

Cycas revoluta Thunb.

Generalidades
Manejo del cultivo
y Enfermedades



Cycas revoluta Thunb.

Generalidades
Manejo del cultivo
y Enfermedades

Marilyn Sánchez Valverde

2015

Presentación

En países como Japón, Nueva Zelanda, Australia y Estados Unidos, la investigación enfocada a especies pertenecientes al orden Cycadales es de suma importancia. Existen organizaciones científicas dedicadas al estudio y conservación de especies de cicas que se encuentran dentro de la lista roja de especies amenazadas y en peligro de extinción según la UICN. *Cycas revoluta* es una especie tropical de las menos protegidas, pero de igual manera se encuentra dentro de la lista roja, por lo que se busca una explotación responsable de este cultivo hortícola.

En cuanto a los permisos de explotación para el comercio de esta especie, es importante mencionar que se encuentran regulados por la convención CITES (Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres); además en el 2010 durante dicha convención se indicó que *C. revoluta* es la planta que tiene un ingreso por venta considerablemente mayor al de las demás especies exportadas que se encuentran amenazadas.

En Costa Rica existen pocos estudios relacionados a *C. revoluta* y al manejo agronómico del cultivo en general, sin embargo para el 2007, contaba con más de 114 hectáreas dedicadas al cultivo solamente en la Zona Norte, pero muchos productores han ido dejando la actividad por falta de conocimiento sobre el cultivo para el manejo de plagas; por ello es importante conocer acerca de las prácticas de manejo más comunes que se deben realizar para la producción de dicha especie.

En muchas zonas donde se cultivan cicas en Costa Rica, se han observado síntomas de necrosis y clorosis en el tejido foliar, esto retarda el llenado del bulbo, alarga el ciclo de producción, aumenta el tiempo de permanencia de la planta en el campo y puede provocar la muerte de esta, dejando pérdidas económicas importantes al productor; este problema no ha sido metódicamente estudiado, además no se ha logrado encontrar alguna respuesta relacionada a los posibles agentes causales.

El siguiente manual informativo pretende dar a conocer al lector información útil acerca del cultivo de *C. revoluta* como especie ornamental de explotación hortícola. Además de indicar las principales prácticas agronómicas utilizadas para el control de enfermedades provocadas por hongos que dañan el área foliar, a partir de resultados de investigación y visitas a las principales plantaciones en Costa Rica. También se tratarán aspectos referentes a reproducción y ritmo de emisión foliar; así como algunos pasajes de historia y principales usos de la planta.

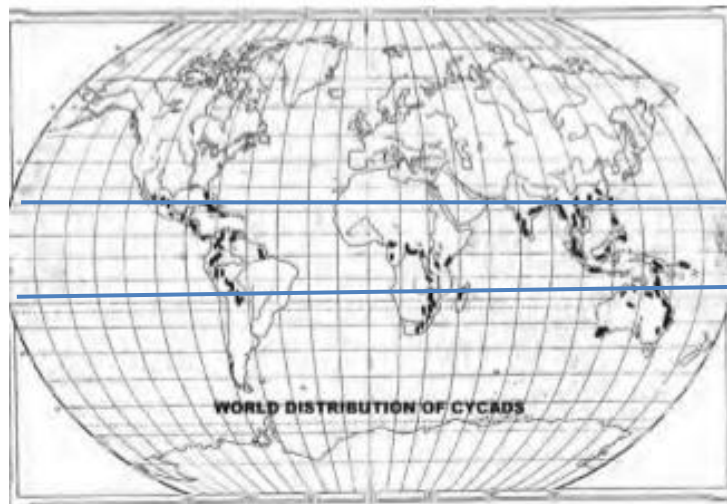
Índice

1. Generalidades	1
1.1 Descripción botánica de <i>Cycas revoluta</i>	1
1.2 Usos e importancia.....	5
2. Prácticas de Manejo agronómico del cultivo.....	7
2.1 Importación de semilla.....	7
2.2 Pruebas de viabilidad de la semilla	7
2.3 Semillero.....	7
2.4 Riego	8
2.5 Principales problemas en etapa de semillero	9
2.6 Trasplante a campo.....	10
2.7 Densidad de siembra.....	10
2.8 Fertilización	10
2.9 Cosecha	11
2.10 REPRODUCCIÓN.....	12
2.10.1 Reproducción asexual	12
2.10.2 Reproducción sexual	13
3. Principales plagas.....	15
3.1 Cycad Aulacaspis Scale (CAS)	15
3.2 Virus CSNV (Cycad Necrotic Stunt Virus)	16
3.3 Deficiencia de elementos como Mn y relación Fe:Mn.	17
3.4 Necrosis foliar o chasparria	18
3.4.1 Desarrollo de la enfermedad.....	23
4. Estrategias para el manejo de la chasparria.....	24
Fertilización	26
Poda sanitaria.....	28
Ácido acético	29
Fungicidas	31
5. Galería.....	35
6. Las cicas en el mundo	36
Montgomery Botanical Center (MBC).....	36
The Cycad Society (TCS).....	36

Cycad Specialist Group (UICN).....	36
Convención CITES.....	37
7. Bibliografía	38

1. Generalidades

Las especies del orden de las Cycadales se encuentran en el grupo de plantas vasculares más antiguas (hace 300 millones de años), son llamadas “fósiles vivientes” (Pérez y Vovides 1997), se encuentran principalmente en los trópicos y subtropicos, en América, África, Asia y Australia (Figura 1). Actualmente este orden está conformado por tres familias: Cycadaceae (*Cycas sp.*), Stangeriaceae y Zamiaceae (Stevenson 2001). En la familia Cycadaceae se encuentra el género *Cycas* que comprende 98 especies distintas (Janick y Paull 2008). La especie *C. revoluta* es originaria de una isla en el sur de Japón llamada Ryukyu, se reportó en 1782 según Osborne *et al.* (2012) en el libro llamado “The world list of Cycads”.



Fuente: Taylor *et al* 2012

Figura 1. Distribución mundial de cicas.

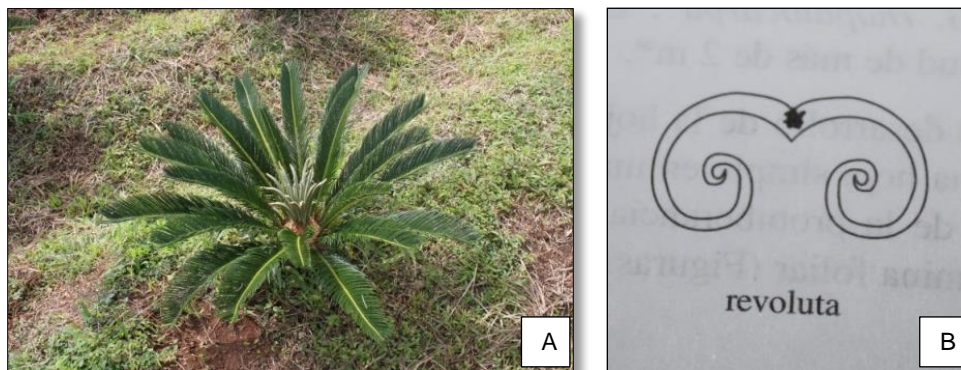
1.1 Descripción botánica de *Cycas revoluta*

Son plantas dioicas, con tallos subterráneos arborescentes generalmente cubiertos por la base de las hojas, las cuales son pinnaticompuestas - imparipinnadas, característica que distingue a las cicas del resto de las gimnospermas (Flores 1999). Dicha planta se caracteriza por un lento crecimiento, es considerada una especie perenne, las hojas se agrupan a manera de roseta en los extremos del tallo, opuestas o subopuestas, tienden a ser pubescentes cuando son jóvenes y glabras al madurar (Stevenson 2001). Al ser una planta arborescente, es muy común que se les confunda con palmas, sin embargo,



carecen de relación entre sí, debido a que las palmas pertenecen a otro grupo de plantas como las angiospermas (Pérez y Vovides 1997). Posee hojas color verde oscuro brillante y se disponen a manera de corona, con una longitud de 50 cm hasta dos metros de longitud, presenta una *vernación revoluta* que se les llama a los márgenes foliares curvados abaxialmente (Flores 1999) (Figura 2).

La cica es una planta simétrica, que soporta una corona de hojas sobre un tronco grueso, normalmente de 20 cm de diámetro en la madurez, algunas veces más amplio, que puede crecer entre seis y siete metros de altura en especímenes muy viejos; sin embargo, esta planta tiene un crecimiento muy lento, por lo que se requieren entre 50 a 100 años para alcanzar dicha altura (MobileReference 2009).



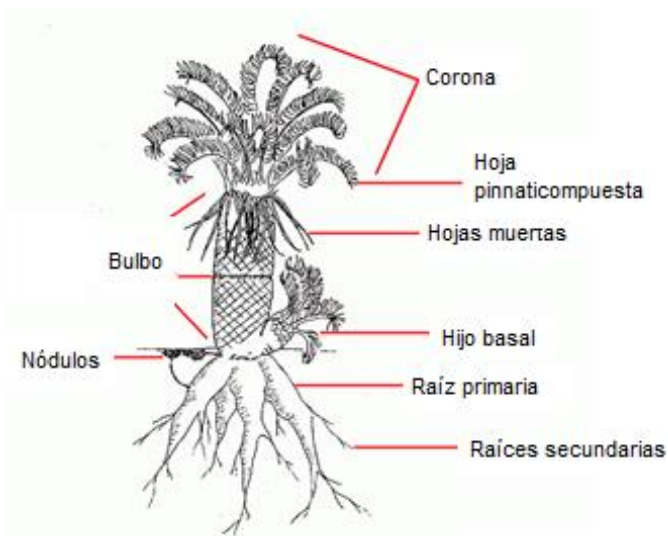
Fuente: Sánchez 2013

Fuente: Flores 1999

Figura 2. (A). Planta de *Cycas revoluta* hojas se disponen en forma de corona, imparipinnada, (B). Ilustración de la forma del margen revoluta de las hojas cuando inician el crecimiento.

Las raíces de las cicas (Figura 3) presentan asociación simbiótica con bacterias fijadoras de nitrógeno como *Anabaena cycadae* (Banerjee *et al.* 2005) y *Nostoc* (Seckbach 2002; Vessey *et al.* 2004; Rinaldi *et al.* 2005; Vessey *et al.* 2004; Marler *et al.* 2005).





Fuente: Bergman y Bergman 2013.















Fuente: Sánchez 2014

Figura 3. Anatomía de *C. revoluta* y sistema radical de planta joven de *Cycas revoluta*.

En la Figura 4, se presenta una escala de emisión foliar diseñada por Sánchez 2015, con el fin de entender con facilidad las fases identificadas como V1 (Infantil), V2 (Formación), V3 (Juvenil) y V4 (Madurez), estas fueron subdivididas en A, B, C; se indican los días después de emergido el brote de hojas y una breve descripción de cada fase; es importante tener claro que no siempre es válido hablar sobre el número de días de emergida, debido a que algunas veces el brote de hojas se puede atrasar o adelantar en la fase, además que es difícil llevar el conteo de los días de emergido el brote de cada planta en campo, por ello se planteó que las fases debían ser determinadas más bien por el aspecto visual, para que funcione como una base para que cualquier persona pueda identificar la fase de desarrollo en la que se encuentra la última corona de hojas de una planta de *C. revoluta*; además permite estandarizar criterios para tener un punto de referencia cuando se está hablando de periodos de susceptibilidad a las plagas, aplicaciones de agroquímicos o etapas críticas.

Existe desconocimiento acerca del ritmo de emisión foliar de dicha planta, el cual es un parámetro de importancia para el manejo agronómico de cualquier especie productiva.



Ritmo de emisión foliar de <i>Cycas revoluta</i> en condiciones de invernadero			Etapa (Fase desarrollo)	Nombre	Descripción
			V1 (A,B,C)	Infantil	Corresponde al crecimiento y división celular acelerada que se da durante el día de emergencia y transcurridos 4 días después de emergencia (4 DDE) aproximadamente. Las hojas aún no se han desarrollado y conservan margen revoluta. Esta etapa, se subdivide en tres fases que son: A: En donde solamente se observa una estructura formada por el raquis de la hoja, están los folíolos en formación; puede medir entre 3 - 5 cm de alto y 0,5-1 cm de ancho, dependiendo de tamaño final de la hoja y generalmente se encuentra cerrado durante esta fase. B: Se da 2 DDE aproximadamente. La estructura formada por el raquis adquiere mayor altura pero aún no se ha dado la apertura de los folíolos. C: En algunos casos puede verse la apertura transcurridos 4 DDE aproximadamente, pero dependiendo del tamaño final de la hoja. En esta fase el raquis puede seguir adquiriendo altura.
A 0 DDE	B 2 DDE	C 4 DDE			
			V2 (A,B,C)	Formación	Corresponde a la apertura de los folíolos y formación de la hoja, esto se puede observar entre 6 a 10 DDE aproximadamente. Comprende tres fases: A. Inicio de apertura foliar, al menos una de las hojas debe presentar esta característica, el ancho de la hoja puede medir entre 1,0 a 1,3 cm. B. Las hojas adquieren una forma definida, pero no ha finalizado la apertura; al ser tejido en formación la consistencia de los folíolos es blanda. C. Ya ha finalizado la formación de la hoja, puede existir al menos una hoja atrasada que está en apertura.
A 6 DDE	B 8 DDE	C 10 DDE			
			V3 (A,B,C)	Juvenil	Esta etapa se centra en el endurecimiento de las hojas, puede encontrarse entre los 12 y 16 DDE aproximadamente. Está compuesta por tres fases: A. Pueden existir folíolos finalizando la etapa de formación, se da el inicio del endurecimiento de los folíolos de la hoja que antes eran blandos y susceptibles a daños físicos. B. La hoja va adquiriendo la dureza necesaria para la formación de espinas en la punta de los folíolos. C. Los folíolos adquieren una dureza aceptable para que inicie el cambio en la coloración.
A 12 DDE	B 14 DDE	C 16 DDE			
			V4 (A,B,C)	Madurez	Corresponde a la etapa de cambio de coloración de las hojas y probablemente acumulación de carbohidratos en el bulbo. Estas van adquiriendo una tonalidad más oscura y ya tienen la dureza necesaria para soportar daños en la superficie. No hay cambio en crecimiento. Proceso para convertirse en una hoja madura, se divide en tres fases: A. B. C. que van desde 18 a 22 DDE aproximadamente. Luego de estas fases, no existen cambios visibles en apariencia ni tamaño (las primeras plantas en emerger se midieron hasta 32 DDE y no hubo cambios significativos).
A 18 DDE	B 20 DDE	C 22 DDE			

M Sánchez, 2014

Fuente: Sánchez 2015.

Figura 4. Escala fotográfica del ritmo de emisión foliar en *C. revoluta* en condiciones de invernadero.



1.2 Usos e importancia

Algunas especies de cicas están disponibles para la venta, tales como *Zamia*, *C. revoluta*, *Encephalartos*, *Dioon* entre otras, a un alto precio, comparado con las plantas ornamentales en general. Debido a que tienen restricciones para extraerlas de bosques; a menudo se observan en jardines exteriores, pero su explotación no se da al máximo, por ello es necesaria la tecnificación del cultivo de cicas (Burch 1981).

Además de ser una planta explotada comercialmente, en algunos lugares del mundo como en las montañas de Panamá, la parte interna del tallo es utilizado como alimento y en otros lugares como en la India, Sri Lanka, China, es industrializada para la extracción de "Sagú" o "Sago" (sustancia almidonosa para espesar salsas con alto contenido de carbohidratos), de ahí es donde proviene el nombre por el cual se le conoce: "King Sago Palm" o "sotetsu" en Japón (Laqueur y Spatz 1968); Janick y Paull (2008), reportan que las nueces o semillas de las cicas, son utilizadas como alimento en Sri Lanka, India y buena parte de Indonesia, contiene 12%-14% de proteína cruda y 66%-70% de almidón (Burkill 1933; Nishida 1936; Peckolt 1887; Sastri 1950; Yoshimura 1919 citados por Thieret 1958). El análisis de aire y materia seca del tallo en *C. revoluta* indicó que existe un 44,5% de almidón y 19,5% de proteína cruda, esto puede ser afectado con la temporada (verano-invierno) y según sean las plantas macho o hembra debido a la producción de semillas (Yoshimura y Sagava 1918; Nakamura y Nakajima 1943, citados por Thieret 1958). En la isla Ryukyu ha sido una planta de importancia alimenticia, es ofrecido en los menú de restaurantes en un lugar llamado Amami Oshima, al que le llaman también "The Cycad Hell", sin embargo los habitantes no mencionan a otras personas que en este lugar se practica el consumo de *C. revoluta* y tampoco admiten tener semillas en su posesión (Haring 1952, citado por Thieret 1958). La planta contiene una sustancia tóxica llamada cicasina (Nishida *et al.* 1956; Marler *et al.* 2005; Kyoda y Setoguchi 2010; Yamada *et al.* 2012) y hay diversos estudios que afirman que la toxina es letal tanto para animales como para humanos (Laqueur y Spatz 1968; Marler *et al.* 2005). También existe una bebida a base de semillas de



cicas al cual le llaman *doku sake* o *batido venenoso*, debido a que los que la beben pueden volverse violentos e incluso morir (Harring 1954, citado por Thieret 1958).

Se ha mencionado el uso de las hojas jóvenes de *C. revoluta* como alimento en Japón, pero no detallan cómo es el consumo debido a que existe cierta toxicidad (Kinch 1883, citado por Thieret 1958), por ejemplo el consumo de brotes jóvenes de *C. rumphii* es causante de reumatismo en hombres (Oches 1931, citado por Thieret 1958). Durante la segunda guerra mundial, en tiempos de la esclavitud y escasez de alimento, el consumo de subproductos de las cicas tuvo una importancia relevante debido al contenido nutricional que posee (Haring 1952, citado por Thieret 1958). También el extracto de sagú es utilizado para la fabricación de bebidas alcohólicas especialmente cerveza y para la fabricación de gomas, la cual se obtiene de exudados del órgano reproductor femenino, en el cual sostienen las semillas (Balfour 1875; Lindley 1838; Schwendener 1890; Roxburgh 1958, citados por Thieret 1958). La extracción de aceite de las semillas de *C. revoluta* se utilizó durante la crisis de la segunda guerra mundial en un lugar llamado Okinawa en Japón (Thieret 1958).

Se considera una planta ornamental utilizada para decoración de jardines a nivel mundial y en funerales o ceremonias en Japón (Whitelock 2002). Es producida en escala masiva para la comercialización, cultivada en grandes extensiones de terreno en lugares como China, La India y Sri Lanka; es considerada la especie de cicas más popular en la industria hortícola internacional (Marler *et al.* 2005), se ha reportado también que es comercializada como bonsái (Marler y Moore 2010) y se dice que los consumidores la prefieren debido a que son de lento crecimiento cuando son restringidas a una maceta; a pesar de la explotación comercial que tiene dicha especie, existe falta de conocimiento y estudios agronómicos y tiempo que tarda la planta en desarrollarse y el ritmo de emisión foliar.



2. Prácticas de Manejo agronómico del cultivo

En cuanto al manejo agronómico de *C. revoluta* existe poca información acerca del tema, por ello, además de artículos científicos se ha recurrido a fuentes de información del tipo comunicaciones personales con expertos en el cultivo¹.

2.1 Importación de semilla

Las semillas son provenientes de Japón, debido que, a nivel mundial es el principal exportador de semillas de *C. revoluta* (90%) y de plantas (65%) (IUCN/SSC 2003); se importan en mallas de 1400 – 1600 semillas. Al dedicarse al cultivo de *C. revoluta*, es necesaria la compra de la semilla importada, debido a que no existe producción para venta de semilla sexual en Costa Rica. Sabiendo esto, se debe destacar que el costo de la semilla es individual y por ende la pérdida de cada planta en campo debido a distintas patologías, significa un aumento considerable en costo de producción.

2.2 Pruebas de viabilidad de la semilla

Las semillas antes de ser sembradas en las camas, son sumergidas en agua para desechar las que flotan, lo que quiere decir que no tienen embrión desarrollado, es una práctica común utilizada por productores; las demás son tratadas con productos de acción nematicida que protegen la semilla durante la etapa de germinación.

2.3 Semillero

Se preparan camas de aserrín humedecido constantemente (Figura 5) y las mallas que contienen las semillas se distribuyen de manera uniforme en camas a la intemperie con riego por aspersión y fertilización foliar para desarrollar la etapa de semillero, que tiene una duración aproximada de seis meses a un año dependiendo del manejo agronómico que el productor realice.

¹ Armando Bonilla Brenes. Administrador y encargado del manejo agronómico de dos plantaciones comerciales de *Cycas* en Costa Rica.



Una de las dificultades del sustrato es la compactación del aserrín, la cual se debe al peso de la gota de agua al caer sobre este, esto hace que semillas que han germinado no puedan emerger a la superficie y tengan dificultad para desarrollarse y traspasar el sustrato para salir a la superficie a captar luz. Desde la siembra hasta que empiecen a brotar las plantas, transcurridos 2,5 meses aproximadamente.

Es particular que las plántulas de la misma edad, que se encuentran en semilleros, presenten diferencias de crecimiento y vigor entre ellas; esto puede deberse a factores como el tiempo de reposo que debe pasar la semilla antes de que sea sembrada, para que se dé el almacenamiento de sustancias dentro de la semilla, las cuales van a nutrir al embrión; a esto se le conoce como letargo por embrión no desarrollado (Perez y Vovides 1997).



Fuente: Sánchez 2014

Figura 5. (A). Etapa de plántula de *C. revoluta*, periodo de emergencia 3 meses aproximadamente. (B). Etapa de semillero de *C. revoluta*, fueron sembradas el 23 mayo del 2013. (C) Distribución de las semillas en camas de germinación.

2.4 Riego

La planta *C. revoluta* presenta una alta exigencia de riego (Figura 6) en etapa de semillero debido a que la semilla necesita humedad para desencadenar los procesos de germinación. Así mismo cuando se va plantar un bulbo, es necesario que se coloque en un medio húmedo para que comience a brotar. Una vez que las plantas son trasplantadas al campo, se



Fuente: Sánchez 2013

Figura 6. Riego por aspersión en semillero de *Cycas revoluta*.



pueden desarrollar normalmente con el agua disponible de la lluvia.

Se han realizado algunos estudios en China, donde se controla la intensidad del riego en *C. revoluta* en pote, para regular el tamaño de la planta y obtener curvaturas en las hojas que las hacen ser más llamativas y aumentar el precio para el consumidor (Dong *et al.* 1999).

2.5 Principales problemas en etapa de semillero

Entre los principales problemas que se pueden encontrar en las camas de germinación está un padecimiento conocido como mal de talluelo (Figura 7), se presenta una lesión en la parte central del tallo, impidiendo la translocación de nutrientes de la raíz hacia la parte aérea y viceversa.



Fuente: Sánchez 2014

Figura 7. Mal del talluelo, se refiere al estrangulamiento del tallo de plántulas de *C. revoluta* en semillero.

También se encontraron síntomas de chasparria, afectando las puntas de los folíolos, como se observa en la Figura 8. La enfermedad se propaga rápidamente debido a la densidad de siembra de las camas de germinación, permite la diseminación de esporas de hongos.



Fuente: Sánchez 2014

Figura 8. Principales síntomas de chasparria encontrados en las hojas de plántulas en semillero de *C. revoluta*.



2.6 Trasplante a campo

El trasplante es programado transcurridos desde seis a doce meses después de la siembra en dependencia del manejo del cultivo; se realiza a raíz desnuda, con el cascarón de la semilla adherido, también es posible removerlo. Es necesario que desde el semillero la planta se encuentre sana, sin presencia de enfermedades, debido a que si es trasplantada enferma, es posible que muera, retarde el crecimiento o que sea una fuente de inóculo para la diseminación de alguna enfermedad, como en el caso de la chasparria (Guzmán 2012).

2.7 Densidad de siembra

Las plantas de *C. revoluta* se siembran en camas o lomillos de 0,50 m de ancho, en donde se distribuyen las plantas por medio del método de siembra tres bolillo con doble hilera a 0,25 m entre plantas y un metro de distancia entre lomillos, para un total de 60 mil plantas por hectárea aproximadamente.



Fuente: Sánchez 2014
Figura 9. Método de siembra de *C. revoluta*.

2.8 Fertilización

A menudo se utiliza la misma fertilización aplicada en palmas, (Dehgan (1983) y Pérez y Vovides (1997), recomiendan utilizar fertilizantes de lenta liberación en cultivos de ciclo largo. Broome (1997), sugiere la fórmula 18-6-8 con elementos menores, de liberación continua, durante las primeras etapas de crecimiento, de manera que una vez que las plantas pasen a crecimiento episódico por medio de coronas de hojas, se recomiendan aplicaciones trimestrales de 24-7-8 más elementos menores, coincidiendo con los momentos de emisión de hojas. Sin embargo, la fertilización puede variar mucho según el manejo; cada productor define la fórmula que va a utilizar y el momento de aplicación. Se carece de estudios que propongan una fertilización ideal para el cultivo de *C. revoluta*. Productores mencionan que fórmulas altas en nitrógeno no son necesarias debido a que el sistema radical de la planta realiza fijación de N por bacterias, de modo que lo que necesita es Mg. En la práctica se han realizado aplicaciones de



magnesio tanto foliares como al suelo y ha obtenido excelentes resultados en la planta, coloración de las hojas e incluso mayor vigorosidad. Joiner (1981) indica que se puede utilizar fórmulas completas en relación 3:2:1 (N:P₂O₅:K₂O) y que se debe complementar con aplicaciones foliares para mejorar el aspecto del follaje.

2.9 Cosecha

Es importante recalcar que se debe promocionar y diversificar el mercado con innovaciones como el cultivo de cicas en maceta, plantas decorativas tipo bonsái, cicas bajo invernadero o venta de follaje y venderlo para arreglos florales.

De estos mercados dependerá el tipo de cosecha que se realice. Si la cosecha es de hojas, se conserva la planta madre y solamente se le extraen las hojas; esta actividad se considera poco rentable, a menos que la extracción de hojas se realice como un subproducto, en donde se aprovechen las hojas que son cortadas al cosechar el bulbo. Productores de follaje se vieron en problemas debido a que en el 2005 hubo un brote de escama (*Aulacaspis yasumatsui*) la que acabó con plantaciones importantes de productores de hojas de cicas.

Si el mercado abastecido es el de cicas en pote, las plantas de igual manera se trasplantan a campo y se desarrollan allí hasta alcanzar el tamaño deseado para desarrollarlas en pote. Para este tipo de actividad es necesario que se cuente con infraestructura para ambiente protegido, en donde las plantas estén protegidas de condiciones de alta humedad y precipitaciones, debido a que estas condiciones las hacen susceptibles a la chasparria o ser atacadas por escamas.

Cuando se cosecha el bulbo (principal actividad de la mayoría de productores), la planta debe tener una edad aproximada de dos a tres años y un diámetro del bulbo entre tres a seis pulgadas dependiendo del mercado de exportación. La cosecha se realiza graneada, midiendo el diámetro en campo y extrayendo únicamente las plantas que cumplen con el tamaño deseado.

En el campo, el personal extrae el bulbo que se encuentra sembrado en el lomillo, corta todas las hojas y elimina raíces que se encuentren fuera de sitio, luego es llevado a la planta de proceso en donde se lava en una pila (similar a la utilizada para lavar raíces y tubérculos) con un cepillo y abundante agua para



remover residuos de suelo (Figura 10). Seguidamente se sumergen los bulbos en una solución con insecticida para eliminar escamas (*Aulacaspis yasumatsui*) y fungicida, las cuales se esconden debajo de la inserción de la hoja en el tallo y son una amenaza para la planta.



Fuente: Sánchez 2014.

Figura 10. Almacenamiento de bulbos para exportación de *C. revoluta*. Bulbos provenientes del campo, con restos de suelo, lavados con agua y sumergidos en un insecticida (Terbufos®) para eliminar restos de *A. yasumatsui*.

2.10 REPRODUCCIÓN

2.10.1 Reproducción asexual

Se da por medio de “hijos o hijuelos” (Figura 11), los cuales se extraen con cuidado a medida que van emergiendo al lado de la planta madre (Burch 1981; Popenoe 2005), es poco utilizado por productores ya que los hijuelos que se obtienen son desuniformes y no es posible que se haga una planificación de la cosecha con plantas que presentan diferencias en crecimiento. El bulbo es otro tipo de reproducción asexual, se puede sembrar de cualquier edad, es el producto principal de exportación de productores de cicas, el cual debe cumplir con criterios de calidad como su calibre determinado según lo exijan los clientes. Sin embargo, otra manera de reproducir la planta es en pote o maceta pero exige un mayor control de enfermedades y estructuras de ambiente controlado. También se han realizado estudios para propagar *in vitro*, pero no se han tenido resultados satisfactorios (Rinaldi *et al.* 2005).





Fuente: Sánchez 2014

Figura 11. Hijos basales de *Cycas revoluta*, ambos fueron sembrados en macetas con suelo, el bulbo de la derecha no emitió raíces, mientras que el de la izquierda tardó 12 meses en emitir un brote de dos hojas.

C. revoluta, es una planta de lento crecimiento y difícil propagación, la cual se puede realizar de manera sexual o asexual. Al ser una planta dioica, las estructuras reproductivas se encuentran en plantas separadas en la parte apical del tallo y se les conoce como estróbilos (microstróbilo: masculino y megatróbilo: femenino) (Figura 12) (Pérez y Vovides 1997).

2.10.2 Reproducción sexual

En la Figura 12, se observa el dimorfismo sexual entre plantas de cicas macho (Figura 12-A) y hembra (Figura 12-B), en donde claramente se muestra en el caso del macho, un cono en la parte central, el cual sobresale, es de color amarillo cuando está activo e impregnado de polen, y de color café cuando llega a la senescencia. En el caso de la hembra, de igual manera muestra una estructura en la parte central, pero esta contiene las semillas en desarrollo y muestra el follaje con un ángulo de mayor grado debido al megatróbilo que soporta en la parte central de la corona. Productores de cicas indican que una de las características que puede diferenciar hembras de machos en etapas tempranas, es que el macho muchas veces se bifurca en la parte superior y forma dos coronas de hojas por aparte, además presenta el follaje con un ángulo de menor grado.

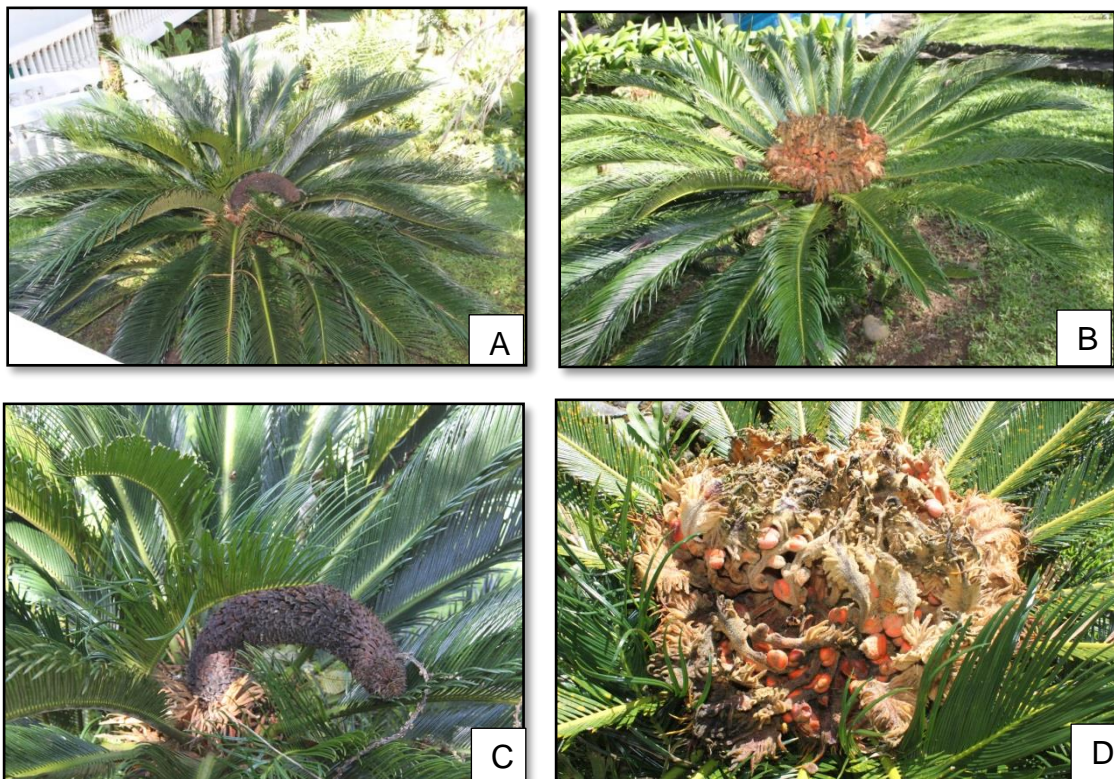
La forma de reproducción principal de este tipo de plantas es por medio de semillas (Figura 12-D), las cuales se recolectan en cierto periodo y se pueden almacenar una vez abierto en un lugar fresco durante un periodo de cuatro a doce meses para que se dé la maduración (Poepenoe 2005); se puede acelerar el proceso de maduración, sometiendo a la semilla a un proceso de escarificación. El



periodo de maduración es determinado por la especie de cicas, a menudo deben pasar largos periodos de maduración del embrión para que se dé la germinación. Sumado a esto, la germinación esperada no siempre se da, debido a que la semilla generalmente tiene un bajo porcentaje de viabilidad (Burch 1981). Es posible realizar una prueba de fertilidad en un balde con agua, las semillas que floten son infértiles debido a que no fueron polinizadas y no pudo formarse el embrión (Pérez y Vovides 1997).

No existe información suficiente en cuanto a procesos de producción de semilla, debido a que en Costa Rica no existen plantaciones comerciales dedicadas a la producción de semilla. Existen ciertas dificultades para producir la semilla, debido a que la planta de *C. revoluta* tiende a diferenciarse sexualmente después de largos periodos de años, además de que la polinización se debe hacer manual, colocando el polen procedente del cono del macho en la superficie de la flor de la hembra; de manera que la semilla se formará aunque el embrión no exista; por otro lado se debe recalcar que existe una viabilidad o germinación muy baja comparada con las semillas importadas, las cuales presentan diferencias de crecimiento y vigor entre ellas; esto se puede deber a factores como el tiempo de reposo que debe pasar la semilla antes de que sea sembrada, periodo requerido para que suceda el almacenamiento de sustancias dentro de la semilla, las cuales van a nutrir al embrión; a esto se le conoce como letargo por embrión no desarrollado (Perez y Vovides 1997).





Fuente: Sánchez 2014

Figura 12. Órganos reproductores de *Cycas revoluta*. microstróbilos: masculino (A y C), y megastróbilos: femenino (B y D).

3. Principales plagas

3.1 Cycad Aulacaspis Scale (CAS)

Es una escama, perteneciente al orden Hemiptera: Diaspididae, llamada *Aulacaspis yasumatsui*, es una plaga específica de las cicas a nivel mundial, es conocida como Cycad aulacaspis scale (CAS), los daños inician con puntos cloróticos sobre las hojas (Figura 13). Esta escama se encuentra cubierta por una armadura cerosa, la cual eventualmente cubrirá la planta incluyendo las raíces. Las hojas se muestran desecadas y se tornan color café y eventualmente la cica muere (Marler y Moore 2010). El SFE (2009), además de *A. yasumatsui*, reporta la escama *Chrysomphalus aonidum* (Hemiptera: Diaspididae) como plaga en *C. revoluta* cultivadas en Costa Rica.





Fuente: Sánchez 2014

Figura 13. Plantas de *C. revoluta* infectadas por escamas *Aulacaspis yasumatsui*, vista desde distintas perspectivas, nótese como envuelve el pedúnculo y los foliolos de la hoja hasta dejarlo color blanco.

Para el control de la escama, se pueden utilizar insecticidas con ingrediente activo Imidaclopir y Thiamethoxam (son sistémicos), también está Pyriproxifen que actúa como regulador de crecimiento, esteriliza las hembras, baja la viabilidad de los huevos y actúa sobre la metamorfosis. Sin embargo estos insecticidas son de amplio espectro y son necesarias varias aplicaciones (Emshousen *et al.* 2004; citados por Naranjo 2011). Se ha utilizado aceite agrícola aplicado por medio de aspersiones foliares, es efectivo y evita que la escama se establezca en la hoja; también se utilizan mezclas entre aceite agrícola y Dimetoato o Imidacloprid (Weissling *et al.* 1999; citados por Naranjo 2011).

Se han utilizado insectos parasitoides como *Coccobius fulvus* (Hymenoptera: Aphelinidae) y depredadores como *Cybocephalus binotatus* (Coleoptera: Nitidulidae) (Hodges 2006; citado por Naranjo 2011).

3.2 Virus CNSV (Cycad Necrotic Stunt Virus)

Es el único virus caracterizado para las gimnospermas, es un *Nepovirus* del subgrupo b, de la familia Comoviridae (Han *et al.* 2002), fue aislado y caracterizado en Japón en 1986, en unas plantas de *Cycas revoluta* con síntomas de necrosis y corrugamiento de hojas nuevas y puntos necróticos en hojas maduras (Luo 2012; Han *et al.* 2002). También se menciona en otras zonas del mundo donde se cultivan cicas (Australia, Nueva Zelanda, Italia) daños por el CNSV, es transmitido por semilla, nematodos y propagación vegetativa (Harris 2002; Luo 2012). Cicas es el único género de plantas al que se le conoce como hospedero del CNSV, sin embargo puede ser transmitido a familias como



Aizoaceae, Amaranthaceae, y Chenopodiaceae (Kreith *et al.* 1994; Citado por Han *et al.* 2002). Rodrigo Valverde, profesor virólogo de la Universidad Estatal de Luisiana LSU, realizó extracciones de ARN a plantas de *C. revoluta* de jardines internos de la Universidad, las cuales presentaban sintomatologías similares a la chasparria (Figura 14) e inoculó en plantas indicadoras para verificar la existencia de virus. No se obtuvieron resultados positivos, a la fecha, este virus no ha sido reportado en Estados Unidos.



Fuente: Valverde 2014

Figura 14. Lesiones encontradas en jardines de Louisiana State University (LSU), ambas lesiones fueron analizadas con extracción de ARN e inoculadas en plantas indicadoras por Valverde 2014. Sin embargo no se encontró relación con el CNSV.

3.3 Deficiencia de elementos como Mn y relación Fe:Mn.

Es muy común que se presenten manchas cloróticas y necróticas a nivel foliar en plantas de *Cycas revoluta* en regiones tropicales del mundo. Deghan *et al.* (1994), estudiaron la posible relación existente entre los síntomas presentados a nivel foliar y las deficiencias o desbalances nutricionales en el suelo debido a relación Fe:Mn ($r^2= 0,61$); determinaron que en suelos deficientes en Mn, es necesaria la aplicación de micronutrientes para suplir las necesidades de la planta, debido a que el Mn es un elemento de poca movilidad; además indicaron que la sintomatología de la clorosis puede variar debido a la variación genética de plantas.

Generalmente se da un cambio en la coloración que va desde amarillo hasta café, incluso en casos severos, más de la mitad o la planta entera se decolora y muere (Popenoe 2005). En regiones donde existen pH básicos es generalmente



donde ocurren este tipo de desórdenes nutricionales ya que en pH ácidos más bien existe toxicidad por elementos como el Hierro.

3.4 Necrosis foliar o chasparria

En muchas zonas donde se cultivan cicas se han observado síntomas de necrosis y clorosis en el tejido foliar, esto puede provocar la muerte de la planta y retarda el llenado del bulbo. Este problema no ha sido metódicamente estudiado, además no se ha logrado encontrar alguna respuesta relacionada a los posibles agentes causales (Deghan et al. 1994). Muchos productores en Costa Rica han abandonado la actividad debido al difícil manejo de esta enfermedad, especialmente cuando se dedican a la comercialización de follaje y cica en pote o maceta.

La chasparria puede ser causada por un complejo de patógenos de manera que unos actúan como patógenos primarios y otros como secundarios, se puede presentar la infección en plantas de cualquier edad, tanto en campo como en camas de germinación (Guzmán 2012), en la Figura 8 se observa que la enfermedad afecta la parte media o extrema de los foliolos y si el ataque es muy severo afecta la totalidad de la hoja.



Fuente: Sánchez 2013

Figura 15. (A) Tejido joven en campo afectado por chasparria. (B) Planta en condiciones de campo con tres hojas afectadas completamente por chasparria. (C) Plantas en semillero con los extremos lesionados.

Existen enfermedades reportadas para *C. revoluta* que se pueden asociar a la patología presentada a nivel foliar, entre las más destacadas se encuentran: *Alternaria* sp., *Fusarium oxysporum*, *Pestalotia cycadis*, *Gloeosporium* sp., *Cercospora* sp., *Rhizoctonia* sp. (MAG 2009); otras como *Chaetomella cycadina*,












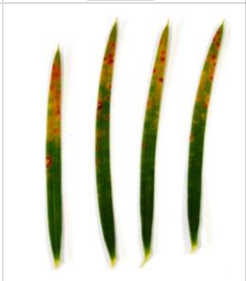
Sphaeropsis sp., *Ascochyta* sp., *Cladosporium* sp. (Rao y Baheker 1964), *Colletotrichum* spp., *Cilindrocladium* sp.; todos los microorganismos mencionados anteriormente producen conidios, dañan el tejido foliar, provocan pérdidas en la cosecha y bajos rendimientos.

Sánchez (2015) describió la sintomatología asociada a cuatro principales hongos que se presentan en las lesiones de la necrosis foliar: *Colletotrichum proteae*, *Fusarium* sp., *Nigrospora sphaerica*, *Pestalotiopsis foedans* y *Sclerotium* sp, entre otros. Además de establecer una metodología para las inoculaciones bajo ambiente controlado, determinó que el agente causal de la necrosis foliar o chasparria, es *C. proteae*, después de haber sido comparadas fenotípicamente la colonia y la forma de los conidios, comprobando así, los postulados de Koch. Las inoculaciones realizadas con los demás patógenos, no fueron efectivas, esto se debió posiblemente a la dureza de la cutícula de la planta y la forma de penetración del patógeno; es posible que sean oportunistas y penetren ya una vez establecida la colonia de *C. proteae*.





Sánchez en el 2015, realizó una categorización de los síntomas presentados por la chasparria en *Cycas revoluta* (Figura 16), en donde se muestran los síntomas más comunes observados en campo, la descripción y el posible agente causal aislado de dichas lesiones. Solamente fueron comprobados por medio de los Postulados de Koch, los síntomas ocasionados por *C. proteae*.



Síntomas presentados por chasparria en campo

Ilustración		Caracterización	Patógeno presente en lesión
		<p>A</p> <p>Se presenta como una desecación repentina o acelerada de foliolo jóvenes que avanza desde el ápice hacia la base del mismo. A diferencia del síntoma B, el tejido dañado tiende a corrugarse y puede haber abscisión de la totalidad o parte del mismo. Al igual que en B y en G, se observa en el tejido seco la formación de estructuras (cuerpos fructíferos del hongo) que semejan puntos negros.</p>	<p><i>Fusarium</i> sp. <i>Colletotrichum proteae</i> <i>Nigrospora sphaerica</i></p>
		<p>B</p> <p>Lesión de apariencia seca, que inicia desde el extremo apical del foliolo y va avanzando hacia la base del mismo hasta secarlo por completo. El tejido se endurece, se tuesta y se observa la formación de estructuras (cuerpos fructíferos del hongo) que semejan puntos negros.</p>	<p><i>Nigrospora sphaerica</i> <i>Colletotrichum proteae</i> <i>Aspergillus</i> sp.</p>
		<p>C</p> <p>La lesión inicia como un punto decolorado en la parte central o borde del foliolo. Con el tiempo un halo clorótico envuelve la lesión la cual al crecer causa deformación del tejido hacia el borde del foliolo. La lesión crece hasta unos 0,5 cm, su parte interna se seca y se hunde hasta que se forma una zona de tejido muerto. En otros casos se da la deformación del tejido hacia el borde del foliolo, puede tratarse de infecciones latentes o que han sido parcialmente controladas por aplicaciones de fungicidas.</p>	<p><i>Cochliobolus geniculatus</i> <i>Fusarium</i> sp. <i>Nigrospora sphaerica</i></p>
		<p>D</p> <p>Consiste en un desecamiento del foliolo que va avanzando desde la punta hacia el peciolo, tiene color rojo - cobrizo y no necesariamente los foliolo afectados se encuentran cercanos entre si.</p>	<p><i>Pestalotiopsis foedans</i></p>
		<p>E-F</p> <p>Lesiones redondeadas color café-marrón o cobre, dispersos de la parte media del foliolo hacia el ápice del mismo. No hay deformación de los foliolo y provocan una despigmentación gradual del foliolo o de la hoja entera.</p>	<p><i>Pestalotiopsis foedans</i> <i>Davidiella tassiana</i></p>



	<p>G Al principio la lesión es de color grisáceo, de apariencia húmeda, luego se torna café claro en los bordes y gris claro en su parte central y se forman círculos concéntricos con puntos negros en la superficie. Las lesiones se ubican principalmente en la parte media de los folíolos, secando su parte apical, la cual luego se dobla o retorce y pueden llegar a desprenderse de la hoja. En caso de abscisión una parte de la hoja y encrespamiento del extremo, puede ser similar al síntoma A.</p>	<p><i>Inoculado: Colletotrichum proteae</i></p>
	<p>H Se presenta una lesión inicial en el raquis de la hoja, creando una especie de herida. También se da la deformación de la hoja por medio de un encorbamiento, ya sea hacia abajo, hacia arriba o a un lado y por último el raquis se quiebra en la lesión. Luego se desencadenan los síntomas presentados por el síntoma G.</p>	<p><i>Inoculado: Colletotrichum proteae</i></p>
	<p>I Deformación y despigmentación verde claro de la parte media de un grupo de folíolos consecutivos de la hoja. Primero se deforma una parte del folíolo y luego va perdiendo la coloración verde oscuro. Se puede dar naturalmente el proceso de abscisión del folíolo en la parte afectada. Es posible que este síntoma esté relacionado con desórdenes nutricionales.</p>	<p>Posiblemente infección contrarrestada por fungicidas, desorden nutricional o virus.</p>
	<p>J Despigmentación y leve deformación de la parte central de los folíolos de la hoja sin presencia de necrosis. Es probable que este síntoma esté relacionado con el I.</p>	<p>Posiblemente infección contrarrestada por fungicidas, desorden nutricional o virus.</p>
	<p>K Decoloración y secamiento del tejido que inicia en la base del folíolo y avanza hacia el ápice del mismo. La lesión se seca, el tejido se mantiene firme y no hay presencia de puntos negros como en la lesión A, B y G. Se le atribuye a un desorden fisiológico o producto de un efecto fungicida y no a una patología como tal.</p>	<p>Posiblemente infección contrarrestada por fungicidas o de carácter fisiológico.</p>
	<p>L Se presenta una fuerte despigmentación amarillo claro en partes de los folíolos a manera de manchas o rayas transversales. Algunas veces puede haber deformación, este síntoma se ha observado en plantas en semillero y adultas.</p>	<p>Posiblemente desorden fisiológico o virus</p>

Fuente: Sánchez 2015

Figura 16. Sintomatología correspondiente a la “chasparria” en *Cycas revoluta*, presentados a nivel de campo.



Sánchez 2015 realizó un estudio para describir la sintomatología asociada a cuatro principales hongos que se presentan en las lesiones de la chasparria: *Colletotrichum proteae*, *Fusarium* sp., *Nigrospora sphaerica*, *Pestalotiopsis foedans* y *Sclerotium* sp, entre otros. Además de establecer una metodología para las inoculaciones bajo ambiente controlado, determinó que el agente causal de la necrosis foliar o chasparria, es *C. proteae*, después de haber sido comparadas fenotípicamente la colonia y la forma de los conidios, comprobando así, los postulados de Koch. Las inoculaciones realizadas con los demás patógenos, no fueron efectivas, esto se debió posiblemente a la dureza de la cutícula de la planta y la forma de penetración del patógeno; es posible que sean oportunistas y penetren ya una vez establecida la colonia de *C. proteae*. Durante las inoculaciones con *C. proteae*, se comprobó si existía alguna relación entre la severidad y la etapa de desarrollo de la planta, en donde se pudo observar (Figura 17) una mayor severidad en las etapas V2 y V3, pero de igual manera termina atacando todas las etapas de emisión foliar, solamente que lo hace lentamente.



Fuente: Sánchez 2015

Figura 17. Fase de desarrollo más susceptible al ataque de la chasparria en *Cycas revoluta*. Plantas fueron inoculadas en: Etapa V1 Infantil, Etapa V2 Formación, Etapa V3 Juvenil y Etapa V4 Madurez. Las fases más susceptibles son la V2 y V3. Foto tomada 15 – 24 días después de haber inoculado.



3.4.1 Desarrollo de la enfermedad

Sánchez 2014 realizó inoculaciones controladas con del agente causal de la necrosis foliar o chasparria en cicas para observar los síntomas de la enfermedad, periodo de incubación y latencia, en la Figura 22 se observa el avance de la enfermedad desde los dos días post inoculación, en donde a los tres días se da la aparición del primer síntoma, lo quiere decir se ha dado la penetración del haustorio en el tejido vegetal, esto se refleja en la lesión necrótica ocasionada; a los cuatro y cinco días se pueden observar estructuras reproductivas del hongo como los acérvulos de color negro, que reflejaría un inóculo secundario de la enfermedad, por lo que se ha cumplido el ciclo reproductivo de *C. proteae*; a los ocho días se puede observar que inicia una despigmentación del foliolo bajo la lesión inicial, se da el proceso necrótico pero esta vez presentando otro tipo de síntoma. La enfermedad es policíclica y de rápida diseminación, los conidios pueden viajar en gotas de agua y contagiar tejido ceracano e incluso hojas nuevas en cualquier etapa.

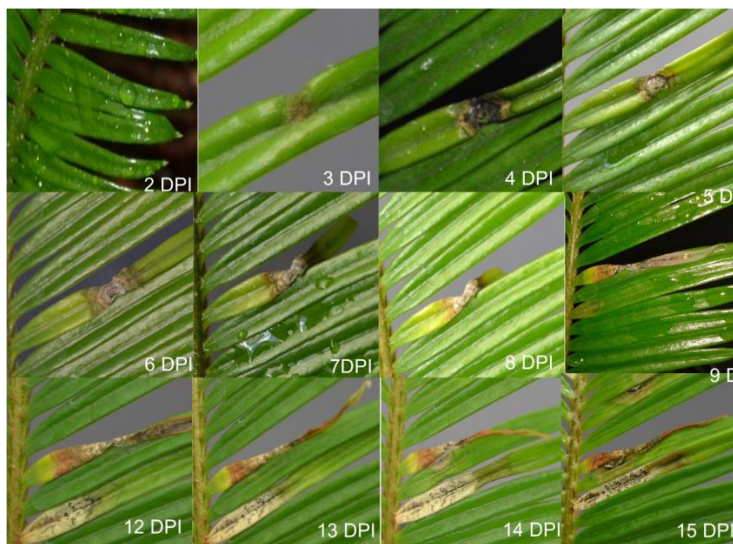


Figura 18. Orden cronológico del avance de una de las lesiones provocada por inoculaciones con *C. proteae* en plantas de *Cycas revoluta*, desde el segundo día post inoculación (DPI), hasta los quince días.











4. Estrategias para el manejo de la chasparria

Agrios (2005), recomienda una integración de tácticas de control de enfermedades en donde se aplique control químico, cultural y físico para una disminución del inóculo de enfermedades fungosas. Así mismo es importante el monitoreo en esta clase de enfermedades fúngicas, debido a que puede existir variabilidad entre los patógenos presentes, por ello es necesario el conocimiento del ciclo de vida y el comportamiento del agente causal, así como su capacidad de respuesta ante las condiciones del medio en el que se desarrolla, es decir la biología, etiología y epidemiología del patógeno.

Sánchez 2015, diseñó una escala diagramática de severidad para el monitoreo en campo de la chasparria en *C. revoluta*, en la Figura 19 se observa la escala compuesta por 8 grados, los cuales corresponden a un porcentaje de tejido afectado en una hoja. Gracias a dicha escala, fue posible la evaluación en campo de dos estrategias (fertilización y fungicidas) para el manejo de la chasparria.

Las escalas diagramáticas son representaciones ilustradas, que muestran síntomas de diferentes niveles de severidad (Bergamin y Amorim 1996, citados por Godoy *et al.* 2006), son utilizadas para facilitar la evaluación y dar mayor precisión en la medición de la enfermedad (Berger 1980, citado por Godoy *et al.* 2006). El diseño de una escala diagramática, es utilizada para la evaluación de la severidad en enfermedades, esto reduce la subjetividad con la que pueden ser evaluadas; estas escalas han sido utilizadas para una gran cantidad de patosistemas (Godoy *et al.* 1997; Leite y Amorim, 2002; Martins *et al.*, 2004; Godoy *et al.* 2006).



Escala diagramática para evaluar la severidad de la chasparria en <i>Cycas revoluta</i>			
0	1	2	3
Sana	Muy levemente afectada	Levemente afectada	Medianamente afectada
			
0%	>0 - 5%	>5% - 15%	>15% - 25%
4	5	6	7
Altamente afectada	Muy altamente afectada	No funcional	Totalmente necrosada
			
>25% - 50%	>50% - 75%	>75% - 95%	>95%
			M Sánchez , 2014

Fuente: Sánchez 2015

Figura 19. Escala diagramática para la evaluación de la severidad de chasparria en *Cycas revoluta*.



Fertilización

Los métodos de control cultural ayudan a mejorar la resistencia del hospedante por medio de prácticas que generen un buen funcionamiento del sistema de la planta. La nutrición mineral de la planta juega un papel muy importante en la resistencia ante enfermedades fúngicas. Una adecuada fertilización, puede tener efectos sobre la pared celular, producción de sustancias de defensa, enzimas y energía para el funcionamiento de los procesos celulares que son afectados durante el desarrollo de una enfermedad (Agrios 2005).

Calcio (Ca)

Se ha demostrado que el calcio brinda dureza y estabilidad a la membrana, además genera un aumento en la rigidez del tejido, de manera que se hace más resistente ante la degradación y entrada de estructuras como el apresorio por parte del hongo (Delgado *et al.* 2006). La presencia de compuestos que no son fácilmente degradados por la acción enzimática del hongo hace que la planta adquiera un tipo de resistencia ante la enfermedad. Entre los compuestos complejos mencionados están los cationes monovalentes como el calcio o magnesio así como pectinas y proteínas (Agrios 2005).

Uno de los aspectos importantes que provoca una adecuada nutrición con calcio, es que se activa la división y elongación celular con paredes fuertes y rígidas. Se debe recalcar que el calcio es un elemento poco móvil dentro de la planta, por ello es necesario prestar atención a las deficiencias presentadas, para suplir las necesidades con anticipación para que esté disponible para la planta cuando lo necesite (Wild 1992).

Magnesio (Mg)

Es un elemento de importancia en regiones húmedas debido a que tiende a lixiviarse; en suelos ácidos es el segundo en importancia en cuanto a



cantidad presente en la materia seca después del calcio. Es importante recordar que elementos como el Ca, Mg y K deben estar balanceados en el suelo debido a que es posible que se presente el bloqueo de posiciones de intercambio catiónico, debido a que tienen un efecto antagónico si existe abundancia de uno respecto a otro; así mismo el exceso de K puede ocasionar carencias de Mg, debido a la competencia entre cationes por acaparar las posiciones de intercambio para entrar a la raíz de la planta (Wild 1992).

El magnesio juega un papel importante en reacciones enzimáticas y de transferencia de energía, es el elemento central de la molécula de clorofila, además dentro de la célula tiende a unirse con moléculas orgánicas para formar compuestos importantes como el ácido málico. Entre los síntomas más comunes de la deficiencia de magnesio está la clorosis intervenal en hojas viejas inicialmente y luego se da un descenso en la fotosíntesis (Wild 1992). La deficiencia de Mg es muy común en suelos ultisoles; esto se debe principalmente a la escasa aplicación de fertilizantes que contienen Mg y la excesiva utilización de fertilizantes altos en K y Nitrogenados (Molina 1998).

Silicio (Si)

Es un elemento abundante en la litosfera (27,7%) y suelo (60%), en forma soluble como ácido salicílico (Epstein 1999; Fauteux *et al.* 2005). Epstein (1999), indica que el Silicio no es clasificado como un elemento esencial, no se incluye en la formulación de dosis de fertilizantes; sin embargo, se ha confirmado la importancia a través de numerosos estudios; es absorbido como ácido silícico (H_2SiO_3), es almacenado dentro del tejido de la planta, se aplica como fertilizante en la forma oxidada SiO_2 ; de manera, que se da la siguiente reacción al entrar en contacto con el agua: $SiO_2 + H_2O = H_2SiO_3$ (Wild 1992) sin embargo Jones y Handreck (1976) citados por Kordorferr y Datnoff (1996), afirman que el Si es absorbido como ácido monosilícico $Si(OH)_4$. Se ha comprobado que la falta de Silicio hace más propensas a las plantas ante el ataque de patógenos, por la debilidad en la pared celular (Epstein 1999;



Hodson *et al.* 2005, citados por Aguirre *et al.* 2007). Es bien sabido que el grosor de la pared celular en una planta es fundamental para prevenir ataques de patógenos ya que interfiere en la penetración del hongo, hace que esta sea difícil o imposible (Agrios 2005).

Ha sido demostrado que la fertilización con Silicio, hace que la planta aumente la acumulación de fitoalexinas, compuestos fenólicos y lignina (Chérif y Belángier 1992, citado por Aguirre *et al.* 2007), esto genera una mayor resistencia ante el ataque de patógenos. Fauteux *et al.* (2005), defienden la propiedad de bioactivador del Silicio, afirman que dicha propiedad se debe a que se forman enlaces proteínicos que interfieren con cofactores catiónicos de enzimas que se relacionan con la patogenicidad.

En algunas plantas como gramíneas y cucurbitáceas, se da un aumento en la síntesis de peroxidasa, polifenoloxidasa, glucanasas y quitinasas; esto provoca lignificación del tejido. El Silicio es depositado en el retículo endoplasmático de las células y espacios intercelulares en la forma hidratada $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, aunque también es depositado en células especializadas llamadas células silíceas, las cuales forman una capa gruesa bajo la cutícula de la hoja (Wild 1992; Fihlo *et al.* 2000).

Por otro lado el silicio y el calcio, actúan en conjunto favoreciendo la rigidez de las paredes celulares y brindan resistencia ante ciertos patógenos (Delgado 2006). Ha sido demostrado que el Silicio incrementa la tolerancia ante suelos ácidos y con altos contenidos de Al, Fe y Mn; esto se debe a que aumenta el intercambio catiónico y torna ligeramente básico el pH (Chérif y Belángier, 1992, citado por Delgado *et al.* 2006), además Kordorferr y Datnoff (1996) mencionan que el Si actúa reduciendo los niveles de Fe y Mn en suelos con niveles altos en estos elementos.

Poda sanitaria

Este tipo de control se refiere a actividades como la poda sanitaria que ayuda a proteger a las plantas del inóculo del secundario de la enfermedad



que se encuentra en el campo; se considera como una actividad de saneamiento, la cual es capaz de disminuir la cantidad de inóculo presente y el grado de la enfermedad en la plantación afectada (Agrios 2005).

Agrios (2005), recomienda realizar este tipo de práctica, debido a que es importante extraer el inóculo de las zonas cercanas a la plantación, para evitar que se contagien hojas sanas y se siga propagando la enfermedad. El hecho de excluir el inóculo primario o secundario presente en el campo hace que disminuya la presión de la enfermedad y lo convierte en una práctica eficaz para patógenos monocíclicos y policíclicos. Además menciona que es importante que éste método se acompañe del control químico y que ayude a la disminución de la infección. En la Figura 20 se muestra la poda sanitaria realizada a una planta de *Cycas revoluta* en el campo.



Fuente: Sánchez 2014.

Figura 20. Efecto de la poda sanitaria sobre plantas afectadas de *C. revoluta*. (A) Planta afectada por la chasparria. (B) Planta después de realizada la poda sanitaria. (C) Recolección del inóculo en sacos para no distribuir el patógeno en el campo, luego se queman los restos y se les da un tratamiento con cal.

Ácido acético

Es posible disminuir el inóculo secundario por medio de aplicaciones de sustancias con poder anti-esporulante como el ácido acético, esto genera un efecto similar a la poda ya que elimina la fuente de inóculo y es de bajo costo comparado con la mano de obra requerida para realizar la poda de hojas enfermas.



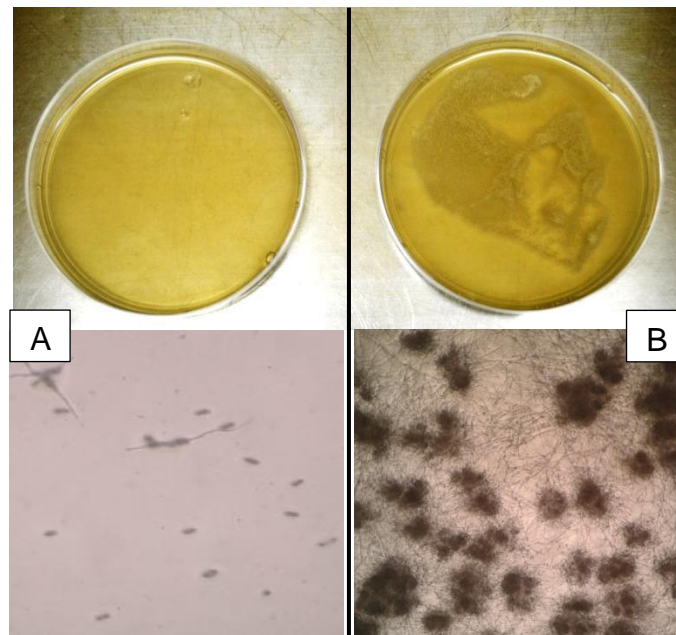
Se ha demostrado el efecto fungicida sobre los esclerocios de *Phymatotrichopsis omnívora* en concentraciones de 8,3 y 83,4 $\mu\text{g ml}^{-1}$ de ácido acético y concentraciones de 1,7 a 8,3 $\mu\text{g ml}^{-1}$ de ácido acético tienen un efecto fungistático; el mismo autor afirma que el ácido acético induce a la muerte apoptótica de las células al afectar la permeabilidad de la membrana cuando se asocia a las histonas (Samaniego *et al.* 2008).

En un estudio realizado evaluando ácido acético como antiesporulante en lesiones de *Micosphaerella fijiensis* en banano (Gómez 2013), publicó resultados que este compuesto inhibió la esporulación en más de 85% incluso hasta nueve días después de la aplicación. Este mismo compuesto logró reducir los peritecios en *Giberella zea* (98% - 100%). Según indica Samaniego *et al.* (2008), se da una disminución en la permeabilidad de la pared celular del hongo, induce la apoptosis (Peñalva y Arst 2002, Ribeiro *et al.* 2006). El ácido acético pertenece a los AGV Ácidos Grasos Volátiles de cadena corta y algunas veces en cantidades pequeñas pueden servir más bien como nutrimento, pero también capaz de penetrar y acidificar el citosol de las células de la membrana (Uhre y Arneborg 1988).

Sánchez (2014), realizó unas pruebas en laboratorio en donde preparó dos suspensiones de conidios de *Colletotrichum proteae*; una con agua desionizada estéril y otra en una solución con ácido acético al 5%. En la Figura 21 se observa el crecimiento de micelio en el tratamiento sin ácido acético, mientras que en el tratamiento con ácido acético al 5% existió baja viabilidad de los conidios. Samandiego *et al.* (2008) y Sousa *et al.* (2012) afirman que el ácido acético induce a la muerte apoptótica de las células, lo que quiere decir que puede conllevar a la muerte celular programada (Gewies 2003) o necrosis programada como se le suele llamar en algunos casos (Kromer *et al.* 2009) y está focalizada en el punto en donde sufre la lesión por parte del patógeno. Según Agrios (2005), la mayoría de plantas poseen estructuras de defensa que son provocadas como respuesta a la infección patogénica, esto lo hacen para contrarrestar la invasión posterior, estas



estructuras pueden ser provocadas por un proceso al que se le denomina reacción necrótica o de hipersensibilidad, en donde el núcleo de las células invadidas recibe una señal de muerte programada y tiene como función aislar el patógeno de sustancias que necesita para el desarrollo.



Fuente: Sánchez 2014

Figura 21. A los dos días de la Siembra de suspensión de conidios de *Colletotrichum proteae* en PDA+AgriMyacin 46 WP, **A.** Suspensión con 50 ml de ácido acético/L de agua estéril, **B.** Con agua estéril.

Fungicidas

La pared celular de los hongos está compuesta por polisacáridos (quitina, glucano y manano) y proteínas (unidas a polisacáridos, formando glicoproteínas); es una capa que protege la integridad de la membrana celular y genera resistencia mecánica, además es la primera estructura que entra en contacto con el hospedero; se considera el talón de Aquiles de los hongos, debido a que un daño causado en la pared celular puede causar la muerte del hongo (Pontón, 2008).

Entre los fungicidas utilizados para el control de chasparria en cicas, se pueden clasificar por su mecanismo de acción, entre ellos los inhibidores de procesos enzimáticos relacionados con la biosíntesis del esterol, el cual brinda



estabilidad y permeabilidad a la pared de la membrana del hongo, entre ellos están los grupos químicos: triazoles e imidazoles, los cuales son inhibidores de la dimethylación DMI's (C14- demethylasa) (Orozco 2008).

Los dithiocarbamatos y triazoles son organosintéticos si son clasificados por su naturaleza química. Los triazoles son curativos pero no eliminan las lesiones ya visibles. Fungicidas como el Clorotalonil y mancozeb son multisitio, es más difícil crear una resistencia ante este tipo de moléculas (FRAC 2014). Los fungicidas cúpricos, contienen iones Cu^{2+} que son fijados por grupos químicos como imidazoles, carboxilos, fosfatos, sulfhidrilos, aminas o hidroxilos; la acción del cobre provoca una acumulación letal para las células presentes en bacterias y hongos, entre los principales procesos que afecta se identifican: el bloqueo del proceso respiratorio, inhibición de síntesis de proteínas, disminución en actividades de transporte de membrana (IQV AGRO 2011).

Cada clase química se caracteriza por tener un patrón de comportamiento de la resistencia. Clases de fungicidas como cobres, ftalamidas y ditiocarbamatos nunca se ha encontrado resistencia práctica. En cambio clases como benzimidazoles, fenilamidas y dicarboxiamidas, han mostrado problemas de resistencia 2-10 años después de su introducción; en caso de fungicida de nuevo grupos que no han sido investigados se puede basar en la especificidad de su acción (Orozco 2008).



Protectantes

Forman una capa protectora en la cutícula de la planta para impedir que el hongo germine sobre el tejido vegetal, de esta manera se requieren aplicaciones preventivas por medio de fungicidas de contacto para evitar infecciones futuras debido a la colonización del hongo en tejido que no se encuentre protegido (Orozco 2008). Es importante mencionar que con la rápida diseminación de las enfermedades resulta difícil aplicar fungicidas protectantes que ejerzan un control anticipadamente, debido a que la enfermedad por lo general se encuentra afectando la planta y necesita más bien algún producto curativo o sistémico que controle el inóculo.

Sistémicos

Actúan sobre las enfermedades ya establecidas, eliminan o controlan la diseminación del hongo por otras plantas, además ejercen efecto sobre la germinación, penetración, crecimiento y reproducción del patógeno como por ejemplo los fungicidas del tipo antiesporulantes (Orozco 2008).

Se han realizado estudios en los que se ha determinado la sensibilidad de especies de *Colletotrichum* ante compuestos cupricos como dithiocarbamatos, benzimidazoles y traizoles; así como a fungicidas entre los cuales están clortalonil, imidazoles y prochloraz (Waller *et al.* 1993, Citado por Phoulivong 2011).

Por otro lado, también se ha encontrado en especies de *Colletotrichum* que afectan frutos, alta efectividad ante fungicidas como estrobilurinas, sin embargo rápidamente pueden ejercer resistencia ante ciertos compuestos (Wharton & Deiguez-Uribeondo 2004). Citado por Phoulivong 2011. Sin embargo, son frecuentes las aplicaciones con fungicidas como mancozeb, carbendazina, difenoconazole, dicolad y benomil (Phoulivong 2011).

En una investigación (Haddad *et al.* 2003; citado por Batisrta *et al.* 2009) en la que se realizaron análisis de sensibilidad a fungicidas en la germinación



de conidios del hongo *C. gloesporioides*, se determinó que el clorotalonil fue el que obtuvo el mejor desempeño en todas las concentraciones testadas, esto demuestra una alta eficiencia ante la germinación de esporas y fue categorizado como fungicida de Alta sensibilidad. Kososki *et al.* (2001), obtuvo resultados semejantes para la especie *C. acutatum*, pero diferentes de los obtenidos por Tavares & Souza (2005), quienes lograron una germinación de 70,4% en conidios de *C. gloesporioides* a una concentración de 1 mg/L, sin embargo en las concentraciones de 50-100 mg/L la inhibición fue del 100%. De igual manera el mancozeb fue el ingrediente activo que presentó la menor eficacia en la germinación de esporas y coinciden con los que obtuvo Ferreira *et al.* (2005).

En un estudio realizado por Sánchez (2015), al evaluar diez ingredientes activos de fungicidas sistémicos y protectantes fueron categorizados según la concentración efectiva para inhibir el 50% de crecimiento micelial (CE50) propuesta por Edington (1971) en alta sensibilidad (AS) $<1 \text{ mgL}^{-1}$ (prochloraz, difenoconazole y propineb), Media Sensibilidad $1 - 10 \text{ mgL}^{-1}$ (pyrimethanil), Baja Sensibilidad $10 - 50 \text{ mgL}^{-1}$ (metiram) e Insensibilidad $>50 \text{ mgL}^{-1}$ (clorotalonil, azoxistrobin, boscalid, mancozeb y mancozeb + oxiclورو de Cobre); entre los protectantes que ejercieron un mayor porcentaje de inhibición mayor al 50% de la colonia fueron: propineb, metiram y clorotalonil; mientras que los sistémicos fueron prochloraz, difenoconazole y pyrimethanil.



5. Galería



Plantación adulta de *C. revoluta*.



Planta de *C. revoluta* recién trasplantada.



Preparación de terreno para la siembra de *C. revoluta*.



Camas de germinación de *C. revoluta*.



Diagnóstico de estado fitosanitario de plantación de *C. revoluta*.



Distribución de semillas de *C. revoluta* en camas de germinación.



Recorrido por la plantación de *C. revoluta*.



Preparación de camas de germinación para la semilla de *C. revoluta*.



Tratamiento previo con Vitavax® a la semilla de *C. revoluta*



6. Las cicas en el mundo

Montgomery Botanical Center (MBC)



Montgomery Botanical Center, conocido como MBC por sus siglas, ubicado en Miami, Florida; nació gracias a una pareja americana amante de las plantas, antiguamente era la casa de campo durante el invierno de Eleanor y Robert Montgomery llamada “*Coconut Grove Palmetum*”, actualmente mantiene la más grande y fina colección del mundo de palmas (365 especies) y cicas (234 especies distintas hasta el 2012), cultivadas en casi 50 hectáreas; el centro botánico se dedica a la educación, investigación, conservación y manejo hortícola de estas plantas; por otro lado se realizan colectas de semillas por todo el mundo para germinarlas en los viveros y luego incorporarlas al jardín, después de tres o cuatro años según el tipo de planta. Es posible obtener acceso a documentación científica sobre las especies que se encuentran en el jardín botánico por medio de una base de datos, la cual está disponible para científicos, educadores y estudiantes que se encuentren interesados (MBC 2013).

The Cycad Society (TCS)



Fue fundada por el Dr. Walter Hartman de Louisiana State University, LSU en 1977; es un grupo de personas dedicadas a la conservación de cicas para la educación e investigación; para los miembros cuentan con un banco de semillas y además fascículos informativos periódicos sobre las cicas y practicas hortícolas utilizadas. En la página web de TCS están disponibles una serie vínculos para acceder a información acerca de investigaciones que se han realizado sobre cicas en el mundo, desde libros hasta artículos científicos (TCS 2012).

Cycad Specialist Group (UICN)



Forma parte de los grupos especializados de la UICN para la conservación de especies de cicas del mundo en peligro de extinción. Realizan expediciones



y patrocinan investigaciones en conjunto con MBC y TCS. Cuentan con una base de datos de las especies alrededor del mundo, estudian aspectos como combate de plagas, conservación *ex situ*, polinización de cicas por medio de insectos, explotación sostenible y taxonomía ente otros temas (UICN/CSG 2013).

La comunidad científica dedicada al estudio de las cicas organiza la llamada “International Conference on Cycad Biology”, es realizada cada 3 años desde 1987, cada una se lleva a cabo en un lugar distinto en el mundo, organizado por Montgomery Botanical Center (USA), New York Botanical Garden (USA), IUCN Cycad Specialist Group; la próxima será la décima conferencia llamada CYCAD 2015 en Medellín, Colombia (UICN/CSG 2013).

Convención CITES

Es la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres, se encarga de regular el comercio de este tipo de especies que generalmente tiene un precio elevado; también se otorgan los permisos de explotación y exportación a productores de las distintas regiones del mundo. La especie CITES de exportación de mayor peso en Costa Rica es *Cycas revoluta* (CCAD 2010).



7. Bibliografía

- Agrios, G. 2005. Fitopatología. 838 p.
- Aguirre, C; Chávez, T; García, P y Raya, J. 2007. El Silicio en los organismos vivos. INTERCIENCIA. 32(8): 504-509.
- Banerjee, M; Shanoo, B y Jhuma, J. 2005. Regulatory effect of light and oxygen on nitrogen fixation by *Anabaena cycadae* in *Cycas*. Physiology and Molecular Biology of Plants 11(1):93-97.
- Broome, T. 1997. What fertilizer should I use on my cycads?. (en línea). Consultado 15 septiembre de 2013. Disponible en <http://www.plantapalm.com/vce/horticulture/fertilizer.htm>
- Burch, D. 1981. The propagation of Cycads. Proc. Fla. State Hort. Soc. 94:216-218.
- CCAD (Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo). 2010. Informe de Valoración Económica del Proceso de Implementación de la Convención CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres). 34p.
- Deghan, B. 1983. Propagation and Growth of Cycads – a conservation strategy. Proc. Fla. State Hort. Soc. 96:137-139.
- _____; Durando, J y Yeager, T. 1994. Symptoms And Treatments of Manganese Deficiency in *Cycas revolute* Thunb. Hortscience 29(6):645-648.
- Delgado, I; Sandoval, M; Rodríguez, C y Cárdenas, E. 2006. Aplicaciones foliares de calcio y silicio en la incidencia de mildiú en lechuga. TERRA Latinoamericana. 24(1):91-98.
- Donaldson, J. 2003. Cycads: Status Survey and Conservation Action Plan. IUCN/SSC Cycad Specialist Group. Cambridge. 97p.
- Dong, J; Chi, Q.; Wang, L y Chen D. 1999. Rhythm of leaf expansion and control technique of leaf shape for potted *Cycas revoluta*. Journal of Fujian College of Forestry 19(2):157-159.
- Epstein, E. 1999. Silicon. Annual Review Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 50: 641-664.
- Fauteux, F; Rémus, W; Menzies, J y Bélanger, R. 2005. Silicon and plant disease resistance against pathogenic fungi. FEMS Microbiology Letters, 249:1-6.
- Fernández, O; Quesada, A. 2009. Nematodos Asociados a los Cultivos de Costa Rica. MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). (en línea). Consultado 16 de septiembre de 2013. Disponible en [http://www.sfe.go.cr/documentos/Nematodos asociados a los%20Cultivos de Costa Rica.pdf](http://www.sfe.go.cr/documentos/Nematodos%20asociados%20a%20Cultivos%20de%20Costa%20Rica.pdf)



- Filho, B., M.P; Zinder, G.H; Prabhu, A.S; Datnoff, L.E; Kornörfer, G.H. 2000. Importancia do silicio para a cultura do arroz. Potafos. Encarte Técnico. Informaciones Agronómicas (89) Marzo/2000.
- Finch, H. 1990. Los hongos comunes que atacan cultivos en América Latina. 2da Edición reimpresión 2004, Editorial Trillas. México.
- Flores, E. 1999. La Planta. II Volumen. Editorial LUR. Cartago, Costa Rica. 884p.
- Fungicide Resistance Action Committee, FRAC. 2014. FRAC Code List: Fungicides sorted by mode of action. 10p.
- Gilman, E. 1999. *Cycas revoluta*. University of Florida, Cooperative Extension Service. 3 p.
- Godoy, C; Koga, L y Canteri, M. 2006. Diagrammatic Scale for Assessment of Soybean Rust Severity. Fitopatol. Bras. 31(1): 63-68.
- Gómez, R; Rodríguez, M; Cárdenas, E y Sandoval, N. 2006. Fertilización foliar con silicio como alternativa contra la marchitez causada por *Fusarium oxysporum* (Sheld) en tomate de cáscara . Revista Chapingo. Serie Horticultura, 12(1): 69-75.
- Guzmán, M. 2012. Diagnóstico de patógenos en muestras foliares de *Cycas*. Correo electrónico impreso. Área de Fitopatología CORBANA.
- Han, s; Karasev, A; Ieki, H y Iwanami, T. 2002. Nucleotide sequence and taxonomy of *Cycas* necrotic stunt virus. Archives of virology.
- Harris, A. 2002. Nepoviruses and their Diagnosis in Plants. Agriculture, Fisheries and Forestry – Australia. Consultado el 30 octubre 2013. Disponible en http://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0CDQQFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.daff.gov.au%2F_data%2Fassets%2Fpdf_file%2F0017%2F27161%2Fnepovirus.pdf&ei=n_abUurlHoSUKQflyYG4CQ&usq=AFQjCNEI90tTefXK1pNcGq2c86sefHcDnA&sig2=8E_bvA08Qv2j8Ovwc6UjkQ
- IUCN (International Union for Conservation of Nature). 2013. The IUCN Red List of Threatened Species. Consultado el 30 agosto 2013. Disponible en <http://www.iucnredlist.org/details/42080/0>
- IUCN /CSG (IUCN Cycad Specialist Group). 2013. CSG Meetings & International Cycad Conferences. Consultado el 25 Diciembre. Disponible en: <http://www.cycadsg.org/pages/meetings.htm>
- Janick, J y Paull, R. 2008. The Encyclopedia of Fruits and Nuts. CABI Publishing. USA. 954p.
- Joiner, J. 1981. Foliage Plant Production. Ed. Prentice Hall. 614p.
- Kreih S, Strunk G, Cooper JI (1994) Sequence analysis and location of capsid proteins within RNA2 of strawberry latent ringspot virus. J Gen Virol 75: 2527–2532



- Kordorferr, G y Datnoff, L. 1996. Fertilización con silicio: una alternativa para el control de enfermedades en caña de azúcar y arroz. *Informaciones Agronómicas* (22): 6-8.
- Kosowski, R; Furlanetto, C y Tomita, C. 2001. Efeito de Fungicidas em *Colletotrichum acutatum* e Controle da Antracnose do Morangueiro. *Fitopatologia Brasileira*. 26(3): 662-666. Consultado en línea en febrero 2015. Disponible en: <http://www.scielo.br/pdf/fb/v26n3/a16v26n3.pdf>
- Kyoda, S y Setoguchi, H. 2010. Phylogeography of *Cycas revoluta* Thunb. (Cycadaceae) on the Ryukyu Islands: very low genetic diversity and geographical structure. *Plant Syst Evol*. 288:177-189.
- Laqueur, G y Spatz, L. 1968. Toxicology of Cycasin. *CANCER RESEARCH* 28: 2262-2267.
- Luo, H. 2012. Using new tools to detect and characterise plant viruses. Tesis Ph.D. Murdoch University, Australia. 244h.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). 2007. Caracterización Cadena Local Plantas Ornamentales. Dirección Regional Huetar Norte Agencia de Servicios Agropecuarios La Tigra. 86p.
- Marler, T; Lee, V y Shaw, C. 2005. Cycad toxins and neurological disease. *HortScience* 40(6):1598-1606.
- _____ ; Lindstrom, A y Fisher, J. 2010a. Stem Tissue Dimensions Correlate with Vulnerability to Injury for Six *Cycas* Species. *HortScience*. 45(8):1293–1296.
- _____ y Moore, A. 2010b. Cryptic Scale Infestations on *Cycas revoluta* Facilitate Scale Invasions. *HortScience*. 45(5):837–839.
- MBC (Montgomery Botanical Center). 2013. Montgomery's History. Consultado el 25 Diciembre 2013. Disponible en: <http://www.montgomerybotanical.org/Pages/history.htm>
- MobileReference. 2009. Encyclopedia of Trees and Shrubs of the World. (en línea). Consultado 2 de octubre de 2013. Disponible en http://books.google.co.cr/books?id=mZEhZMOFLiQC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Molina, E. 1998. Encalado para la corrección de la acidez del suelo. Asociación Costarricense del Suelo (ACCS). 1era Edición. San José Costa Rica. 45p.
- Nishida, K; Kobayashi, A y Nagahama, T. 1956. Studies of Cycasin, a New Toxic Glycoside, of *Cycas revoluta* Thunb. *Bulletin of the Chemical Society of Japan*. 20(3):122-126.
- Orozco, M. 2008. Nuevos Mecanismos de acción de Fungicidas en la Agricultura. Reunión de Agricultura Protegida 10 y 11 de Abril del 2008 Mazatlán, Sinaloa, México. Consultado el 14 septiembre 2013. Disponible en <http://es.scribd.com/doc/130258776/Modos-de-Accion-de-Fungicidas>.



- Osborne, R; Calonge, M; Hill, K; Stanberg, L y Stevenson, D. 2012. World List of Cycads. 8th International Conference of Cycad Biology. 30p.
- Pérez, M y Vovides, A. 1997. Manual para el cultivo y propagación de cicadas. México. 36 p.
- Pontón, J. 2008. La pared celular de los hongos y el mecanismo de acción de la anidulafungina. Revista Iberoamericana de Microbiología. (25): 78-82.
- Popenoe, J. 2005. Sago *Cycas revoluta*. IFAS Extension. University of Florida. (en línea). Consultado 15 de septiembre de 2013. Disponible en <http://cfextension.ifas.ufl.edu/documents/Sago.pdf>
- PROCOMER (Promotora de Comercio Exterior). 2012. Sector plantas, flores y follajes. Consultado en línea 29 agosto 2013. Disponible en <http://www.procomer.com/contenido/sector-plantas-flores-y-follajes.html>
- Rao, R. Baheker, V. 1964. Fungi on *Cycas revolute* Thunb. Mycopathologia 23(4):266-268.
- Rinaldi, L; Margheri, M y Ena, A. 2005. Fertilizer-N Effects on Cycas-Nostoc Symbiosis. Poster session abstracts. 102nd Annual International Conference of the American Society for Horticultural Science. HortScience 40(4):1061
- Seckbach, J. 2012. Symbiosis: Mechanisms and model Systems. Kluwer Academic Publishers. 796p.
- Stevenson, D. 2001. Orden Cicadales. Trad. Favio González. Instituto de Ciencias Naturales. Bogotá, Colombia. 91p.
- Sánchez, M. 2014. Fotografías tomadas durante la investigación titulada: Estudio de la etiología de la Chasparria en *Cycas revoluta* y evaluación de estrategias para el manejo de la enfermedad. Tesis Lic. Ing. Agr. Tecnológico de Costa Rica.
- _____. 2015. Estudio de la etiología de la necrosis foliar (chasparria) en *Cycas revoluta* y evaluación de estrategias para el manejo de la enfermedad. Tesis Lic. Ing. Agrónomo, ITCR.
- Tavares, G y Souza, P. 2005. Efeito de fungicidas no controle in vitro de *Colletotrichum gloeosporioides*, agente etiológico da Antracnose do Mamoeiro (*Carica papaya* L.). Ciência e Agrotecnologia, Lavras 29(1):52-59.
- Taylor, A; Haynes, J; Stevenson, D; Holzman, G y Mendieta, J. 2012. Biogeographic Insights in Central American Cycad Biology. Edited by Lawrence Stevens. 98p.
- Thieret, J. 1958. Economic Botany of the Cycads, Chicago Natural History Museum. 12(1): 3-41.
- TCS (The Cycad Society). 2012. The Cycad Society: General Information. Contado el 25 Diciembre 2013. Disponible en: <http://www.cycad.org/TCS-info.htm>



- University of Florida. 1999. *Cycas revoluta*. Cooperative Extension Service. Institute of Food and Agricultural Sciences. Consultado el 29 agosto 2013. Disponible en http://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CC0QFjAA&url=http%3A%2F%2Fhort.ifas.ufl.edu%2Fdatabase%2Fdocuments%2Fpdf%2Fshrub_fact_sheets%2Fcycrev.pdf&ei=a--bUpKSHYS7kQfmmICwAw&usg=AFQjCNF1P_a66CU2rq6cx1Gnfdlv-GfbMA&sig2=nz7mt0Qd8GKepTsJ8LjNWg&bvm=bv.57155469,d.eW0
- Vessey, J; Pawlowsky, K y Bergman, B. 2004. Root-based N₂-fixing symbioses Legumes, actinorhizal plants, *Parasponia* sp. and cycads. Plant and Soil 266: 205–230.
- Wild, A 1992. Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russell. Mundi-Prensa. Madrid. 1045p.
- Yamada, S; Ohkubo, S.; Miyashita, H. y Setoguchi, H. 2012. Genetic diversity of symbiotic cyanobacteria in *Cycas revoluta* (Cycadaceae). FEMS Microbiology Ecology 81(3):696-706.

