldwell. D. 2003. The cycad aulacaspis scale, *Aulacaspis yasumatsui*: Management approaches and pesticide trial updates. Proceedings of the Florida Horticulture Society. 116: 374-350.
- Carrillo R, M; Blanco L, A. 2009. Potencial y algunos de los mecanismos de acción de los hongos entomopatógenos para el control de insectos plaga. Acta Universitaria. 19 (2): 40-49.
- Castillo A, J. 2008. Control biológico de la escama de las cícadras *Aulacaspis yasumatsui* Takagi con el hongo entomopatógeno *Paecilomyces fumosoroseus* (Wize) Brown & Smith. Licenciatura. Zamorano. Honduras. 24p.
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR). 2004. Control Biológico de Plagas Agrícolas. Eds. M Carballo; F Guharay; JA López. 1 ed. Costa Rica. CATIE. 224p.
- Cave, R; Sciacchetano, C; Días, R. 2009. Temperature-dependent development of the cycad Aulacaspis scale, *Aulacaspis yasumatsui* (Hemíptera: Diaspididae). Florida Entomologist. 92 (4): 578-581.
- Cave, R. 2005. Biological control of *Aulacaspis yasumatsui*. Cycad Newsletter. 28 (5): 8-9.

- Cave, R. 2006. Biological control agents of the cycad scale, *Aulacaspis yasumatsui*. Proceedings of the Florida Horticulture Society. 119: 422-424.
- Coto, D. Saunders, J. 2004. Insectos plagas de cultivos perennes con énfasis en frutales en América Central. Costa Rica. CATIE. 400p.
- Cranshaw, W; Baxandale, B. 2010. Insect Control: Horticultural Oils (en línea). Colorado State University. Consultado 10 de agosto de 2010. Disponible en: <http://www.ext.colostate.edu/pubs/insect/05569.html>.
- CTLCO (Curso-Taller Latinoamericano de Caficultura Orgánica) (2002, Costa Rica). 2002. Caracterización física y química de los frutos del café. Eds. P de Castañeda; J García. Costa Rica. 150p.
- CNCB (Curso Nacional de Control Biológico). (XVII, 2006, Colima, México). 2006. Hongos entomopatógenos como insecticidas microbianos. Ed CA, Angel Sahagún. México. 250p.
- Emshousen, C; Mannion, C; Glenn, H. 2004. Management of cycad aulacaspis scale, *Aulacaspis yasumatsui* Takagi. Proceedings of the Florida State Horticulture Society. 117: 305-307.
- Gilman, E. 1999. *Cycas revoluta*: General information and description (en línea). Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. Consultado 10 de agosto de 2010. Disponible en: <http://hort.ufl.edu/shrubs/cycrev.pdf>
- Hodges, A. 2006. Regional Pest Alert: Cycad *Aulacaspis* Scale. *Aulacaspis yasumatsui* Takagi. USDA-CSREES Integrated Pest Management Center. Estados Unidos.
- Hodges, G; Howar, F; Buss, E. 2003. Update on management methods for cycad aulacaspis scale. University of Florida Extension Publication. Estados Unidos.
- Howard, FW; Hamon, A; McLaughlin, M; Weissling, T; Yang, S. 1999. *Aulacaspis yasumatsui* (Hemiptera: Sternorrhyncha: Diaspididae), a scale insect pest of cydas recently introduced into Florida. Florida Entomologist. 82(1): 14-27.
- ITCR (Instituto Tecnológico de Costa Rica). 2010. Condiciones climáticas sede San Carlos (en línea). Consultado 03 de enero de 2011. Disponible en: <http://www.tec.ac.cr/eltec/ssc/paginas/default.aspx>
- IUCN/SSC Cycad Specialist Group. 2003. Cycads: Status Survey and Conservation Action Plan. Ed. J Donaldson. Cambridge. 97p.

- IUCN/SCC Cycad Specialist Group. 2005. Report and Recommendations on Cycad Aulacaspis Scale, *Aulacaspis yasumatsui* Takagi (Hemiptera: Diaspididae) (en línea). Consultado 03 de enero de 2011. Disponible en: <http://www.fs.fed.us/r5/spf/fhp/hawaii/CSG - Report on Cycad Aulacaspis Scale.pdf>
- Joiner, J. 1981. Foliage Plant Production. Ed. Prentice Hall. 614p.
- Khachatourians, G. 2008. Biochemistry and molecular biology of entomopathogenic fungi. *The Mycota*. 6(1): 33-61.
- Laranja, A; Manzatto, A; Elly, H; de Campo, M. 2003. Effects of caffeine and used coffee grounds on biological features of *Aedes aegypti* (Díptera: Culicidae) and their possible use in alternative control. *Genetics and Molecular Biology*. 26 (4): 419-429.
- Leal, D. 2009. Caracterización morfométrica de cinco ecotipos de higuerilla (*Ricinus communis*) en la ESPOL "Campus Gustavo Galindo". Licenciatura. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Ecuador. 110p.
- Lecuona, R. 1996. Microorganismos patogénicos empleados en el control microbiano de insectos plaga. Ed. R Lecuona. Argentina. 338p.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, CRC), Servicio Fitosanitario del Estado. 2008. Notable avance en el "Programa de material propagativo sano" (Clean Stock Program) (en línea). *Revista Actualidad Fitosanitaria*. Consultado 20 de julio de 2010. Disponible en <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/a00085.pdf>
- 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.
- Martínez, J; Sulbarán de Ferrer, B; Ojeda de Rodríguez, G; Ferrer, A; Nava, R. 2003. Actividad antibacteriana del aceite de mandarina (en línea). *Revista de la Facultad Agronomía*. Venezuela. Consultado: 20 de agosto de 2010. Disponible en: http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/mednat/actividad_antibacteriana_del_aceite_esencial_de_mandarina__b_.pdf
- Melo, EL. 2002. La Yuca en el Tercer Milenio: Sistemas modernos de Producción, Procesamiento, Utilización y Comercialización. CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical), CLAYUCA (Consortio Latinoamericano y del Caribe de Apoyo a la Investigación y Desarrollo de la Yuca). 586p.

- MINSA (Ministerio de Salud, Panamá), MIDA (Ministerio de Desarrollo Agropecuario, Panamá), MEDUCA (Ministerio de Educación, Panamá), JICA (Japan International Cooperation Agency, Japón). 2010. Proyecto para el Mejoramiento del Consumo y la Disponibilidad de Alimentos en Comunidades de la Provincia de Veraguas (en línea). Consultado 4 de enero de 2011. Disponible en: http://www.jica.go.jp/project/panama/0603268/materials/pdf/04_manual/manual_04.pdf
- Monzón, A. 2001. Producción, uso y control de calidad de hongos entomopatógenos en Nicaragua. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) no.63: 95-103.
- Moore, A; Marler, T; Miller, RH; Muniappan, R. 2005. Biological control of cycad aulacaspis scale on Guam. The Cycad Newsletter. 25 (5): 6-8.
- Muniappan, R; Viraktamath, C. 2006. The Asian cycad scale *Aulacaspis yasumatsui*, a threat to native cycads in India. Current Science. 91 (7): 868-870.
- Myerdirk, D. 2002. Control of cycad aulacaspis scale, *Aulacaspis yasumatsui* (Homoptera:Diaspididae): Environmental Assessment. USDA Plan Protection & Quarantine. Estados Unidos. 26p.
- Naranjo, C. 2010. Fotografías tomadas en la 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.
- Ocaña, G. 1959. Estudios preliminares sobre la acción del aceite agrícola en el combate de la *Phytophthora palmivora* de *Theobroma cacao*. Maestría. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Turrialba, Costa Rica. 180p.
- Palmer, C. 2005. Efficacy of Flagship 25WP, Safari 20SG, Talus 40SC and Tristar 20WSP for Managing Scale Insects (en línea). Rutgers University. Estados Unidos. Consultado 23 de agosto de 2010. Disponible en: http://ir4.rutgers.edu/ornamental/ORNDrafts/05-002a_scale.pdf
- Ramírez, M. 2008. Nota técnica de la higuera (*Ricinus communis*) (en línea). Consejo Hondureño de la Empresa Privada (COHEP). Consultado 03 de Diciembre. 2010. Disponible en: www.cohep.com/Centro_doc/cies%20-%20La%20Higuera.doc
- Rojas, T; Pons, N; Arnal, E. 1998. *Cladosporium herbarum* sobre msocas blancas (Homoptera: Aleyrodidae), en Venezuela. Boletín de Entomología Venezolana. 13 (21): 57-65.

- Rodríguez, C. s.f. La higuera: opción contra plagas (en línea). Red de Acción Sobre Plaguicidas y Alternativas en México (RAPAM). Consultado 10 de Julio. 2010. Disponible en: http://www.rapam.org/la_higuera_opcin_contra_plagas.html
- Sharma, S; Vasudevan, P; Madan, M. 1991. Insecticidal value of castor (*Ricinus communis*) against termites. *International Biodeterioration*. 27 (3): 249-254.
- Tinzaara, W; Tushemereirwe, W; Nankinga, C; Gold, S; Kashaija, I. 2006. The potencial of using botanical insecticides for the control of the banana weevil, *Cosmopolites sordidus* (Coleoptera: Curculionidae). *African Journal of Biotechnology*. 5(20): 1994-1998.
- USDA Interagency Research Forum on Invasive Species. (17, 2006, Annapolis, MD). 2007. Control of Asian cycad scale on *Cycas revolute* and *C. taitungensis* using Imidife trunk microinjection. Tattar, T; Farran, A. Annapolis, MD, EEUU. USDA. 117p.
- Weissling, T; Howard, F; Hamon, A. 1999. *Cycad aulacaspis* scale, *Aulacaspis yasumatsui* Takagi (Insecta: Homoptera: Sternorrhyncha: Diaspididae). University of Florida Extension Publication. Estados Unidos.
- Whitelock, L. 2002. The Cycads. Oregon. Timber Press. 374p.
- Woods, C. 2007. Stopping scale on sagos. Impact (Magazine of the University of Florida IFAS). 23(1):34-35.