



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

EFFECTO DE *Beauveria bassiana* Y *Metarhizium anisopliae* COMO ENDÓFITOS SOBRE LARVAS Y ADULTOS DE *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Dryophthoridae) EN PLANTAS DE COCO

Jackeline Gaviria Vega

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias Agrarias, Departamento de Biología
Palmira, Colombia

2015

EFFECTO DE *Beauveria bassiana* Y *Metarhizium anisopliae* COMO ENDÓFITOS SOBRE LARVAS Y ADULTOS DE *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Dryophthoridae) EN PLANTAS DE COCO.

Jackeline Gaviria Vega

Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al título de:

Magister en ciencias agrarias, profundización en protección de cultivos

Director (a):

Ph.D., María del Rosario Manzano Martínez

Codirector (a):

Ph.D., Bernhard Leo Löhr

Línea de Investigación:

Protección de Cultivos

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias Agrarias, Departamento de Biología

Palmira, Colombia

2015

*A mis padres Blanca Nelia Vega y Fabio Gaviria
Palacios, por su apoyo incondicional.*

*A mis hermanos Shirley y Jaiduber, por siempre
desearme lo mejor y apoyarme en lo académico.*

A mis sobrinos, por regalarme infinitas alegrías.

Agradecimientos

Al Dr. Berhard Leo Löhr, por sus enseñanzas y por todas las oportunidades que me ha brindado a lo largo de mi carrera profesional, sin su apoyo esta tesis no sería posible.

A mi directora de tesis la Dra. María del Rosario Manzano, por las revisiones del documento y su orientación a lo largo del proyecto.

A Juan Sebastián Ayala, por su constante motivación, su compañía y paciencia.

A Pedro Pablo Parra y Alexander Medina, por su ayuda inigualable durante el desarrollo de los experimentos. A Armando Muñoz y Ana Cecilia Romero por su compañía durante mi estadía en CIAT.

Al Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT y al Departamento de Ciencia y Tecnología Colciencias por la financiación del proyecto.

A la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira, y a todos los docentes que me aportaron conocimiento práctico y teórico durante los dos años de maestría.

Por último a mi familia, por su ayuda y apoyo incondicional, gracias infinitas.

Resumen

Los hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* infectan al picudo Americano de las Palmas *Rhynchophorus palmarum*, y además presentan la capacidad de colonizar endófitamente un amplio rango de plantas, ofreciendo protección contra plagas y enfermedades. El objetivo principal de este proyecto fue determinar el efecto de *B. bassiana* (cepa Beauveriplant SBb36) y *M. anisopliae* (cepa JGVM1) como endófitos en palmas de coco, sobre larvas y adultos de *R. palmarum*. Así mismo, evaluar la persistencia de estos hongos durante 16 semanas después de su inoculación. Para este propósito, se inocularon palmas de coco de 12 meses, mediante pulverización foliar con una suspensión de 1×10^8 conidias/ml de *B. bassiana* o *M. anisopliae*. La infestación de palmas para evaluar el daño causado por larvas y adultos, se realizó con hembras fértiles de *R. palmarum* a las 3, 6, 10 y 16 semanas después de la inoculación de *B. bassiana* y *M. anisopliae*. Los porcentajes de colonización de los hongos, y evaluaciones de daño a la planta se determinaron en los mismos tiempos antes mencionados. Las cepas Beauveriplant SBb36 y JGVM1, se detectaron colonizando palmas hasta 10 y 16 semanas después de inoculación para Beauveriplant SBb36 y JGVM1, respectivamente. Los resultados obtenidos indican que la colonización por estos hongos, afecta negativamente la oviposición de hembras de *R. palmarum*, así como el daño en los tejidos causados por adultos. En cuanto al daño de larvas, la cepa Beauveriplant SBb36 afectó significativamente el tamaño de larvas, mientras la cepa JGVM1 presentó un efecto intermedio comparado con el control. Este estudio demuestra que los hongos entomopatógenos *B. bassiana* y *M. anisopliae* son capaces de colonizar endófitamente las plantas de coco, afectando negativamente el desarrollo y el daño causado por larvas, así como la oviposición de hembras de *R. palmarum*.

Palabras clave: *Beauveria bassiana*, endófitos, entomopatógenos, *Metarhizium anisopliae*, *Rhynchophorus palmarum*.

Abstract

Beauveria bassiana and *Metarhizium anisopliae* are pathogenic on the coconut weevil *Rhynchophorus palmarum*. Furthermore, they have the ability to colonize a wide range of plants of endophytically, offering protection against pests and diseases. The main objective of this project was to determine the effect of *B. bassiana* (strain Beauveriplant SBb36) and *M. anisopliae* (strain JGVM1) as endophytes in coconut palms, on larvae and adults of *R. palmarum*. Besides, we also evaluated the persistence of these fungi 16 weeks after inoculation. For this purpose, 12-month-old coconut palms were inoculated by foliar spraying with a conidial suspension 1×10^8 conidia/ml of *B. bassiana* or *M. anisopliae*. To evaluate the damage caused by larvae and adults on palms, the infestation was performed with fertile females of *R. palmarum* for 3, 6, 10 and 16 weeks after inoculation of *B. bassiana* and *M. anisopliae*. The fungal colonization, and palms damage by *R. palmarum* was determined at the times mentioned above. Beauveriplant SBb36 and JGVM1 strains were successful in the colonization of palms and were detected 10 and 16 weeks after inoculation, respectively. Our results indicate that colonization of these fungi affect negatively oviposition of females and tissue damage caused by adults of *R. palmarum*. Beauveriplant SBb36 significantly affected larval size, while JGVM1 showed an intermediate effect compared to controls. This study demonstrates that the entomopathogenic fungi *B. bassiana* and *M. anisopliae* can behave as endophytes in coconut plants and affect the development and larval damage, as well *R. palmarum* oviposition.

Keywords: *Beauveria bassiana*, fungal endophytes, entomopathogens, *Metarhizium anisopliae*, *Rhynchophorus palmarum*.

Contenido

	Pág.
Resumen	IX
Lista de figuras	XIII
Lista de tablas	XVI
Lista de Símbolos y abreviaturas	XVII
Introducción	1
Objetivos	4
General	4
Específicos.....	4
1. Marca teórica referencial	5
1.1 Insecto plaga	5
1.2 Control biológico.....	5
1.3 Hongos entomopatógenos como bio-plaguicidas.....	7
1.4 Hongos endófitos.....	9
2. Estado del arte	11
2.1 Cultivo de coco	11
2.1.1 Clasificación	12
2.1.2 Variedades de coco	14
2.1.3 Características del cultivo	15
2.1.4 Producción mundial de coco	16
2.1.5 Principales plagas del cultivo	17
2.2 Picudo Americano de las Palmas <i>Rhynchophorus palmarum</i> L.	18
2.2.1 Características morfológicas	19
2.2.2 Biología	20
2.2.3 Distribución	21
2.2.4 Daño en la planta	22
2.2.5 Impacto económico en Colombia	23
2.2.6 Métodos de control.....	26
2.3 Uso de hongos entomopatógenos como endófitos	27
2.3.1 Hongos endófitos y mecanismos de acción.....	28
2.3.2 <i>Beauveria bassiana</i> (Bals.) Vuill.	31
2.3.3 <i>Metarhizium anisopliae</i> (Metsch) Sorokin	33
3. Diseño metodológico	37

3.1	Parcelas y diseño experimental.....	37
3.2	Hongos entomopatógenos	37
3.3	Preparación de inóculo.....	38
3.3.1	Multiplicación en arroz	38
3.3.2	Pureza	39
3.3.3	Viabilidad	40
3.3.4	Potencial de H (pH)	40
3.3.5	Suspensibilidad.....	40
3.3.6	Ajuste de concentración de inóculo.....	40
3.4	Inoculación de plantas de coco	41
3.5	Persistencia de <i>B. bassiana</i> y <i>M. anisopliae</i> como endófitos.....	42
3.6	Infestación de palmas de coco con adultos de <i>R. palmarum</i>	43
3.7	Evaluación de daño en palmas después de la infestación con adultos de <i>R. Palmarum</i>	44
3.8	Evaluación de daño en palmas ocasionado por larvas de <i>R. palmarum</i>	46
3.9	Análisis estadístico	47
4.	Análisis de resultados	49
4.1	Persistencia de <i>B. bassiana</i> y <i>M. anisopliae</i> después de inoculación.....	49
4.2	Efecto de <i>B. bassiana</i> y <i>M. anisopliae</i> sobre oviposición, eclosión y daño en peciolos causado por hembras de <i>R. palmarum</i>	55
4.2.1	Porcentaje de colonización de <i>B. bassiana</i> y <i>M. anisopliae</i> correlacionado con oviposición, porcentaje de eclosión y porcentaje de daño. ..	58
4.3	Efecto de <i>B. bassiana</i> y <i>M. anisopliae</i> sobre desarrollo de larvas y eclosión de huevos de <i>R. palmarum</i>	61
5.	Discusión de resultados.....	65
5.1	Persistencia de <i>B. bassiana</i> y <i>M. anisopliae</i> después de inoculación.....	65
5.2	Efecto en la colonización de <i>B. bassiana</i> y <i>M. anisopliae</i> sobre oviposición y desarrollo larval de <i>R. palmarum</i>	69
5.3	Efecto en la colonización de <i>B. bassiana</i> y <i>M. anisopliae</i> sobre daño causado por larvas y adultos de <i>R. palmarum</i>	71
6.	Conclusiones y recomendaciones	73
6.1	Conclusiones.....	73
6.2	Recomendaciones.....	74
A.	Anexo: Dieta artificial para cría de <i>Rhynchophorus palmarum</i>.....	75
	Dieta modificada de Martin & Cabello, 2006:	75
	Bibliografía	77

Lista de figuras

	Pág.
Figura 2-1: Rostrum de adultos de <i>Rhynchophorus palmarum</i> A) Macho con pubescencia en la superficie del rostrum; B) Hembra sin pubescencia y con rostrum más largo, delgado y curvo; Línea= 2 mm.	19
Figura 2-2: Último segmento abdominal de <i>Rhynchophorus palmarum</i> , vista ventral A) Macho con adeago expuesto; B) Hembra con ovopositor expuesto; Línea= 2 mm.	20
Figura 2-3: Etapas de crecimiento de <i>Rhynchophorus palmarum</i> A) Huevo de 24 h con masa marrón superficial puesta por la hembra para sellar orificio de oviposición; B) Larva neonata; C) Pupario (capullo) encontrado en palma de coco.	20
Figura 2-4: <i>Rhynchophorus palmarum</i> ; A) Adulto; B) Larva barrenando tejido; C) Síntoma típico de la enfermedad de anillo rojo en palma de coco, corte transversal del espítite. .	23
Figura 2-5: Ingreso neto anual de una hectárea de palma de coco en la costa Pacífica de Colombia en función de la expectativa de vida de una plantación*.....	25
Figura 3-1: Protocolo utilizado para la cosecha de conidias A) adición de 100ml de agua destilada estéril a cada bolsa; B-C) Suspensión conidial filtrada a través de tamiz estéril para evitar paso de arroz; D) Ubicación de suspensión conidial en bandejas plásticas para posterior secado.....	39
Figura 3-2: Infestación de palmas de coco con <i>Rhynchophorus palmarum</i> adulto A) Selección de hembras fértiles; B) Introducción de hembra individual dentro de botella de plástico (400 ml de capacidad) con perforaciones en la superficie; C) Selección de dos peciolo por planta donde se disponen las botellas conteniendo las hembras	43
Figura 3-3: Corte de trozos de peciolo expuesto a hembras de <i>Rhynchophorus palmarum</i> A) Corte de 2 cm donde se evidencia daño causado sobre el tejido; B) vista frontal de corte transversal con perforaciones de alimentación (1), y oviposición con tapón (2). C) Corte de 2 cm donde se evidencia huevos. D) Trozo de peciolo cortado cuidadosamente en tres partes y expuesto a estereoscopio donde se evidencian agrupaciones de huevos de <i>R. palmarum</i>	45

Figura 3-4: Evaluación de palmas después de infestación, A) Vista frontal de túnel en peciolo causado por larva de *Rhynchophorus palmarum*; B) Medición longitudinal de larva encontrada viva en peciolo de palma; C) Capsula cefálica de *Rhynchophorus palmarum* medida a través de microscopio estereoscopio con regla (40X)..... 46

Figura 4-1: Colonización de fragmentos de palmas de coco con hongos entomopatógenos; A) Fragmentos de hoja colonizados por el hongo *Metarhizium anisopliae* (JGVM1); B) Conidias de *M. anisopliae* (100X); C) Conidióforo del hongo *Beauveria bassiana* (40X); D) Segmentos de peciolo colonizados *B. bassiana* (Beauveriplant SBb36)..... 50

Figura 4-2: Porcentaje de colonización para hoja y peciolo de plantas de coco inoculadas con *Metarhizium anisopliae* cepa JGVM1 hasta 16 semanas después de inoculación (SDI) 52

Figura 4-3: Porcentaje de colonización para hoja y peciolo de plantas de coco inoculadas con *Beauveria bassiana* cepa Beauveriplant SBb36 hasta 16 semanas después de inoculación (SDI)..... 52

Figura 4-4: Porcentaje de colonización para hoja (A) y peciolo (B) de plantas de coco inoculadas con *Beauveria bassiana* cepa Beauveriplant SBb36 y *Metarhizium anisopliae* cepa JGVM1. 53

Figura 4-5: Efecto de *Beauveria bassiana* (Beauveriplant SBb36) y *Metarhizium anisopliae* (JGVM1) inoculados como endófitos en palmas de coco sobre número promedios de huevos puesto por hembras de *Rhynchophorus palmarum*. 56

Figura 4-6: Efecto de *Beauveria bassiana* (Beauveriplant SBb36) y *Metarhizium anisopliae* (JGVM1) como endofitos en palmas de coco sobre porcentaje de eclosión de huevos 56

Figura 4-7: Porcentaje de daño causado por hembras de *Rhynchophorus palmarum* entre 3 y 16 semanas después de la inoculación de *Beauveria bassiana* (Beauveriplant SBb36) y *Metarhizium anisopliae* (JGVM1). 58

Figura 4-8: Relación entre número de huevos ovipositados (columnas) por hembras de *Rhynchophorus palmarum* y porcentaje de colonización (líneas) por *Metarhizium anisopliae* (JGVM1) y *Beauveria bassiana* (Beauveriplant SBb36) en peciolo de palmas de coco. 59

Figura 4-9: Relación entre porcentaje de huevos eclosionados (columnas) y porcentaje de colonización (líneas) por *Metarhizium anisopliae* (JGVM1) y *Beauveria bassiana* (Beauveriplant SBb36) en peciolo de palma de coco. 60

Figura 4-10: Relación entre porcentaje de daño (columnas) y porcentaje de colonización (líneas) por <i>Metarhizium anisopliae</i> (JGVM1) y <i>Beauveria bassiana</i> (Beauveriplant SBb36) en peciolos de palma de coco.	60
Figura 4-11: Total de huevos no eclosionados, larvas vivas y larvas muertas de <i>Rhynchophorus palmarum</i> encontradas en plantas inoculadas con <i>Beauveria bassiana</i> (Beauveriplant SBb36), <i>Metarhizium anisopliae</i> (JGVM1) y plantas control para cada periodo de evaluación (3, 6, 10 y 16 semanas después de inoculación SDI).....	62
Figura 4-12: Análisis de componentes principales; A) Gráfico donde se evidencian los dos factores o componentes (Dim 1 explica el 75.24% de la variabilidad total y el Dm2 explica el 12.80% restante); B) Distribución de las medidas tomadas a partir de cada tratamiento (<i>Beauveria bassiana</i> : Beauveriplant SBb36, <i>Metarhizium anisopliae</i> : JGVM1 y control) dentro de los componentes.....	63

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 2-1: Clasificación botánica de la palma de coco <i>Cocos nucifera</i>	12
Tabla 2-2: Impacto económico de <i>Rhynchophorus palmarum</i> en la costa Pacífica Colombiana*	23
Tabla 4-1: Resultados sobre pruebas de calidad de inóculos	49
Tabla 4-2: Recuento de fragmentos sembrados en medio YMA colonizados por <i>Beauveria bassiana</i> (Beauveriplant SBb36), <i>Metarhizium anisopliae</i> (JGVM1) o por otros hongos o bacterias endófitas	51
Tabla 4-3: Fecundidad promedio y porcentaje de eclosión de huevos encontrado en peciolos de palmas de coco inoculadas con <i>Beauveria bassiana</i> (Beauveriplant SBb36) y <i>Metarhizium anisopliae</i> (JGVM1) hasta 16 semanas después de inoculación.....	57

Lista de Símbolos y abreviaturas

Símbolos

Símbolo	Término
°C	Grados centígrados
ha	Hectárea
kg	Kilogramo
L	Litro
m	Metros
ml	Mililitro
mm	Milímetro
t	tonelada

Abreviaturas

Abreviatura	Término
AL	Amarillamiento letal
AR	Anillo rojo
CB	Control biológico
CC	Capsula cefálica
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (Food and Agriculture Organization of the United Nations)
HEP	Hongos entomopatógenos
hr	Horas
PC	Pudrición del cogollo
PAP	Picudo Americano de las palmas
PCA	Análisis de componentes principales (principal components analysis)
PCR	Reacción en cadena de la polimeras (Polymerase chain reaction)
RSI	Resistencia sistémica inducida
SDI	Semanas después de inoculación
VOCs	Compuestos orgánicos volátiles (Volatile Organic Compounds)
YMA	Agar Malta levadura (del inglés Yeast Malt Agar)

Introducción

La palma de coco *Cocos nucifera* L. (Arecaceae) es un componente común de los ecosistemas en muchas zonas costeras tropicales y subtropicales, se cultiva en más de 86 países (Harries et al., 2004) con una producción mundial estimada en 60 millones de toneladas anuales (FAO, 2015). La importancia económica actual de la palma de coco radica en la gran cantidad de productos comestibles e industriales que se obtienen a partir de ella (40 productos diferentes entre los que se destacan aceites, fibras y madera). El coco es la base alimentaria de muchas comunidades en América Tropical, convirtiéndose en un cultivo de gran importancia social.

En Colombia, el cultivo de coco es una actividad lucrativa que genera ingresos importantes para la economía familiar de las comunidades afroamericanas de la Costa del Pacífico. En la región del Pacífico colombiano, el Departamento de Nariño ocupa el primer puesto con un promedio del 50% de la producción nacional (AGRONET, 2014) y más de 5000 familias principalmente de escasos recursos que obtienen su sustento con este cultivo. Se estima que cada hectárea de cultivo puede aportar a la familia entre 0.75 y 1 salario mínimo mensual (Orozco, 2013). Desafortunadamente, la constante amenaza de plagas y enfermedades en la zona han disminuido drásticamente la producción de coco, lo que ha generado pérdidas de generaciones completas de palmas y por tanto afectado la economía de cientos de familias.

El Picudo Americano de las Palmas (PAP), *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Dryophthoridae) es la principal plaga de la palma de coco en muchas partes de América Latina y del Caribe (Posada, 1988). Además de la palma de coco ataca un gran número de Palmáceas cultivadas y silvestres. En Colombia, este insecto está ampliamente distribuido y constituye un problema fitosanitario de gran importancia tanto para la palma de coco como para la de aceite, ocasionando pérdidas en más del 35% de las palmas atacadas (Aldana et al., 2011), con una incidencia que sobrepasa el 80% en algunas localidades.

El daño producido por *R. palmarum* puede ser directo o indirecto y en ambos casos ocasiona la muerte de la palma (Aldana et al., 2011). El daño directo lo causan las larvas que se alimentan en las bases de peciolos, inflorescencias y restos del tallo (estípite), causando el debilitamiento de la planta e incluso la muerte por ataques de las larvas que afectan al tejido meristemático (Griffith, 1987). El daño indirecto se debe al ser el principal vector del nematodo fitopatógeno *Bursaphelenchus cocophilus* Cobb (Tylenchida: Aphelenchoididae), agente causal de la enfermedad conocida como anillo rojo (AR). El anillo rojo, se registró en Colombia desde 1986, y supone la principal enfermedad del cocotero (Fedepalma, 1988). La enfermedad es de baja incidencia en plantaciones jóvenes (menores de 6 años), pero tiene el potencial de llegar al 20% de las palmas en plantaciones de mediana edad (13 años) y hasta el 40% o más en palmas de aproximadamente 20 años (Chinchilla, 1996).

En la Costa del Pacífico colombiano, el principal problema fitosanitario de la producción de coco es el complejo picudo-anillo rojo. Sin embargo, el problema fue inicialmente detectado en la Costa Atlántica en Tolú (Sucre) en 1962. En 1967, se registró un ataque severo por *R. palmarum* en los Departamentos de Nariño y Cauca que arrasó el 50% de las plantaciones. Nuevamente en 1988, se estimó un daño del 90% de los cultivos en Tumaco, que afectó cerca de 2000 familias, en lugares similares a los afectados actualmente (Grueso & Betancourth, 2009). Para el 2013 el impacto económico ocasionado por la plaga en la zona de Tumaco fue incalculable, debido a que las poblaciones del insecto y la incidencia de anillo rojo alcanzaron valores alarmantes. Sólo en el Departamento de Nariño según los datos de la cooperativa de agricultores CoAgroPacífico, de las 8000 ha aptas para el cultivo de coco solamente 1600 ha se encuentran en producción y 800 ha se han replantado (Oscar Taylor, información personal).

Entre las estrategias actuales de manejo contra el picudo, se incluyen prácticas culturales como trampeo masivo de adultos utilizando feromonas de agregación (Oehlschlager et al., 2002) y erradicación de palmas afectadas (Aldana et al., 2011), lo que origina altos costos de producción y elevada mano de obra. Otra de las estrategias es el uso de plaguicidas químicos (Aldana et al., 2011). Sin embargo, la dificultad en su aplicación debido a la altura que pueden alcanzar las palmas, la contaminación ambiental y los altos costos limitan su uso. Una alternativa potencial es el control biológico de *Rhynchophorus*

palmarum mediante el uso de los hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. y *Metarhizium anisopliae* (Metsch) Sorokin (Ascomycota: Hypocreales) como endófitos.

La inoculación de los hongos *B. bassiana* y *M. anisopliae* se ha investigado ampliamente en los últimos años como estrategia de manejo contra diferentes plagas (Azevedo et al., 2000). El hongo *B. bassiana* se ha inoculado en palmera datilera para el control de la cochinilla roja *Phoenicococcus marlatti* Cockerell (Hemiptera: Pseudococcidae) (Gómez-Vidal et al., 2006), en maíz para el control de *Ostrinia nubilalis* (Wagner & Lewis, 2000), en café para el control de la broca del café *Hypothenemus hampei* Ferrari (Coleoptera: Curculionidae) (Posada et al., 2007), en cacao para el control del barrenador del cacao *Conopomorpha cramerella* Snellen (Lepidoptera: Gracillariidae) (Posada & Vega, 2005) y banano para el control del picudo negro *Cosmopolites sordidus* Germar (Coleoptera: Dryophthoridae); *B. bassiana* redujo el 50% de los daños causados por larvas en plantas de banano (*Musa* spp.; Akello, 2008). Por otra parte, el hongo *Metarhizium anisopliae* tiene la capacidad de colonizar principalmente rizomas y raíces de plantas como col, abeto, tomate y maíz (Hu & Leger, 2002; Bruck, 2005). Cuando se encuentra como endófito este hongo puede además promover el desarrollo de plántulas, incrementar la tasa de germinación de semillas y brindar protección contra herbivoría por coleópteros en plantas de maíz (Kabaluk & Ericsson, 2007; García et al., 2011).

El uso de *B. bassiana* y *M. anisopliae* como endófitos no se ha reportado en plantas de coco para el control de *R. palmarum*. Investigaciones previas en el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), evaluaron el establecimiento de cepas comerciales de *B. bassiana* y cepas nativas de *M. anisopliae* en plántulas de coco obtenidas a partir de cultivo de tejidos y de semilla (Gaviria et al., 2013; datos no publicados). A pesar de los avances realizados por el CIAT, aún se desconoce el tiempo que perduran dichos hongos entomopatógenos dentro de la planta y el efecto sobre los estados larvales y adultos de *R. palmarum*.

Objetivos

General

Evaluar el efecto de los hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* (Ascomycota: Hypocreales) inoculados como endófitos en plantas de coco sobre larvas y adultos de *Rhynchophorus palmarum* (Coleoptera: Dryophthoridae).

Específicos

Determinar la persistencia de *B. bassiana* y *M. anisopliae* después de su inoculación en hojas y peciolas de palmas de coco.

Determinar el efecto de *B. bassiana* y *M. anisopliae* en la oviposición y alimentación de adultos de *R. palmarum*.

Evaluar la efectividad de *B. bassiana* y *M. anisopliae* contra el daño causado por larvas de *R. palmarum* en palmas de coco.

Determinar el efecto de *B. bassiana* y *M. anisopliae* en el desarrollo y mortalidad de larvas de *R. palmarum*

1.Marco teórica referencial

1.1 Insecto plaga

6 Efecto de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* como endófitos sobre larvas y adultos de *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Dryophthoridae) en palmas de coco

8 Efecto de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* como endófitos sobre larvas y adultos de *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Dryophthoridae) en palmas de coco

10 Efecto de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* como endófitos sobre larvas y adultos de *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Dryophthoridae) en palmas de coco

- 14 Efecto de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* como endófitos sobre larvas y adultos de *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Dryophthoridae) en palmas de coco
-

16 Efecto de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* como endófitos sobre larvas y adultos de *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Dryophthoridae) en palmas de coco

- 18 Efecto de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* como endófitos sobre larvas y adultos de *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Dryophthoridae) en palmas de coco
-

20 Efecto de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* como endófitos sobre larvas y adultos de *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Dryophthoridae) en palmas de coco

22 Efecto de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* como endófitos sobre larvas y adultos de *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Dryophthoridae) en palmas de coco

--	--

24 Efecto de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* como endófitos sobre larvas y adultos de *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Dryophthoridae) en palmas de coco

26 Efecto de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* como endófitos sobre larvas y adultos de *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Dryophthoridae) en palmas de coco

28 Efecto de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* como endófitos sobre larvas y adultos de *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Dryophthoridae) en palmas de coco

30 Efecto de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* como endófitos sobre larvas y adultos de *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Dryophthoridae) en palmas de coco

32 Efecto de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* como endófitos sobre larvas y adultos de *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Dryophthoridae) en palmas de coco

34 Efecto de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* como endófitos sobre larvas y adultos de *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Dryophthoridae) en palmas de coco

38 Efecto de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* como endófitos sobre larvas y adultos de *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Dryophthoridae) en palmas de coco

40 Efecto de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* como endófitos sobre larvas y adultos de *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Dryophthoridae) en palmas de coco

42 Efecto de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* como endófitos sobre larvas y adultos de *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Dryophthoridae) en palmas de coco

44 Efecto de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* como endófitos sobre larvas y adultos de *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Dryophthoridae) en palmas de coco

46 Efecto de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* como endófitos sobre larvas y adultos de *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Dryophthoridae) en palmas de coco

48 Efecto de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* como endófitos sobre larvas y adultos de *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Dryophthoridae) en palmas de coco

50 Efecto de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* como endófitos sobre larvas y adultos de *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Dryophthoridae) en palmas de coco

52 Efecto de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* como endófitos sobre larvas y adultos de *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Dryophthoridae) en palmas de coco

54 Efecto de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* como endófitos sobre larvas y adultos de *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Dryophthoridae) en palmas de coco

56 Efecto de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* como endófitos sobre larvas y adultos de *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Dryophthoridae) en palmas de coco

58 Efecto de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* como endófitos sobre larvas y adultos de *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Dryophthoridae) en palmas de coco

60 Efecto de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* como endófitos sobre larvas y adultos de *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Dryophthoridae) en palmas de coco

62 Efecto de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* como endófitos sobre larvas y adultos de *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Dryophthoridae) en palmas de coco

66 Efecto de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* como endófitos sobre larvas y adultos de *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Dryophthoridae) en palmas de coco

68 Efecto de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* como endófitos sobre larvas y adultos de *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Dryophthoridae) en palmas de coco

70 Efecto de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* como endófitos sobre larvas y adultos de *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Dryophthoridae) en palmas de coco

72 Efecto de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* como endófitos sobre larvas y adultos de *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Dryophthoridae) en palmas de coco

74 Efecto de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* como endófitos sobre larvas y adultos de *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Dryophthoridae) en palmas de coco

Bibliografía

Abraham, V. A., Mahmood, A. S., Faleiro, J. R., Abozuhairah, R. A., & Vidyasagar, P. S. (1998). An integrated approach for the management of the red palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* Oliv. a key pest of date palm in the Middle East. Sultan Qaboos University. Journal for Scientific Research, Agricultural Science, 3, 77-83.

Acosta, J. A. (2006). Evaluación de hongos entomopatógenos como controladores biológicos de *Scutigerella inmaculata*. [Tesis Maestría]. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá-Colombia, 79p.

AGRONET (2014). Sistema de Estadísticas Agropecuarias. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Colombia.

Akello, J., Dubois, T., Gold, S. C., Nakavuma, J., & Paparu, P. (2007). *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin as an endophyte in tissue culture banana (*Musa* spp.). Journal of Invertebrate Pathology, 96, 34-42.

Akello, J., Dubois, T., Coyne, D., & Kyamanywa, S. (2008). Endophytic *Beauveria bassiana* in banana (*Musa* spp.) reduces banana weevil (*Cosmopolites sordidus*) fitness and damage. Crop Protection, 27, 1437–1441.

Akello, J., Dubois, T., Coyne, D., & Kyamanywa, S. (2009). The effects of *Beauveria bassiana* dose and exposure duration on colonization and growth of tissue cultured banana (*Musa* sp.) plants. Biological control, 49, 6-10

Akutse, K. S., Maniania, N. K., Fiaboe, K. K., van den Berg, J., & Ekesi, S. (2013). Endophytic colonization of *Vicia faba* and *Phaseolus vulgaris* (Fabaceae) by fungal pathogens and their effects on the life-history parameters of *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae). Fungal Ecology, 6, 293–301.

Aldana, R. C., Aldana, J. A., & Moya, O. M. (2011). Manejo del picudo *Rhynchophorus palmarum* L. Coleoptera: Curculionidae. Cenipalma Bogotá, Colombia, 51p.

Alvarado, K., Blanco, A., Martín, J., Velásquez, Y., & Matos, K. (2013a). Social, technological and productive situation of the coconut palm cultivation in Baracoa, Cuba. Pastos y Forrajes, 36(2), 252-261.

Alvarado, M. H., Montes, G. L., Gomes, O. L., Bustillo, P. A., & Mesa, F. E. (2013b). Patogenicidad de cepas de *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana* sobre *Rhynchophorus palmarum*. Palmas, 34(2), 1-5.

- Arango, G., & Rizo, D. (1977). Algunas consideraciones sobre el comportamiento de *Rhynchophorus palmarum* y *Metamasius hemipterus* en caña de azúcar. *Revista Colombiana de Entomología*, 3(12), 23-28.
- Arango, M., Ospina, C., Sierra, J., & Martínez, G. (2011). *Myndus crudus* vector del agente causante de la marchitez letal en palma de aceite en Colombia. *Palmas*, 32(2), 13-25.
- Arnold, A. E., Mejía, L. C., Kyllö, D., Rojas, E. I., Maynard, Z., Robbins, N., & Herre, E. A. (2003). Fungal endophytes limit pathogen damage in a tropical tree. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 100, 15649-15654.
- Arnold, A. E., & Lewis, L. C. (2005). Ecology and evolution of fungal endophytes, and their roles against insects. In: Vega, F. E., Blackwell, M. (Eds.), *Insect-Fungal Associations: Ecology and Evolution*. Oxford University Press, New York, pp.74-96
- Arnold, A. E., & Lutzoni, F. (2007). Diversity and host range of foliar fungal endophytes: are tropical leaves biodiversity hotspots? *Ecology*, 88, 541-549.
- Asaff, A., Reyes, Y., López, E., & De la Torre, M. (2002). Guerra entre insectos y microorganismos: una estrategia natural para el control de plagas. *Avance y Perspectiva*, 21, 291-295.
- Athman, S. Y., Dubois, T., Viljoen, A., Labuschagne, N., Coyne, D., Ragama, P., Gold, C. S., & Niere, B. (2006). In vitro antagonism of endophytic *Fusarium oxysporum* isolates against the burrowing nematode *Radopholus similis*. *Nematology*, 8, 627-636.
- Augustyniuk-Kram, A., & Kram, J. K. (2012). Entomopathogenic Fungi as an Important Natural Regulator of Insect Outbreaks in Forests (Review), *Forest Ecosystems - More than Just Trees*, Dr Juan A. Blanco (Ed.), ISBN: 978-953-51-0202-1.
- Azevedo, J. L., Maccheroni W. J., Pereira, J. O., & Araújo, W. L. (2000). Endophytic microorganisms: a review on insect control and recent advances on tropical plants. *Electronic Journal Biotechnology*, 3, 40-65.
- Bacon, C., Porter, J. Robbins, J., & Luttrell, E. (1977). *Epichloe typhina* from toxic tall fescue grasses. *Applied and environmental microbiology*, 34, 576-581.
- Batta, Y. A. (2013). Efficacy of endophytic and applied *Metarhizium anisopliae* (Metch.) Sorokin (Ascomycota: Hypocreales) against larvae of *Plutella xylostella* L. (Yponomeutidae: Lepidoptera) infesting *Brassica napus* plants. *Crop Protection*, 44, 128-134.
- Bills, G. F., & Polishook, J. D. (1990). Microfungi from *Carpinus caroliniana*. *Canadian Journal of Botany*, 69, 1477-1482.

- Bing, L. A., & Lewis, L. C. (1991). Suppression of *Ostrinia nubilalis* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae) by endophytic *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin. *Environmental Entomology*, 20, 1207–1211.
- Bing, L. A. & Lewis, L. C. (1993). Occurrence of the entomopathogen *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin in different tillage regimes and in *Zea mays* L. and virulence towards *Ostrinia nubilalis* (Hübner). *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 45, 147-156.
- Bradley, W., Poel, J., & Huang, H. (2006). *Cocos Nucifera*: An Abundant Renewable Source of Energy. Proceedings of the International Conference on Renewable Energy for Developing Countries.
- Brechelt, A. (2004). El Manejo Ecológico de Plagas y Enfermedades. Fundación Agricultura y Medio Ambiente (FAMA), Republica Dominicana, 36p.
- Brownbridge, M., Reay, S., Nelson, T., & Glare, T. (2012). Persistence of *Beauveria bassiana* (Ascomycota: Hypocreales) as an endophyte following inoculation of radiata pine seed and seedlings. *Biological Control*, 61, 194-200.
- Bruck, D. J., & Lewis, L. C. (2002). Rainfall and crop residue effects on soil dispersion and *Beauveria bassiana* spread to corn. *Applied Soil Ecology*, 20, 183–190.
- Bruck, D. J. (2005). Ecology of *Metarhizium anisopliae* in soilless potting media and the rhizosphere: implications for pest management. *Biological Control*, 32, 155–163.
- Bustillo, A., Bernal, M., Benavides, P., & Chaves, B. (1999). Dynamics of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* Infecting *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) Populations Emerging from Fallen Coffee Berries. *The Florida Entomologist*, 82(4), 491-498
- Carroll, G. C. (1990). Fungal endophytes in vascular plants: Mycological research opportunities in Japan. *Trans. Mycological Society of Japan*, 31, 103-116.
- Carrillo-Rayas, M., & Blanco-Labra, A. 2009. Potencial y Algunos de los Mecanismos de Acción de los Hongos Entomopatógenos para el Control de Insectos Plaga. *Acta universitaria*, 9(2), 40-49.
- Castrillon, C. (2000). Distribución de las especies del picudo del plátano y evaluación de sus entomopatógenos Nativos en el departamento de Risaralda. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA), regional nueve, Manizales.
- Chavero, L. A. (1976). Campaña de control del "anillo rojo" del cocotero. *Coco y Palma* Nos. 13-14, Caracas.
- Chaves, M. N. (2007). Utilización de bacterias y hongos endofíticos para el control biológico del nematodo barrenador *Radopholus similis* (Cobb) Thorn. [Tesis doctoral]. Escuela de Posgrado, Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba-Costa Rica. 98p.

- Cherry, A. J., Banito, A., Djegui, D., & Lomer, C. (2004). Suppression of the stem-borer *Sesamia calamistis* (Lepidoptera; Noctuidae) in maize following seed dressing, topical application and stem injection with African isolates of *Beauveria bassiana*. *International Journal of Pest Management*, 50, 67–73.
- Chinchilla, C. M. (1988). El síndrome del Anillo rojo-Hoja pequeña en palma aceitera y cocotero. *Boletín Técnico* (2):4. Oil Palm Operations (Costa Rica). 125p
- Chinchilla, C. M. (1996). Epidemiología y manejo integrado del anillo rojo en palma aceitera. X congreso nacional agronómico y III congreso de fitopatología. ASD de Costa Rica 37-41.
- Clark, M. M., Gwinn, K. D., & Ownley, B. H. (2006). Biological control of *Pythium myriotylum*. *Phytopathology*, 96-S25.
- Clay, K. (1996). Interactions among fungal endophytes, grasses and herbivores. *Researches on Population Ecology*, 38,191-201.
- Clay, K., & Schard, C. L. (2002). Evolutionary origins and ecological consequences of endophyte symbiosis with grasses. *The American Naturalist*, 160, S99-S127.
- Copping, L. G., & Menn, J. J. (2000). Biopesticides: a review of their action, applications and efficacy. *Pest Management Science*, 56, 651–676.
- Corner, E. J. (1996). *The natural history of palms*. Berkeley, CA: University of California Press. 393 p.
- CORPOICA. (1999). *Dinámica y avances del proceso de desarrollo de los proyectos*. Centro de Investigación El Mira de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA).
- Cortazar, R. M. (2013). *Paquete Tecnológico para el establecimiento y manejo de plantaciones comerciales de cocotero (Cocos nucifera L.) con criollos altos del Pacífico*. Campo experimental Chetumal. Centro de Investigación Regional Sureste México, 17p.
- Costa, M. F., Sacramento, J. A., Melo, L., Rossi, V., Le Coustour, N., Lummerzheim, M., Lacerda, J. I., & Motta, R. (2011). Mass Trapping and Biological Control of *Rhynchophorus palmarum* L.: A hypothesis based on morphological evidences. *EntomoBrasilis*, 4 (2), 49-55.
- Dean, C. (1979). Red ring disease of *Cocos nucifera* caused by *Rhadinaphelenchus cocophius*. *An Annotated Bibliography and Review*. CAB International, Wallingford (GB).
- DeBach, P. (1964). *Biological Control of Insect Pests and Weeds*. Reinhold Publishing Corporation, New York. 844 pp.
- DebMandal, M., & Mandal, S. (2011). Coconut (*Cocos nucifera* L.: Arecaceae): In health promotion and disease prevention. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 241-247.

- Dingle, J., & McGee, P. A. (2003). Some endophytic fungi reduce the density of pustules of *Puccinia recondita* f. sp. tritici in wheat. *Mycological Research*, 107, 310–316.
- Domínguez, C. E., López, A. J., Castillo, G. R., & Ruíz, B. P. (1999). El Cocotero *Cocos nucifera* L. Manual para la Producción en México. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Huimanguillo. Libro Técnico Número 6. Tabasco, México. 132p.
- Dubois, T., Gold, C. S., Coyne, D., Paparu, P., Mukwaba, E., Athman, S., Kapindu, S., Adipala, E. (2004). Merging biotechnology with biological control: banana *Musa* tissue culture plants enhanced by endophytic fungi. *The Uganda Journal of Agricultural Sciences*, 9, 445-451.
- Dubois, T., Gold, C. S., Paparu, P., Athman, S., & Kapindu, S. (2006). Tissue culture and the in vitro environment. Enhancing plants with endophytes: potential for ornamentals? In: J. Teixeira Da Silva (ed.), *Floriculture, Ornamental and Plant Biotechnology: Advances and Topical Issues*. 1st Edition. Global Science Books, London.
- Eilenberg, J., Hajek, A., & Lomer, C. (2001). Suggestion for unifying the terminology in biological control. *Biological Control*, 46(4), 387-400
- Esser, R. P., & Meredith, J. A. (1987). Red ring nematode. Florida Department of Agriculture & Consumer Services, Division of Plant Industry, Circ. No. 141.
- Esteves, V. E., & Cedeño, D. R. 2008. Susceptibilidad de *Rhynchophorus palmarum* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) a Cepas de Hongos Entomopatógenos. [Tesis de pregrado]. Universidad EARTH, Guácimo-Costa Rica. 41p.
- Estrada, C. I. (2008). Control biológico de insectos: un enfoque agroecológico. Editorial Universidad de Antioquia, Medellín.
- FAO. (2014). Agricultural Production Statistics Database (FAOSTAT). Food and Agriculture Organization of the United Nations. United States.
- FAO. (2015). Agricultural Production Statistics Database (FAOSTAT). Food and Agriculture Organization of the United Nations. United States
- Fedepalma (Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite). (1988). Anillo rojo en palma de aceite. Boletín técnico N. 4. Bogotá, Colombia. 24p.
- Faleiro, J. R. (2006). A review of the issues and management of the red palm weevil *Rhynchophorus ferrugineus* (Coleoptera: Rhynchophoridae) in coconut and date palm during the last one hundred years. *International Journal of Tropical Insect Science*, 26(3), 135-154.
- Fenwick, D. (1967). The effect of weevil control on the incidence of red ring disease. *Journal of the Agricultural Society of Trinidad and Tobago*, 67, 231–244.
- FHIA (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola). (2008). Manual técnico del cultivo del cocotero (*Cocos nucifera* L.). Honduras 42p.

Fomipyme: Fondo Colombiano de Modernización y Desarrollo Tecnológico de las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas. (2003). Informe investigación preliminar y parcela demostrativa conducentes al repoblamiento de la palma de coco utilizada en la elaboración de artesanías. 71p.

Ganley, R. J., & Newcombe, G. (2006). Fungal endophytes in seeds and needles of *Pinus monticola*. *Mycology Research*, 110, 318–327.

García, J. E., Posadas, J. B., Peticari, A., & Lecuona, R. (2011). *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin promotes growth and has endophytic activity in tomato plants. *Advances in Biological Research*, 5(1), 22-27.

Gatarayiha, M. C., Laing, M. D., & Miller, R. M. (2010). Effects of crop type on persistence and control efficacy of *Beauveria bassiana* againsts the two spotted spider mite. *Biological Control*, 55, 767-776.

Gaviria, J. Parra, P., Buitrago, M. E., & Gonzalez, A. (2013). Evaluación de diferentes metodologías para la inoculación de plantas de coco *Cocos nucifera* con hongos entomopatógenos; una estrategia sostenible y de bajo costo para el manejo in planta de plagas y enfermedades. Informe final de Joven Investigador, convenio entre Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (COLCIENCIAS) y Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), 27 p.

Gillespie, A. T., & Claydon, N. (1989). The use of entomogenous fungi for pest control and the role of toxins in pathogenesis. *Pesticide Science*, 27, 203-215.

Gindin, G., Levski, S., Glazer, I., & Soroker, V. (2006). Evaluation of the entomopathogenic fungi *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* against the red palm weevil *Rhynchophorus ferrugineus*. *Phytoparasitica*, 34 (4), 370-379.

Godonou, I., Green, K. R., Oduro, K. A., Lomer, C. J., & Afreh-Nuamah, K. (2000). Field evaluation of selected formulations of *Beauveria bassiana* for the management of the banana weevil (*Cosmopolites sordidus*) on plantain (*Musa* spp., AAB group). *Biocontrol Science and Technology*, 10(6), 779–788.

Goettel, M. S, & Inglis, G. D. (1997). Fungi: Hyphomycetes. *Manual of Techniques in Insect Pathology* (ed. by L.A. Lacey), Academic Press, San Diego, USA pp. 213-249.

Golo, P. S., Gardner, D. R., Grilley, M. M., Takemoto, J. Y., Krasnoff, S. B., & Pires, M. S. et al. (2014). Production of Destruxins from *Metarhizium* spp. fungi in artificial medium and in endophytically colonized cowpea plants. *Plos one*, 9(8), e104946.

Gómez-Vidal, S., Lopez-Llorca, L. V., Jansson, H. B., & Salinas, J. (2006). Endophytic colonization of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) leaves by entomopathogenic fungi. *Micron*, 37, 624-632.

- Gómez-Vidal, S., Salinas, J., Tena, M., & Lopez- Llorca, L. V. (2009). Proteomic analysis of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) responses to endophytic colonization by entomopathogenic fungi. *Electrophoresis*, 30, 2996-3005.
- Granados-Sánchez, D., & López-Ríos, G. (2002). Manejo de la palma de coco (*Cocos nucifera* L.) en México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 8(1), 39-48.
- Griffith, R. (1968). The mechanisms of transmission of the red ring nematode. *Journal of the Agriculture Society of Trinidad and Tobago*, 67, 436-457.
- Griffith, R. (1974). The use of the smaller palm weevil *Rhynchophorus palmarum*, in the forecasting of red ring disease outbreaks. *Journal of the Agriculture Society of Trinidad and Tobago*, 73, 149-159.
- Griffith, R. (1987). Red ring disease of coconut palm. *Plant Disease*, 71(2), 193-196.
- Griffin, M. R. (2007). *Beauveria bassiana*, a cotton endophyte with biocontrol activity against seedling disease. [Ph.D. Dissertation]. The University of Tennessee, Knoxville, TN, USA.
- Grueso, W., & Betancourth, C. (2009). Evaluación de erradicación del cocotero para el manejo del anillo rojo *Bursaphelenchus cocophilus*- Gualpa *Rhynchophorus palmarum* (Coleoptera: Curculionidae) en Tumaco, Nariño. *Revista de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño*, 26, 171-185.
- Güerri-agulló, B., Gómez-vidal, S., Asensio, L., Barranco, P., & Lopez-llorca, L. V. (2010). Infection of the Red Palm Weevil (*Rhynchophorus ferrugineus*) by the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*. *Microscopy research and technique*, 73(7), 714-725.
- Gunn, B. F. (2004). The phylogeny of the Cocoeae (Arecaceae) with emphasis on *Cocos nucifera*. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 91(3), 505-522.
- Gurulingappa, P., Sword, G. A., Murdoch, G., & McGee, P. A. (2010). Colonization of crop plants by fungal entomopathogens and their effects on two insect pests when in planta. *Biological Control*, 55, 34–41.
- Hagley, E. (1963). The role of the palm weevil as a vector of red ring disease of coconuts. *Journal of Economic Entomology*, 56, 375–380.
- Hagley, E. (1965). On the life history and habits of the palm weevil *Rhynchophorus palmarum* L. *Annals of the Entomological Society of America*, 58(1), 22-28.
- Hajek, A., & St Leger, R. J. (1994). Interactions between fungal pathogens and insect hosts. *Annual Review of Entomology*, 39, 293–322.
- Hernández, J., Cerda, H., Jaffe, K., & Sanchez, P. (1992). Localización del hospedero, actividad diaria y optimización de las capturas del picudo del cocotero *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae). Mediante trampas inocuas. *Agronomía Tropical*, 42(3-4), 211-223.

Harries, H. (2002). Las variedades de coco y el amarillamiento letal: perspectiva regional para América. *Palmas*, 23 (2), 15-18.

Harries, H., Baudouin, L., & Cardena, R. (2004). Floating, boating, and introgression: molecular techniques and the ancestry of coconut palm populations on Pacific Islands. *Ethnobotany Research and Applications*, 2, 37–53.

Hirose, E., Neves, P., Zequi, J., Martins, L., Peralta, C., & Moino, A. (2001). Effect of Biofertilizers and Neem Oil on the Entomopathogenic Fungi *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. and *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 44 (4), 419-423.

Howard, F. W., Moore, D., Abreu, E., & Gallo, S. (2007). Acaro del coco, *Aceria guerreronis* Keifer (Arácnidae: Acari: Eriophyidae). Featured Creatures from the Entomology and Nematology Department, Florida Cooperative Extension Service. Florida University. 6 p.

Hu, G., & Leger, R. (2002). Field studies using a recombinant mycoinsecticide (*Metarhizium anisopliae*) reveal that it is rhizosphere competent. *Applied and Environmental Microbiology*, 68(12), 6383-6387.

ICA (Instituto Colombiano Agropecuario). (2014). Publicación informativa sobre erradicación de palmas de coco improductivas en Guapi y Tumaco. 1p.

Inglis, G. D., Goettel, M. S., Butt, T. M., & Strasser, H. (2001). Use of hyphomycetous fungi for managing insect pests. In: Butt TM, Jackson C, Magan N (eds) *Fungi as biocontrol agents. Progress, problems and potential*. CABI Publishing, Oxfordshire, pp 23–69.

Jacas, J. A., & Urbaneja, A. (2008). “Control biológico de plagas agrícolas”. *Phytoma - España*. Valencia, España, págs.: 25-37.

Jaffé, K., & Sánchez, P. (1990). Final Report of Project on Ethological Study of *Rhynchophorus palmarum*. Universidad Simón Bolívar-FONAIAP, Caracas-Venezuela.

Jaronski, S. (2010). Ecological factors in the inundative use of fungal entomopathogens. *Biological Control*, 55, 159–185.

Jones, K. D. (1994). Aspects of the biology and biological control of the European corn borer in North Carolina. [Ph.D. thesis]. Department of Entomology, North Carolina State University, United States.

Kabaluk, J. T., Goettel, M. S., Ericsson, J. D., Erlandson, M. A., Vernon, R. S., Jaronski, S., Mackenzie, K., & Cosgrove, L. (2007). Promise versus performance: Working toward the use of *Metarhizium anisopliae* as a biological control for wireworms. *IOBC-WPRS Bulletin*, 30, 69-76.

Kabaluk, J. T., & Ericsson, J. D. (2007). *Metarhizium anisopliae* seed treatment increases yield of field corn when applied for wireworm control. *Agronomy Journal*, 99, 1377-1381.

Kairo, M. T., Roda, A., Mankin, R., Chi, W. D., Damian, T., Franken, F., Heidweiller, K., Johanns, C., & Leon, J. (2010). The red palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus*, a new pest threat in the Caribbean: Biology and options for management. *Proc. Caribbean Food Crops Society*, 46, 87-96.

Khachatourians, G. G., & Uribe, D. (2004). Genomics of entomopathogenic fungi, pp. 353-377. En: Arora, D. K., Khachatourians, G. G. (eds.). Elsevier Science. London. *Applied Mycology and Biotechnology Edit. 4*. Pag. 434.

Kloepper, J. W. et al. (2007). Photoperiod regulates elicitation of growth promotion but not induced resistance by plant growth-promoting rhizobacteria. *Canadian Journal of Microbiology*, 53, 159-167.

Kouassi, M., Coderre, D., & Todorova, S. I. (2003). Effect of plant type on the persistence of *Beauveria bassiana*. *Biocontrol Science Technology*, 13, 415-427.

Landa, B. B., Lopez-Diaz, C., Jimenez-Fernandez, D., Montes-Borrego, M., Munoz-Ledesma, F. J., Ortiz-Urquiza, A., & Quesada-Moraga, E. (2013). In-plant detection and monitorization of endophytic colonization by a *Beauveria bassiana* strain using a new-developed nested and quantitative PCR-based assay and confocal laser scanning microscopy. *Journal of Invertebrate Pathology*, 114, 128-138.

Leckie, B. M. (2002). Effects of *Beauveria bassiana* mycelia and metabolites incorporated into synthetic diet and fed to larval *Helicoverpa zea*, and detection of endophytic *Beauveria bassiana* in tomato plants using PCR and ITS. [Master thesis]. Department of Entomology, The University of Tennessee.

Lewis, L. C., & Cossentine, J. E. (1986). Season long intraplant epizootics of entomopathogens, *Beauveria bassiana* and *Nosema pyrausta*, in a corn agroecosystem. *Entomophaga*, 31, 36-69.

Lewis, L. C., & Bing, L. A. (1991). *Bacillus thuringiensis* Berliner and *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin for European corn borer control: program for immediate and season long suppression. *Canadian Entomologist*, 123, 387-393.

Liao, X., O'Brien, T. R., Fang, W., & Leger, R. J. (2014). The plant beneficial effects of *Metarhizium* species correlate with their association with roots. *Applied Microbiology Biotechnology*, 98(16), 7089-96.

Loria, M. J. (1993). Verde palma. Galería del 4 al 31 de octubre. Dirección General de Extensión, Departamento de Difusión Cultural de la Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán.

Machado, A. C. (1993). La agricultura del litoral Pacífico. En: Colombia Pacífico TOMO II. (<http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/geografia/cpacifi2/55.htm>)

- Magalhaes, B. P., De Faria, M. R., Lecoq, M., Schmidt, F. G., Silva, J. B., & Frazao, H. S. (2001). The use of *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* against the grasshopper *Rhammatocerus schistocercoides*. *Brazil Journal Orthoptera Research*, 10, 199-202.
- Malinowski, D. P., & Belesky, D. P. (2000). Adaptations of endophyte-infected cool-season grasses to environmental stresses: Mechanisms of drought and mineral stress tolerance. *Crop Science*, 40, 923-940.
- Marín, P., & Bustillo, A. E. (2002). Producción artesanal de hongos entomopatógenos para el control de insectos plagas. En: *Memorias Curso Internacional Teórico- Práctico. Sección I. Entomopatógenos de la broca del café. Cenicafé, Chinchiná.* p. 125-131.
- Martín, M. M., & Cabello, T. (2006). Manejo de la cria del picudo rojo de la palmera, *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier, 1970) (Coleoptera: Dryophthoridae), en dieta artificial y efectos en su biometría y biología. *Boletín de Sanidad Vegetal de Plagas*, 32, 631-641.
- Mexzon, R., Chinchilla, C., Castrillo, G., & Salamanca, D. (1994). Biología y hábitos de *Rhynchophorus palmarum* L. asociado a la palma aceitera en Costa Rica. *ASD Oil Palm Papers*, 8, 14-21
- Meyling, N., & Eilenberg, J. (2007). Ecology of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* in temperate agroecosystems: Potential for conservation biological control. *Biological control*, 43(2), 145-155.
- Monzón, A. (2001). Producción, uso y control de calidad de hongos entomopatógenos en Nicaragua. *Manejo Integrado de Plagas. CATIE, Costa Rica*, 63, 95-103.
- Morin, J. P., Lucchini, F., De Araujo, J., Ferreira, J. M., & Franga, L. S. (1986). Control de *Rhynchophorus palmarum* mediante trampas construidas con pedazos de palma. *Oleagineux*, 41(2), 61-63
- Mosquera, M. (2005). Impacto de las enfermedades en la palma de aceite. En: *Seminario Avances de investigación en la Zona Oriental.*
- Mosteiro, A. P. (1978). Utilization of coconut palm timber: its economic significance in some countries in the Tropics. *Forpride Digest*, 7(1), 44-57.
- Mota-Sánchez, D., Bills, P. S., & Whalon, M. E. (2002). Arthropod resistance to pesticides: status and overview. In: *Pesticides in agriculture and the environment.* Wheeler, W.B. (Ed.), pp. 241-272.
- Munro-Olmos, D., Ramos-Serrano, J., Romero-Cadena, A., & Figueroa-Viera, J. (2005). Paquete tecnológico para el cultivo del cocotero en el estado de Colima. *Gobierno del estado de Colima, Secretaría de Desarrollo Rural. Estado de Colima.* 50 pp.

Nadarajan, L. (1988). Laboratory rearing of the palm weevil *Rhynchophorus palmarum* on artificial diet. In: Rapport du Laboratoire des Médiateurs Chimiques. INRA, Versailles (FR).

Nájera-Rincón, M. B., García, M. M., Crocker, R. L., Hernández-Velázquez, V., & Rodríguez del Bosque, L. A. (2005). Virulencia de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*, nativos del occidente de México, contra larvas de tercer estadio de *Phyllophaga crinita* (Coleoptera: Melolonthidae) bajo condiciones de laboratorio. Fitosanidad, 9(1), 33-36.

Nogueira, L. A. et al. (2000). Dendroenergía: fundamentos e aplicações. Brasília, DF: ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica, 144 p.

O'Callaghan, M., Gerard, E. M., & Johnson, V. W. (2001). Effect of soil moisture and temperature on survival and of microbial control agents. New Zealand Plant Protection, 54, 128-135.

Oehlschlager, C., Chinchilla, C. M., Gonzalez, L. M., Jiron, L. F., Mexon, R., & Morgan, B. (1993). Development of a pheromone-based trapping system for *Rhynchophorus palmarum* (Coleoptera: Curculionidae). Journal of Economy Entomology, 86, 1381-1392.

Oehlschlager, C., Chinchilla, C. M., Castillo, G., & González, L. (2002). Control of red ring disease by mass trapping of *Rhynchophorus palmarum* (Coleoptera: Curculionidae). The Florida Entomologist, 85(3), 507-513.

OEPP (European and Mediterranean Plant Protection Organization). (2005). *Rhynchophorus palmarum*. Bulletin, 35, 468-471.

Opeke, L., K. (1982). Tropical tree crops. Chichester, UK: John Wiley & Sons. 312 p.

Oropeza, C., Zizumbo, D., Sáenz, L., Narvaez, M., Cordova, I., Harrison, N., Roca, M., Myrie, W., Jean-Luc, M., Castillo, R., & Ortiz, C. (2010). Interacciones planta-patógeno-vector ambiente en el amarillamiento letal del cocotero. Palmas, 31(1), 388-402.

Orozco, C. (2013). Estudio de pre-factibilidad para la creación de una planta de carbón activado a base de cascara de coco en Tumaco y sus alrededores. [Tesis de Maestría]. Universidad Icesi, Cali- Colombia, 55p.

Ownley, B. H., Pereira, R. M., Klingeman, W. E., Quigley, N. B., & Leckie, B. M. (2004). *Beauveria bassiana*, a dual purpose biocontrol organism, with activity against insect pests and plant pathogens. In: Lartey, R. T., Cesar, A. J. (Eds.), Emerging Concepts in Plant Health Management. Research Signpost, India, pp. 255-269.

Ownley, B. H., Griffin, M. R., Klingeman, W. E., Gwinn, K. D., Moulton, K. J., & Pereira, R. M. (2008). *Beauveria bassiana*: Endophytic colonization and plant disease control. Journal of Invertebrate Pathology, 98, 267-270.

Ownley, B. H., Gwinn D. K., & Vega, E. F. (2010). Endophytic fungal entomopathogens with activity against plant pathogens: ecology and evolution. Biological Control, 55, 113-128.

- Parrotta, J. A. (1993). *Cocos nucifera* L. Coconut, coconut palm, palma de coco. SO-ITFSM-57. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 7 p.
- Parsa, S., Ortiz, V., & Vega, F. (2013). Establishing Fungal Entomopathogens as Endophytes: Towards Endophytic Biological Control. *Journal of Visualized Experiments* (74), e50360.
- Pedrini, N., Villaverde, M. L., Fuse, C. B., Dal Bello, G. M., & Juárez, M. P. (2010).. *Beauveria bassiana* Infection Alters Colony Development and Defensive Secretions of the Beetles *Tribolium castaneum* and *Ulomoides dermestoides* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Economic Entomology*, 103(4), 1094-1099.
- Perera, L., Russell, J. R., Provan, J., MacNicol, J. W., & Powell, W. 1998. Evaluating genetic relationships between indigenous coconut (*Cocos nucifera* L.) accessions from Sri Lanka by means of AFLP profiling. *Theoretical and Applied Genetics*, 96(3-4), 545-550.
- Petrini, O. (1991). Fungal endophytes of tree leaves. In: J. Andrews and S. Hirano (eds.), *Microbial Ecology of Leaves*. Springer-Verlag, New York. pp. 179-197.
- Pieterse, M. J., Zamioudis, C., Berendsen, R. L., Weller, D. M., Van Wees, C. M., & Bakker, H. M. (2014). Induced systemic resistance by beneficial microbes. *Annual Review of Phytopathology*, 52, 347-375.
- Pocasangre, L. E., Zum Felde, A., Cañizares, C., Riveros, A. S., Rosales, F. E., & Sikora, R. (2004). Manejo alternativo de fitonematodos en banano y plátano. In *Memorias, XVI reunión internacional de ACORBAT*, Oaxaca, MX. p. 106-112.
- Posada, F. (1988). Manejo de vectores insectiles del anillo rojo en palma africana. In: VI Seminario sobre problemas fitosanitarios de la palma africana. IICA BID PROCIANDINO. p. 42-56.
- Posada, F., & Vega, F. E. (2005). Establishment of the fungal entomopathogen *Beauveria bassiana* (Ascomycota: Hypocreales) as an endophyte in cocoa seedlings (*Theobroma cacao*). *Mycology*, 97, 1195-1200.
- Posada, F., Aime, M. C., Peterson, S. W., Rehner, S. A., & Vega, F. E. (2007). Inoculation of coffee plants with the fungal entomopathogen *Beauveria bassiana* (Ascomycota: Hypocreales). *Mycological Research*, 111, 748-757.
- Pucheta, D. M., Flores, M. A., Rodríguez, N. S., & de la Torre, M. (2006). Mecanismo de acción de los hongos entomopatógenos. *Interciencia*, 31(12), 856-860.
- Quesada-Moraga, E., Landa, B. B., Muñoz-Ledesma, J., Jiménez-Díaz, R. M., & Santiago-Álvarez, C. (2006). Endophytic colonization of opium poppy, *Papaver somniferum*, by an entomopathogenic *Beauveria bassiana* strain. *Mycopathologia*, 161, 323–329.

- Quintana, C. A. (2012). Situación del coco en Colombia. Cadena nacional del coco, el Agro 2.0.
- R Development Core Team. (2013). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria
- Raymond, J. S. (2008). Studies on adaptations of *Metarhizium anisopliae* to life in the soil. *Journal of Invertebrate Pathology*, 98, 271–276.
- Reddy, G., Zhao, Z., & Humber, R. A. (2014). Laboratory and field efficacy of entomopathogenic fungi for the management of the sweetpotato weevil, *Cylas formicarius* (Coleoptera: Brentidae). *Journal of Invertebrate Pathology*, 122, 10–15.
- Reineke, A., Bischoff-Schaefer, M., Rondot, Y., Galidevara, S., Hirsch, J., & Devi, U. (2014). Microsatellite markers to monitor a commercialized isolate of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* in different environments: Technical validation and first applications. *Biological control*, 70, 1-8.
- Restrepo, G. L., Rivera, A. F., & Raigosa, B. J. (1982). Ciclo de vida, hábitos y morfometría de *Metamasius hemipterus* Olivier y *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae) en caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) *Acta Agronomica Colombina*, 32, 33-44.
- Riga, E., Lacey, L. A., & Guerra, N. (2008). *Muscodor albus*, a potential biocontrol agent against plant-parasitic nematodes of economically important vegetable crops in Washington State, USA. *Biological Control*, 45, 380-385.
- Roberts, D. W., & Humber, R. A. (1981). Entomopathogenic fungi. In: *Biology of conidial fungi*, Vol 2. eds G. T. Cole & B. Kendrick, pp. 201-36.
- Roberts, D. W., & St. Leger, R. J. (2004). *Metarhizium* spp., cosmopolitan insect-pathogenic fungi: Mycological aspects. *Advances in Applied Microbiology*, 54, 1-70.
- Rodríguez, A., Viana, A., Acuña, Y., González, F., & Alvez, J. (2008). Control Biológico de hormigas cortadoras (*Atta* sp. y *Acromirmex* sp.) con hongos entomopatógenos. *Revista Forestal Oriental-BIO Uruguay*, 97, 112-123.
- Rodríguez, R. J., White, Jr. J., Arnold, A. E., & Redman, R. S. (2009). Fungal endophytes: diversity and functional roles: Tansley review. *New Phytologist*, 182, 314–330.
- Roy, H. E., Steinkraus, D. C., Eilenberg, J., Hajek, A. E., & Pell, J. K. (2006). Bizarre interactions and endgames: Entomopathogenic fungi and their arthropod hosts. *Annual Review of Entomology*, 51, 331–357.
- Saikkonen, K., Wali, P., Helander, M., & Faeth, S. H. (2004). Evolution of endophyte-plant symbioses. *Trends in Plant Science*, 9, 275–280.

- Sánchez, A., & Cerda, H. (1993). El complejo *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae) – *Bursaphelenchus cocophilus* (Cobb) (Tylenchida: Aphelenchoididae), en palmeras. Boletín de Entomología Venezolana, 8(1), 1-18.
- Sánchez, A., & Jaffé, K. (1993). Monitoring and integrated control of *Rhynchophorus palmarum* on oil palm. Boletín técnico Serie B. Fonaiap, Caracas, Venezuela.
- Sánchez, A., Jaffe, K., Hernandez, J. V., & Cerda, H. (1993). Biology and behavior of *Rhynchophorus palmarum*. Boletín di Entomología Venezolana, 8, 83–93.
- Schulz, B., & Boyle, C. (2006). What are endophytes? En: B. Schulz, C. J. & Sieber, T. N (eds.), Microbial root endophytes, 9, 1-13.
- Sewify, G. H., Belal, M. H., & Al-Awash, S. A. (2009). Use of the entomopathogenic fungus, *Beauveria bassiana* for the biological control of the red palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* Olivier. Egyptian journal of pest control, 19(2), 157-163.
- Shahid, A. A., Rao, A. Q., Bakhsh, A., & Husnain, T. (2012). Entomopathogenic fungi as biological controllers: new insights into their virulence and pathogenicity. Archives of Biological Science Belgrade, 64(1), 21-42.
- Shapiro-Ilan, D. I, Guadalupe, R. M., Morales-Ramos, J. A., Lewis, E. E., & Tedders, W. L. (2008). Effects of host nutrition on virulence and fitness of entomopathogenic nematodes: Lipid and protein based supplements in *Tenebrio molitor* diets. Journal of Nematology, 40, 13–19.
- Sharon, E., Bar-Eyal, M., Chet, I., Herrere-Estrella, A., Kleifeld, O., & Spiegel, Y. (2001). Biological control of the root-knot nematode *Meloidogyne javanica* by *Trichoderma harzianum*. Phytopathology, 91, 687-693.
- Shrivastava, G. (2011). Production and Roles of Volatile Secondary Metabolites in Interactions of the Host Plant Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) with Other Organisms at Multi-Trophic Levels. [PhD dissertation], University of Tennessee, United States. http://trace.tennessee.edu/utk_graddiss/1226
- St. Leger, R., Charney, A., & Cooper, R. (1986). Cuticle-degrading enzymes of entomopathogen fungi: mechanisms of interaction between pathogen enzymes and insect cuticle. Journal Invertebrate Pathology, 47, 295-302.
- Steinhaus, E. A. (1975). Disease in a Minor Chord. Ohio State University Press, Columbus, Ohio.
- Stern, V. M., Smith, R. F., Bosch, V. D., & Hagen, K. S. (1959). The integrated control concept. Hilgardia, 29, 81-101.
- Stone, J. K., Bacon, C. W., & White, J. F. (2000). An overview of endophytic microbes: endophytism defined. In: Bacon CW, White JF (eds) Microbial endophytes. Dekker, New York, pp. 3–30.

- Stone, J. K., Polishook, J. D., & White, J. F. (2004). Endophytic fungi. In: Mueller, G.M., Bills, G.F., Foster, M.S. (eds). Biodiversity of fungi. Inventory and monitoring methods. Elsevier, Amsterdam, pp. 241–270.
- Sung, G. H., Hywel-Jones, N. L., Sung, J. M., Luangsa-ard, J. J., Shrestha, B., & Spatafora, J. W. (2007). Phylogenetic classification of *Cordyceps* and the clavicipitaceous fungi. *Studies in Mycology*, 57, 5–59.
- Terefera, T., & Vidal, S. (2009). Effect of inoculation method and plant growth medium on endophytic colonization of sorghum by the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*. *Biological Control*, 54, 663-669.
- Tiscornia, S. (2012). Comunidades de hongos endófitos de Myrtaceae neotropicales: evaluación de la producción de enzimas y metabolitos bioactivos. [Tesis de doctorado]. PEDECIBA, Uruguay, 120p
- Thompson, S. R., Brandenburg, R. L., & Arends, J. J. (2006). Impact of moisture and UV degradation on *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin conidial viability in turf grass. *Biological Control*, 39, 401–407.
- Thurston, H. (1984). Red ring disease of coconut. In: Tropical Plant Disease, American Phytopathological Society, St Paul (US) 161–164.
- Van Bael, S. A., Maynard, Z., Rojas, E., Mejia, L. C., Kylo, D. A., & Herre, E. A. (2005). Emerging perspectives on the ecological roles of endophytic fungi in tropical plants. In: Dighton, J., White, J.F., Oudemans, P. (Eds.), the Fungal Community Its Organisation and Role in the Ecosystem. Taylor & Francis, city, country, pp: 181–191.
- Vélez, P., Posada, F. J., Marin, M. T., González, E., Osorio, Y., & Bustillo, A. E. (1997). Técnicas para el control de calidad de formulaciones de hongos entomopatógenos. Boletín Técnico No. 17. Cenicafé, Chinchiná, Colombia.
- Vega, F. E. (2008). Insect pathology and fungal endophytes. *Journal of Invertebrate Pathology*, 98, 277-279.
- Vega, F. E., Posada, F., Aime, M. C., Pava-Ripoll, M., Infante, F., & Rehner, S. A. (2008). Entomopathogenic fungal endophytes. *Biological Control*, 46, 72–82.
- Vidal, S., & Jaber, L. (2015). Entomopathogenic fungi as endophytes: plant–endophyte–herbivore interactions and prospects for use in biological control. *Current Science*, 109, 1-10.
- Vila-Aiub, M. M., Martínez-Ghersa, M., & Ghersa, C. (2003). Evolution of herbicide resistance in weeds: vertically transmitted fungal endophytes as genetic entities. *Evolutionary Ecology*, 17, 441-456.
- Vu, T., Hauschild, R., & Sikora, R. A. (2006). *Fusarium oxysporum* endophytes induced systemic resistance against *Radopholus similis* on banana. *Nematology*, 8(6), 847-852.

- Wagner, B. L., & Lewis, L. C. (2000). Colonization of corn, *Zea mays*, by the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*. *Applied and Environmental Microbiology*, 66, 3468-3473.
- Waller, F., Achatz, B., Baltruschat, H., Fodor, J., Becker, K., Fischer, M., Heier, T., Huckelhoven, R., Neumann, C., Von Wettstein, D., Franken, P., & Kogel, K. H. (2005). The endophytic fungus *Piriformospora indica* reprograms barley to saltstress tolerance, disease resistance, and higher yield. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102, 13386-13391.
- Walters, D. R., Ratsep, J., & Havis, N. D. (2013). Controlling crop diseases using induced resistance: challenges for the future. *Journal of Experimental Botany*, 64, 1263–80.
- Wang, C., Hu, G., & St. Leger, R. (2005). Differential gene expression by *Metarhizium anisopliae* growing in root exudates and host (*Manduca sexta*) cuticle or hemolymph reveals mechanism of physiological adaptation. *Fungal Genetics and Biology*, 42, 704–718.
- Wattanapongsiri, A. (1966). A revision of the genera *Rhynchophorus* and *Dynamis* (Coleoptera: Curculionidae). *Department of Agriculture Science Bulletin*, Vol. 1. Bangkok.
- White, J. F., Belanger, F., Meyer, W., Sullivan, R. F., Bischoff, J.F., & Lewis, E. A. (2002). Clavicipitalean fungal epibionts and endophytes—development of symbiotic interactions with plants. *Symbiosis*, 33, 201–213.
- Wicklow, D. T., Roth, S., Deyrup, S. T., & Gloer, J. B. (2005). A protective endophyte of maize: *Acremonium zeae* antibiotics inhibitory to *Aspergillus flavus* and *Fusarium verticillioides*. *Mycological Research*, 109, 610–618.
- Wilson, M. (1963). Investigations into the development of the palm weevil, *Rhynchophorus palmarum*. *Tropical Agriculture Trinidad*, 40, 185–196.
- Wilson, D. (1995). Endophyte: the evolution of a term, and clarification of its use and definition. *Oikos*, 73, 274–276.
- Wyrebek, M., Huber, C., Sasan, R. K., & Bidochka, M. J. (2011). Three sympatrically occurring species of *Metarhizium* show plant rhizosphere specificity. *Microbiology*, 157, 2904–2911.
- Yan, J. F., Broughton, S. J., Yang, S. L., & Gange, A. C. (2014). Do endophytic fungi grow through their hosts systemically?. *Fungal Ecology*, 13, 53–59.
- Zhang, L. (2014). Colonization pattern of crop plants by endophytic fungi. Dissertation [Ph. D. degree]. University Göttingen, Germany 116p.