



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS
AGRÍCOLAS

CAMPUS TABASCO

PROGRAMA PRODUCCIÓN AGROALIMENTARIA EN EL TRÓPICO

PATOGENICIDAD DE ENTOMOPATÓGENOS Y FLUCTUACIÓN POBLACIONAL EN EL PIOJO HARINOSO EN LA PIÑA (*Ananas comosus* [L.] Merr.) EN HUIMANGUILLO TABASCO, MÉXICO

OMARA PÉREZ PANTI

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS

H. CÁRDENAS, TABASCO, MÉXICO

2022

La presente tesis, titulada “**PATOGENICIDAD DE ENTOMOPATÓGENOS Y FLUCTUACIÓN POBLACIONAL EN EL PIOJO HARINOSO EN LA PIÑA (*Ananas comosus* [L.] Merr.) EN HUIMANGUILLO TABASCO, MÉXICO**”, realizada por la alumna: Omara Pérez Panti, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS

POSTGRADO EN PRODUCCIÓN AGROALIMENTARIA EN EL TRÓPICO
CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:



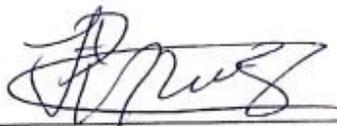
DR. RUBÉN GARCÍA DE LA CRUZ

ASESOR:



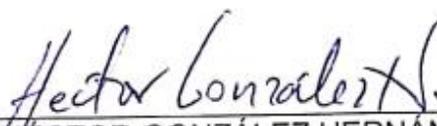
DR. SAÚL SÁNCHEZ SOTO

ASESOR:



DR. PEDRO ANTONIO MOSCOSO RAMÍREZ

ASESOR:



DR. HÉCTOR GONZÁLEZ HERNÁNDEZ

H. CÁRDENAS, TABASCO, MÉXICO, MAYO DE 2022

**PATOGENICIDAD DE ENTOMOPATÓGENOS Y FLUCTUACIÓN
POBLACIONAL EN EL PIOJO HARINOSO EN LA PIÑA (*Ananas comosus* [L.]
Merr.) EN HUIMANGUILLO TABASCO, MÉXICO**

Omara Pérez Panti, MC.
Colegio de Postgraduados, 2022

RESUMEN

El piojo harinoso (*Dysmicoccus brevipes*) vector del virus PMWaV que causa marchitez de la piña, es la enfermedad más destructiva y con más presencia en los cultivares de piña por todo el mundo. En, México afecta hasta el 20 % del rendimiento. La presente investigación, tuvo como objetivos, identificar la especie de cochinilla y determinar su fluctuación poblacional, evaluando la patogenicidad y virulencia de hongos entomopatógenos, solos y combinados con aceites vegetales. En el primer estudio se determinó la distribución estacional y porcentaje de infestación, de enero a junio de 2021, en dos localidades productoras de piña de variedades MD2 y cabezona en Huimanguillo, Tabasco. La especie presente fue *D. brevipes* y la mayor abundancia de piojos harinosos se encontró en la variedad cabezona. En el segundo estudio, se evaluó la patogenicidad y virulencia de los aislamientos BbCT, BbCa de *Beauveria bassiana*, Ma01 de *Metarhizium anisopliae*, tomando como variable la mortalidad de hembras adultas de *D. brevipes*. El aislamiento BbCa a concentración de 1×10^7 conidios mL^{-1} fue efectivo causando mortalidad del $60 \pm 6\%$, a los 8 días pos inoculación a 26 ± 1 °C. Así mismo, bajo condiciones controladas, BbCa presentó la mayor virulencia, donde la CL_{50} , tuvo un valor de 3.40×10^7 conidios mL^{-1} y una CL_{95} de 2.29×10^8 conidios mL^{-1} . Sin embargo, la eficacia de BbCa, cuando se combinó con aceite de neem se incrementó a 98 y 100 % de mortalidad a los 6 y 8 días pos inoculación respectivamente. Mientras que, en condiciones de invernadero, BbCa mas el aceite de neem alcanzó el 100 % de control de *D. brevipes*.

Palabras clave: entomopatógenos, *Dysmicoccus*, distribución estacional

**PATHOGENICITY OF ENTOMOPATHOGENS AND POPULATION
FLUCTUATION ON THE PINEAPPLE (*Ananas comosus* [L.] Merr.) MEALY
BUG IN HUIMANGUILLO TABASCO, MEXICO.**

Omara Pérez Panti, MC.
Colegio de Postgraduados, 2022

ABSTRACT

Mealybug (*Dysmicoccus brevipes*) vector of the PMWaV virus that causes pineapple wilt is the most destructive and most prevalent disease of pineapple cultivars worldwide. In Mexico, it affects up to 20% of the yield. The objectives of this research were to identify the species of mealybug and determine its population fluctuation, evaluating the pathogenicity and virulence of entomopathogenic fungi, alone and combined with vegetable oils. In the first study, the seasonal distribution and percentage of infestation were determined, from January to June 2021, in two pineapple producing localities of MD2 and cabezona varieties in Huimanguillo, Tabasco. The species present was *D. brevipes* and the highest abundance of mealy lice was found on the big-headed variety. In the second study, the pathogenicity and virulence of isolates BbCT, BbCa of *Beauveria bassiana*, Ma01 of *Metarhizium anisopliae* were evaluated, taking as a variable the mortality of adult females of *D. brevipes*. The BbCa isolate at a concentration of 1×10^7 conidia mL⁻¹ was effective causing mortality of $60 \pm 6\%$, 8 days post inoculation at 26 ± 1 °C. Likewise, under controlled conditions, BbCa presented the highest virulence, where the LC50 had a value of 3.40×10^7 conidia mL⁻¹ and an LC95 of 2.29×10^8 conidia mL⁻¹. However, the efficacy of BbCa, when combined with neem oil, increased to 98 and 100% mortality at 6 and 8 days post inoculation, respectively. While, under greenhouse conditions, BbCa plus neem oil achieved 100 % control of *D. brevipes*.

Keywords: entomopathogens, *Dysmicoccus*, stational distribution

DEDICATORIAS

A Dios, por darme inteligencia, sabiduría, entendimiento y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de mi carrera profesional y de este presente estudio.

A Mis padres María Panti y Alejandro Torres, por darme la vida, quererme mucho, creer en mí, apoyarme incondicionalmente y darme una carrera para mi futuro, todo esto se los debo a ustedes.

A Todos mis familiares, que me acompañaron en el trayecto de esta investigación y que siempre creyeron en mí.

Para CEM por su amistad pura y sincera y por su apoyo moral y académico, continuo y desinteresado.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo agradezco a Dios por ser mi guía y acompañarme en el transcurso de mi vida, brindándome paciencia y sabiduría para culminar con éxito mis metas propuestas.

A mis padres por ser mi pilar fundamental, por enseñarme valores y haberme apoyado moral e incondicionalmente en el desarrollo de este trabajo, por estar conmigo siempre y esforzarse para brindarme lo mejor y por hacerme una persona de bien.

Al Dr. Rubén García De la Cruz, Dr. Héctor González Hernández, Dr. Pedro Antonio Moscoso Ramirez, Dr. Saúl Sánchez Soto y M.C. Francisco Izquierdo Reyes quienes con su experiencia, conocimiento y motivación me orientaron en el desarrollo de la presente investigación, por sus consejos, enseñanzas y apoyo.

Así mismo agradezco al Colegio de Postgraduados Campus Tabasco por haberme dado la oportunidad de ser aceptada dentro del programa de maestría en Producción Agroalimentaria en el Trópico (PROPAT).

También doy gracias a CONACYT por haberme otorgado la beca de tiempo completo.

Finalmente les doy las gracias al Ing. Víctor Vázquez Pichardo y su personal por apoyarme con todo lo que estuvo a su alcance para llevar a cabo el proyecto.

CONTENIDO

RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
DEDICATORIAS	v
AGRADECIMIENTOS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE CUADROS	xv
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
1.1. Objetivo general.....	3
1.2. Objetivos específicos	3
1.3. Hipótesis.....	4
1.4. Referencias	4
CAPITULO II. REVISIÓN DE LITERATURA	7
2.1. Generalidades e importancia de la piña (<i>Ananas comosus</i> [L.] Merr.)	7
2.1.1. El cultivo de piña en México.....	7
2.1.2. Problemas fitosanitarios de la piña	8
2.1.2.1. Enfermedades	8
2.1.2.2. Arvenses	9
2.1.2.3. Plagas	10
2.2. Piojo harinoso <i>Dysmicoccus</i> sp. (Hemiptera: Pseudococcidae) de la piña.....	11
2.2.1. Estatus fitosanitario de <i>Dysmicoccus</i> sp. en México	11
2.2.2. Importancia económica de <i>Dysmicoccus brevipes</i>	12
2.2.3. Distribución mundial.....	12

2.2.4. Hospederos.....	13
2.2.5. Clasificación taxonómica e identificación de especies.....	14
2.2.6. Descripción morfológica.....	15
2.2.7. Ciclo biológico.....	17
2.2.8. Ecología y dinámica poblacional.....	18
2.3. Estrategias de manejo de la plaga.....	19
2.3.1. Control químico.....	19
2.3.2. Control cultural.....	20
2.3.3. Control biológico.....	20
2.4. Hongos entomopatógenos y formulaciones empleadas en control microbial.....	22
2.4.1. <i>Beauveria bassiana</i> (Balsmo) Vuillemin (Hypocreales: Cordycipitaceae).....	23
2.4.2. <i>Metarhizium anisopliae</i> (Metschnikoff) Sorokin (Hypocreales: Clavicipitaceae).....	25
2.4.3. <i>Paecilomyces fumosoroseus</i> : <i>Isaria fumosorosea</i> Wize (Hypocreales: Cordycipitaceae).....	26
2.5.1. Aceite de neem.....	28
2.5.2. Aceite de soya.....	29
2.6. Referencias.....	30
CAPITULO III.- Fluctuación poblacional del piojo harinoso (<i>Dysmicoccus</i>) de la piña (<i>Ananas comosus</i> [L.] Merr.), en dos variedades en Huimanguillo Tabasco, México.....	42
3.1. Introducción.....	43
3.2. Materiales y Métodos.....	44
3.2.1. Área de estudio.....	44
3.2.2.- Procesamiento de muestras e identificación del	

piojo harinoso de la piña	46
3.2.3. Distribución estacional de <i>D. brevipes</i> en dos variedades de piña de dos localidades de Huimanguillo Tabasco, México	48
3.3. Análisis de datos.....	49
3.4. Resultados.....	50
3.4.1. Identificación del piojo harinoso	50
3.4.2. Distribución estacional de <i>D. brevipes</i>	50
3.5. Discusión	55
3.6. Conclusiones	57
3.7. Agradecimientos	58
3.8. Referencias	58
CAPÍTULO IV. Patogenicidad, virulencia y bioeficiencia de hongos entomopatógenos solos y combinados con aceites vegetales sobre <i>Dysmicoccus brevipes</i> (Cockerell).....	60
4.1. Introducción	62
4.2. Materiales y Métodos.....	64
4.2.1. Colecta y obtención de colonias de <i>D. brevipes</i>	64
4.2.2. Cultivo de los aislamientos de hongos entomopatógenos	65
4.2.3. Obtención de conidios.....	66
4.2.4. Evaluación de patogenicidad y virulencia de <i>B. bassiana</i> y <i>M. anisopliae</i> sobre <i>D. brevipes</i>	67
4.2.5. Bioeficiencia de <i>B. basisiana</i> y <i>P. fumosoroceus</i> solos y en combinación con aceites vegetales, sobre <i>D. brevipes</i>	69
4.2.6. Eficacia de los hongos <i>B. bassiana</i> y <i>P. fumosoroceus</i> y aceite de neem en planta de piña en invernadero	69
4.3. Análisis estadístico	70

4.4. Resultados.....	71
4.4.1. Patogenicidad y virulencia de <i>B. bassiana</i> y <i>M. anisopliae</i> sobre <i>D. brevipennis</i>	71
4.4.2. Determinación de la virulencia	78
4.4.3. Determinación de la bioeficiencia de los hongos entomopatógenos y aceites vegetales.....	81
4.4.4. Eficacia de los hongos entomopatógenos y aceite de neem en planta de piña en invernadero.....	83
4.5. Discusión	85
4.6. Conclusiones	90
4.7. Agradecimientos	91
4.8. Referencias	91
VI.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	97

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Caracteres morfológicos para identificar <i>Dysmicoccus brevipes</i> Tomado de Palma y Blanco (2017).....	16
Figura 2. Ciclo de vida de <i>Dysmicoccus brevipes</i> hembra (SAGARPA, 2015).....	18
Figura 3. Proceso general de micosis de entomopatógenos sobre artrópodos.Tomado de Wang C, Lu Dingding, Li Lin. Studyon pathogenecity and degradation mechanism of entomogenous fungi Chinese Society of Fungal Sciencies Academic Symposium (2008) . .	22
Figura 4. Relación hongo entomopatógeno – insecto hospedero. Tomado de Gómez <i>et al.</i> , (2014)	23
Figura 5. Proceso de infección de <i>B. bassiana</i> sobre insectos. Las flechas indican la direccion del crecimiento del hongo (adaptado por Humber 2008; Ortiz Urquiza and Keyhani 2013; Valero Jiménez <i>et al.</i> , 2014).....	24
Figura 6. Infección general de <i>M. anisopliae</i> sobre larva de lepidópteros. Tomado de Gonzalez-Hernandez <i>et al.</i> , (2020).....	26
Figura 7. Esquema de mecanismo de acción de aceites esenciales sobre artrópodos. Modificado po Omara Pérez Panti (2022).....	27
Figura 8. Localización del Rancho el Milagro con plantación comercial de piña variedad MD2. Ejido Encomendero, Huimanguillo, Tabasco, México. Enero 2021.....	45
Figura 9. Mapa de locación en el área de muestreo en piña var cabezona. Ejido La Esperanza, Huimanguillo Tabasco. Enero 2021.	46
Figura 10. Partes de las plantas muestreadas A) raíces, B) hojas basales del tallo y C) frutos.....	49
Figura 11. Hembras adultas de <i>Dysmicoccus brevipes</i> (foto por Jorge M. Valdez Carrasco , 2021).....	50
Figura 12. Presencia y error estándar de <i>D. brevipes</i> en las hojas basales del tallo de la piña, en dos localidades/variedades producidas en Huimanguillo Tabasco, México.	51
Figura 13. Presencia y error estándar de <i>D. brevipes</i> en raíz de la piña, en dos localidades/variedades producidas en Huimanguillo Tabasco, México.	52
Figura 14. Presencia y error estándar de <i>D. brevipes</i> en frutos de piña en dos localidades/variedades producidas en Huimanguillo Tabasco, México	

.....	53
Figura 15. Presencia,distribución general y error estándar de <i>D. brevipipes</i> en plantas de piña durante los meses de enero a junio de 2021, en dos localidades/variedades de Huimanguillo Tabasco, México.	54
Figura 16. Fluctuación de la temperatura y precipitación de enero a diciembre de 2021 en la zona piñera de Huimanguillo, Tabasco.....	54
Figura 17. Obtención de colonias de <i>D. brevipipes</i> en piña variedades MD2 y cabezona; así como en calabaza butternut.	65
Figura 18. Cultivo de hongos entomopatógenos en medio Agar dextrosa Sabouraud (ADS) y cuantificación de conidios en cámara Newbauer.	66
Figura 19. Patogenicidad y virulencia de los hongos entomopatógenos sobre <i>D. brevipipes</i>	68
Figura 20. Mortalidad (%) general y error estándar sobre hembras adultas de <i>D. brevipipes</i> por aislamiento a una concentración de 1×10^6 conidios mL^{-1} durante los 8 días a 26 ± 1 °C. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $p \leq 0.05$).	72
Figura 21. Mortalidad (%) y error estándar de hembras adultas de <i>D. brevipipes</i> por aislamiento a una concentración de 1×10^6 conidios mL^{-1} a los 8 días post inoculación a 26 ± 1 °C. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $p \leq 0.05$).	72
Figura 22. Mortalidad (%) general y error estándar sobre hembras adultas de <i>D. brevipipes</i> por aislamiento a una concentración de 1×10^7 conidios mL^{-1} durante los 8 días a 26 ± 1 °C. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $p \leq 0.05$).	73
Figura 23. Mortalidad (%) de hembras adultas de <i>D. brevipipes</i> por aislamiento a una concentración de 1×10^7 conidios mL^{-1} a los 8 días post inoculación a 26 ± 1 °C. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $p \leq 0.05$).	74
Figura 24. Mortalidad (%) general y error estándar sobre hembras adultas de <i>D. brevipipes</i> por aislamiento a una concentración de 1×10^8 conidios mL^{-1} durante los 8 días a 26 ± 1 °C. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $p \leq 0.05$).	75
Figura 25. Mortalidad (%) de hembras adultas de <i>D. brevipipes</i> por aislamiento a una concentración de 1×10^8 conidios mL^{-1} a los 8 días post inoculación a 26 ± 1 °C. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $p \leq 0.05$).	75

- Figura 26.** Porcentaje de Mortalidad (%) acumulada de hembras adultas de *D. brevipipes* por aislamiento a una concentración de 1×10^6 conidios mL^{-1} a los 8 días post inoculación a 26 ± 1 °C..... 76
- Figura 27.** Mortalidad (%) acumulada de hembras adultas de *D. brevipipes* por aislamiento a una concentración de 1×10^7 conidios mL^{-1} a los 8 días post inoculación a 26 ± 1 °C..... 76
- Figura 28.** Mortalidad (%) acumulada de hembras adultas de *D. brevipipes* por aislamiento a una concentración de 1×10^8 conidios mL^{-1} a los 8 días post inoculación a 26 ± 1 °C..... 77
- Figura 29.** Infección y colonización de *Beauveria bassiana* (BbCa) sobre *Dysmicoccus brevipipes* 8 días después de inoculación. (A) Vista en estereoscopio (B) crecimiento micelial y formación de conidios observados a través de microscopio compuesto (40 X)..... 77
- Figura 30.** Infección y colonización de *Beauveria bassiana* (BbCT) sobre *Dysmicoccus brevipipes* 8 días después de inoculación. (A) Vista en estereoscopio (B) formación de conidios observados a través de microscopio compuesto (40 X)..... 78
- Figura 31.** Infección y colonización de *Metarhizium anisopliae* (Ma01) sobre *Dysmicoccus brevipipes* 8 días después de inoculación. (A) Esporulación sobre el cuerpo del insecto, vista en estereoscopio (B) Proliferación de hifas y conidios dentro de un segmento de pata de *D. brevipipes* observadas a través de microscopio compuesto (10 X). 78
- Figura 32.** Mortalidad (%) probit de hembras adultas de *D. brevipipes* a cuatro concentraciones conidiales (log dose) para *B. bassiana* (BbCa) usando software SAS, 2012..... 79
- Figura 33.** Mortalidad (%) probit de las hembras adultas de *D. brevipipes* a cuatro concentraciones conidiales (log dose) para *B. bassiana* (BbCt) usando el software SAS 2012..... 80
- Figura 34.** Mortalidad (%) probit de las hembras adultas de *D. brevipipes* a cuatro concentraciones conidiales (log dose) para *M. anisopliae* (Ma) usando el software SAS 2012..... 80
- Figura 35.** Mortalidad general (%) de *D. brevipipes* a la concentración de 10^7 conidios mL^{-1} . Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $p \leq 0.05$). 81
- Figura 36.** Efectividad (%) de *B. bassiana* y *P. fumosoroseus* solos o combinados con aceites vegetales sobre *D. brevipipes* a una concentración de 1×10^8 conidios mL^{-1} después de 6 y 8 días de inoculación (ddi) a 26 ± 1 °C. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $p \leq$

0.05)..... 83

Figura 37. Efectividad (%) de *B. bassiana* y *P. fumosoroseus* solos o combinados con aceites de neem sobre *D. brevipennis* a una concentración de hongos de 1×10^7 conidios mL^{-1} a 15 días post inoculación en invernadero a $30 \pm 1^\circ \text{C}$. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $p \leq 0.05$)..... 84

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Presencia de <i>D. brevipēs</i> en las hojas basales del tallo de piña, en las dos localidades/variedades producidas en Huimanguillo Tabasco, México.....	51
Cuadro 2. Infestación de <i>D. brevipēs</i> distribuidas en plantas de piña durante los meses de enero a junio de 2021, en dos localidades/variedades de Huimanguillo Tabasco, México.....	53
Cuadro 3. Referencia de los hongos entomopatógenos utilizados en la evaluación de patogenicidad y virulencia contra <i>D. brevipēs</i>	68
Cuadro 4. Tratamientos evaluados para determinar la bioeficiencia de los hongos entomopatógenos y aceites vegetales.	70
Cuadro 5. Concentraciones letales, intervalo de confianza, y modelo ajustado para los aislamientos <i>B. bassiana</i> y <i>M. anisopliae</i>	79
Cuadro 6. Nivel de significancia del promedio general de mortalidad de <i>D. brevipēs</i> en cada tratamiento evaluado con los hongos entomopatógenos a una concentración de 10^7 conidios mL ⁻¹	82
Cuadro 7. Nivel de significancia del promedio general de mortalidad de <i>D. brevipēs</i> en cada tratamiento evaluado con los hongos entomopatógenos a una concentración de 10^8 conidios mL ⁻¹	82
Cuadro 8. Nivel de significancia del promedio general de mortalidad de <i>D. brevipēs</i> en cada tratamiento evaluado con los hongos entomopatógenos en invernadero a una concentración de 10^7 conidios mL ⁻¹	85

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN GENERAL

Uno de los efectos innegables de la revolución verde es la dependencia del uso de plaguicidas y fertilizantes químicos, lo cual ha causado un efecto deletéreo e irreversible en los agroecosistemas, el ambiente y en la salud humana. Estrategias como la utilización de bioplaguicidas y extractos vegetales, son una alternativa emergente y viable para incrementar la seguridad ambiental y la sostenibilidad de los agroecosistemas (Trampe, y Morales, 2017).

El cultivo de piña (*Ananas comosus* [L.] Merr.) ha sido por años uno de los recursos económicos de exportación en muchos países, en especial el cultivar Gold “Extra Sweet” MD-2, que, por su contenido de sólidos solubles, aroma y color, ha sido preferido y se ha mantenido como el número uno en los mercados mundiales (Romelio *et al.*, 2016). También la piña es considerada una fruta rica en vitaminas, minerales, fibra dietética y otros compuestos importantes (Ibarra *et al.*, 2021).

México se encuentra ubicado como el noveno productor mundial de piña con una producción de 1, 209,000 toneladas en el 2020, superficie sembrada que representa el 1.9 % del área mundial destinada a la plantación (SADER, 2021). Las principales exportaciones de piña de México se realizan a Estados Unidos, con un valor de alrededor de \$ 30, 602,000 USD. Otros mercados de la piña de México son Corea del Sur, Rusia, Canadá, Francia, Japón, Italia, Panamá, España, Emiratos Árabes Unidos y Países Bajos (SADER, 2021).

Desafortunadamente, el cultivo de piña al ser cultivada de forma intensiva se le aplica muchos productos químicos para llevar a cabo un control en el manejo de los problemas fitosanitarios. Este cultivo es afectado por varias plagas de importancia económica, y algunas suelen afectar hasta el 30 % de la cosecha, sin embargo, esto puede elevarse hasta el 50 %, si no se realiza a tiempo un manejo integrado de plagas (Miranda y Blanco, 2013). Dentro de las plagas que atacan a este cultivo se encuentran: nemátodos, gallina ciega, hormigas, ácaro blanco del fruto, trips, grillo de campo, picudo negro o mexicano de las bromelias y los piojos harinosos. Entre estos *Dysmicoccus brevipes* (Cockerell) y *D. neobrevipes* Beardsley (Torres *et al.*, 2018).

Dysmicoccus brevipes Cockerell (Hemiptera: Pseudococcidae), conocido como piojo harinoso rosado de la piña, es una de las especies de pseudococcidos más difundidas en la región Neotropical, teniendo un rango de hospedantes de cerca de 50 familias de plantas, entre las cuales se encuentran diversas gramíneas y leguminosas cultivadas (Mirabal *et al.*, 2015).

Dentro de las enfermedades que atacan al cultivo de la piña causadas por fitopatógenos se encuentran, pudrición del corazón del frutillo (FCR) u “ojo de gringa” (*Penicillium funiculosum* Thom y *Fusarium moniliforme* Sheld), frutillos “cuerudos” (LP) (*Penicillium funiculosum* Thom), pudrición de fruto (*Fusarium subglutinans*, *Fusarium verticilloides* y *Fusarium oxysporum*), pudrición del “fruto verde” (*Phytophthora cinnamomi* Rands), pudrición o colapso bacterial del fruto (*Erwinia chrysanthemi* Burkh), pudrición del fruto por levadura (*Saccharomyces* spp.), pudrición del cogollo y raíces ocasionadas por pseudohongos (*Phytophthora* y *Pythium*) (Chaves, 2018., Torres *et al.*, 2018). Sin embargo, la marchitez roja de la piña (Pineapple Mealybug Wilt-Associated) asociada a los virus PMWaV1, PMWaV-2 y PMWaV-3, cuyo vector suele ser *D. brevipes* es una de las enfermedades más destructivas y con más presencia en los cultivares de piña por todo el mundo afectando más del 20 % del rendimiento de piña en México (Ochoa *et al.*, 2016).

Entre las estrategias de manejo para reducir la población del vector se encuentran la adecuada preparación del terreno, aunque ya no muy recomendada la quema post cosecha que sirve para desinfestar la plantación y la aplicación de diferentes clases de insecticidas químicos, elaborados con compuestos de alta toxicidad (Moreno, 2017).

Actualmente, el control biológico para el manejo de plagas es de suma importancia desde el punto de vista ambiental, ya que consiste en la utilización de organismos vivos para reducir y mantener la abundancia poblacional de una plaga por debajo de los niveles de daño económico (Duarte, 2018).

Existen varios enemigos naturales de *D. brevipes* que han sido reportados en la literatura, entre ellos parásitos y depredadores como: *Aenasius brasiliensis*, *Anagyrus ananatis*, *Anagyrus coccidivorus*, *Anagyrus pseudococci*, *Anagyrus* nr. *kivuensis*,

Arhopoideus peregrinus, *Blepyrus propinquus*, *Blepyrus schwarzi*, *Hambletonia pseudococcinna*, *Cleothera bromelicola*, *Coccodiplosis formosana*, *Cryptolaemus montrouzieri*, *Diadiplosis abacaxii*, *Diadiplosis koebelei*, *Dicrodiplosis guatemalensis* (CABI, 2015). Según García *et al.* (2009) *Anagyrus kamali* es uno de los depredadores de la cochinilla rosada.

Por otra parte, también existen géneros de hongos entomopatógenos como *Metarhizium* sp., *Beauveria* sp., *Aschersonia* sp., *Entomophthora* sp, *Zoopthora* sp, *Erynia* sp, *Eryniopsis* sp, *Akanthomyces* sp, *Fusarium* sp, *Hirsutella* sp, *Hymenostilbe* sp, *Paecilomyces* sp. y *Verticillium* sp., los cuales han sido evaluados en numerosas ocasiones para regular diversas plagas insectiles en cultivos de importancia económica a nivel mundial (González *et al.*, 2012).

Estos hongos benéficos, aunados con los parasitoides y depredadores, se integran como agentes potenciales para el manejo ecológico y eficiente en el control de plagas para el cultivo de piña.

1.1. Objetivo general

- Identificar al piojo harinoso (*Dysmicoccus*) presente en el cultivo de piña (*Ananas comosus* [L.] Merr.) en Huimanguillo Tabasco, México, determinar la fluctuación poblacional y evaluar la patogenicidad y virulencia de tres hongos entomopatógenos solos y combinados con aceites vegetales.

1.2. Objetivos específicos

- Identificar la o las especies de piojo harinoso presentes en dos zonas productoras de piña de Huimanguillo, Tabasco, México.
- Determinar la fluctuación poblacional del piojo harinoso de las variedades de piña MD2 y cabezona, durante el desarrollo temprano, en dos zonas productoras de Huimanguillo Tabasco, México.

- Evaluar la patogenicidad de los hongos *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* y *Paecilomyces fumosoroseus*, solos y en combinación con aceite de neem y aceite de soya, sobre el piojo harinoso en el cultivo de piña en condiciones de laboratorio e invernadero.
- Determinar la virulencia de los hongos entomopatógenos a través de concentración letal media (CL₅₀) y concentración letal 95 (CL₉₅).

1.3. Hipótesis

Dysmicoccus brevipes es la especie presente en las dos zonas productoras de piña de Huimanguillo, Tabasco, México.

Hay una relación entre la distribución estacional y porcentaje de infestación de piojos por planta.

Existe un mayor efecto patogénico y virulento de alguno de los hongos entomopatógenos combinados con aceites vegetales como coadyuvantes, con mayor efectividad en el control del piojo harinoso de la piña.

1.4. Referencias

- CABI, (2015). Centre for Agricultural and Bioscience International. *Dysmicoccus brevipes* (pineapple mealybug). Recuperado el 15 de Noviembre de 2021: <https://www.cabi.org> > isc > datasheet.
- Chaves, F. L. (2018). Manejo Fitosanitario en el Cultivo de la Piña. Serie Frutales, Número. 52. Artículos Técnicos de INTAGRI. Mexico. 3 p. Recuperado el 20 de Diciembre: <https://www.intagri.com/articulos/frutales/>.
- Duarte Cueva F. (2018). El control biológico como mecanismo de RSE en la agroexportación peruana: El caso del espárrago. Memorias del Congreso Internacional de Contaduría, Administración e Informática. Ciudad Universitaria, Ciudad de México. Pág. 4.
- García-Valente, Félix, Ortega-Arenas, Laura D., González-Hernández, Héctor, Villanueva-Jiménez, Juan A., López-Collado, José, González-Hernández,

- Alejandro, & Arredondo-Bernal, Hugo C. (2009). Parasitismo natural e inducido de *Anagyrus kamali* sobre la cochinilla rosada en brotes de teca, en Bahía de Banderas, Nayarit. *Agrociencia*, 43(7), 729-738.
- González-Castillo, M., Aguilar, C. N., & Rodríguez-Herrera, R. (2012). Control de insectos-plaga en la agricultura utilizando hongos entomopatógenos: retos y perspectivas. *Revista científica de la Universidad Autónoma de Coahuila*, 4(8), 42-55.
- Ibarra, E. O., Ramírez, G. H., & Ibarra, I. H. O. (2021). Composición nutricional y compuestos fitoquímicos de la piña (*Ananas comosus*) y su potencial emergente para el desarrollo de alimentos funcionales. *Boletín de Ciencias Agropecuarias del ICAP*. 7(14), 24-28.
- Miranda-Vindas A.; Blanco Metzler H. (2013). Control de *Dysmicoccus brevipes* (Hemiptera: Pseudococcidae) en el fruto de piña, San Carlos, Costa Rica. *Agronomía Costarricense*. 37 (1): 103-111.
- Mirabal-Rodríguez R.; García-González M. T.; Castellanos-González L.; Fernández-Cancio Y.; Pérez-Reyes N. (2015). Nuevos pseudocócidos (Hemiptera: Pseudococcidae) y sus hospedantes para la provincia de Sancti Spíritus, Cuba. *Revista Colombiana de Entomología*. 44 (2): 193-196.
- Moreno-Cañas G. R. (2017). Bioinsecticida: alternativa para eliminación de piojo blanco en cultivos de piña. *Revista Universitaria Científica*. 20 (2): 20-25.
- Ochoa-Martínez, D. L., Uriza-Ávila, D. E., Rojas-Martínez, R. I., & Rodríguez-Martínez, D. (2016). Detección de Pineapple mealybug wilt-associated virus 1 y 3 en México. *Revista mexicana de fitopatología*. 34 (2), 131-141.
- Romelio R.; Becquer R.; Pino Y.; López D.; Rodríguez R. C.; Lorente G. G. Y.; Izquierdo R. E.; Gonzales J. L. (2016). Producción de frutos de piña (*Ananas comosus* (L). Merr.) MD-2 a partir de vitro plantas. *Cultivos tropicales*. 37: 40-48.
- SADER. (2021). Crece 16.2% producción de piña en México durante 2020.

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). Recuperado el 08 Agosto de 2021: <https://www.gob.mx/agricultura/>.

Torres-Ávila, A., Aguilar Ávila, J., Santoyo Cortés, V. H., Uriza Ávila, D. E., Zetina Lezama, R., & Rebolledo Martínez, A. (2018). La piña mexicana frente al reto de la innovación. *Avances y retos en la gestión de la innovación*. 1 (1), 235-152.

CAPITULO II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Generalidades e importancia de la piña (*Ananas comosus* [L.] Merr.)

El cultivo de la piña cobra cada vez mayor importancia a nivel mundial y nacional, siendo una de las frutas tropicales más apetecidas por su excelente sabor, sus propiedades culinarias y medicinales (SIAP, 2022). La piña es rica en vitaminas, minerales, fibra dietética y otros compuestos importantes. El grupo de compuestos bioactivos consiste en compuestos fenólicos, que incluyen antocianinas, ácidos fenólicos, estilbenos, taninos y carotenoides, entre otros como la bromelina reconocida como el ingrediente bioactivo más valioso y estudiado de la fruta, estos compuestos pueden ser considerados como nutraceuticos debido al efecto preventivo contra el estrés oxidativo, las enfermedades cardiovasculares y el cáncer (Ibarra *et al.*, 2021).

La piña ha sido por años, uno de los recursos económicos de exportación en muchos países, en especial el cultivar MD-2, que, por su contenido de sólidos solubles, aroma y color, ha sido preferido y se ha mantenido como el número uno en los mercados mundiales (Rodríguez *et al.*, 2016).

2.1.1. El cultivo de piña en México

México se encuentra ubicado como el noveno productor mundial de este fruto tropical, que en el año 2020 generó 1, 209,000 toneladas del fruto (SADER, 2021). La superficie sembrada en México, representa el 1.9 % del área mundial destinada a la plantación. Las principales exportaciones de piña se dirigen a Estados Unidos, con un valor de alrededor de \$30, 602,000 de USD. Otros mercados que compran el fruto mexicano son Corea del Sur, Rusia, Canadá, Francia, Japón, Italia, Panamá, España, Emiratos Árabes Unidos y Países Bajos (SADER, 2021).

En México, la piña se cultiva principalmente en cinco estados de la República, donde Veracruz ocupa el primer sitio, seguido de Oaxaca, Tabasco, Quintana Roo y Jalisco. En el año 2019, el 80% de la producción de piña en México se produjo en 14 estados de la zona del Bajo Papaloapan, que comprende siete municipios del estado de Veracruz: Isla, Juan Rodríguez Clara, José Azuela, Chacaltianguis, Medellín, Alvarado

y Tlaxicoyan; así como dos municipios del estado de Oaxaca: Loma Bonita y Tuxtepec. Tanto la superficie sembrada, como la producción de piña, ha aumentado, al pasar de 13,938 ha y 376,150 ton en 1980, a 44,183 ha y 1,041,161 ton en 2019, que representa una tasa media de crecimiento anual del 3 y 2.6%, respectivamente (Vélez *et al.*, 2020). Según Torres *et al.*, (2018), la región de La Chontalpa, Tabasco, se encuentra ubicada segunda en importancia nacional en la producción de piña.

2.1.2 Problemas fitosanitarios de la piña

2.1.2.1. Enfermedades

Los fitopatógenos que son causantes de las enfermedades en las plantaciones de piña, son: pudrición del cogollo (*Phytophthora nicotianae* Breda de Haan var. *parasitica* Dast. Waterh), pudrición negra del tallo (*Thielaviopsis paradoxa* o *Ceratocystis paradoxa* (De Seynes) Höhn), pudrición bacteriana del cogollo (*Erwinia chrysanthemi* Burk), pudrición del cogollo y raíz (*Phytophthora cinnamomi* Rands), pudrición de raíz o muerte descendente (*Fusarium oxysporum*) y pudrición de raíz (*Pythium arrhenomanes* Drechs) (Torres *et al.*, 2018). Además, del marchitez roja de la piña provocada por el complejo de los virus PMWaV1, PMWaV-2 y PMWaV-3, cuyo vector es el piojo harinoso, *D. brevipes* (Ochoa *et al.*, 2016),

En el fruto de piña se reportan: *Erwinia ananas* pv. *ananas* Serrano, pudrición suave del fruto (*Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* (Jones) Bergey *et al.*), fruto rosado (*Acetobacter* spp., *A. peroxydans* Visser't Hooft, *Erwinia herbicola* var. *ananas* (Serrano) Dye.) y mancha café del fruto (desorden fisiológico), pudrición blanda o ámpula acuosa del fruto (*Thielaviopsis paradoxa* o *Ceratocystis paradoxa* (De Seynes) Höhn), (Torres *et al.*, 2018). Otras enfermedades de la piña son: Pudrición del corazón del frutillo (FCR) u “ojo de gringa” (*Penicillium funiculosum* Thom y *Fusarium moniliforme* Sheld), frutillos “cuerudos” (LP) (*Penicillium funiculosum* Thom), interfrutillos corchosos (*Penicillium funiculosum* Thom), pudrición de fruto (*Fusarium subglutinans*, *Fusarium verticilloides* y *Fusarium oxysporum*), pudrición del “fruto verde” (*Phytophthora cinnamomi* Rands), pudrición o colapso bacteriano del fruto (*Erwinia chrysanthemi* Burk), pudrición del fruto por levaduras (*Saccharomyces* spp.), fruto

jaspeado (*Erwinia herbicola* var. *ananas* (Serrano) Dye y *Acetobacter peroxydans* Visser't Hopft) (Chaves, 2018).

Otro de los problemas fitosanitarios de la piña son los nematodos como *Pratylenchus* sp., *Meloidogyne* spp., *Helicotylenchus* sp., *Tylenchorhynchus* sp., *Criconemoides* sp. y *Rotylenchulus reniformis*. También se han reportado los géneros *Tylenchorhynchus*, *Aphelenchus*, *Radopholus*, *Tylenchus*, *Psilenchus* y *Hoplolaimus*.

A los productores y personal encargados de la fitosanidad de las plantaciones de piña, se recomienda el uso del acolchado plástico total y la malla-sombra, con el objetivo de mantener un control en el crecimiento de malezas, degradación del suelo, protección del fruto por sol y viento mejorando las condiciones de humedad y temperatura del cultivo, de igual forma evitando la diseminación de nemátodos, hongos y bacterias dentro y entre las plantaciones.

Dentro de los productos químicos para el control de enfermedades en plantaciones de piña se encuentran nematicidas-insecticidas químicos como Etoprofos (10 y 15 % Granulado) y Fenamifos (10 % GR, 40 % EC y 24 % CS), cuyo uso solo es permitido en nuestro país, mientras que los fungicidas usados son el Triadimefon, Metalaxil, Triflumizole, Fosetyl- Al y Propiconazol (Rodríguez *et al.*, 2012).

2.1.2.2. Arvenses

En México, entre los principales arvenses que compiten con el cultivo de piña por luz, agua, nutrientes y que a su vez, algunos suelen ser hospederos de plagas, son el zacate guatemala o caracolillo (*Eragrostis ciliaris*), coquillo (*Cyperus esculentus* L.), bejuco de tuza (*Ipomoea* spp.), zacate peludo (*Rottboellia cochinchinensis*), zacate bermuda o pelo de conejo (*Cynodon dactylon*), zacate grama (*Digitaria sanguinalis*), zacate johnson (*Sorghum halepense*), zacate privilegio (*Panicum maximum* Jacq.), zacate de agua (*Echinochloa crus-galli*), hierba peluda (*Ageratum tomentosum*), quelites (*Amaranthus* spp), pata de gallo (*Panicum fasciculatum*), zacate pelo de conejo (*Digitaria ciliaris* (Retz) Coehler.), dormilona o vergonzosa (*Mimosa albida* (H.B.), arrocillo (*Echinochloa colonum*) y una maleza sin nombre común (*Crusea longiflora*) (Torres *et al.*, 2018).

Respecto al método de control de arvenses se recomienda realizar una adecuada preparación de terreno y limpieza a las maquinarias, con el fin de evitar el movimiento de semillas. Uso de cobertura plástica, control adecuado de los arvenses antes de que florezcan, con la intención de evitar aumentar el banco de semillas de la parcela. También se ha documentado el uso de coberturas vivas con especies de leguminosas como *Mucuna pruriens*, *Vigna unguiculata*, *Stylosanthes guanensis*, *Crotalaria juncea* en sistema de rotación y asociación de cultivo en piña es recomendable en los meses previos a la siembra y en los primeros meses de establecido el cultivo de piña (García De la Cruz y García López, 2021). También es recomendable mantener un manejo proactivo y racional con el uso de combinado de rotaciones con leguminosas y herbicidas de bajo impacto a bajas dosis (García De la Cruz y García López, 2021).

2.1.2.3. Plagas

Torres *et al.*, (2018), señalan que en hojas, tallo y vástagos de la piña se pueden encontrar las plagas siguientes: las hormigas *Solenopsis geminata* Fabricius y *Pheidole megacephala* Fabricius, ácaro rojo *Dolichotetranychus floridanus* Banks, ácaro blanco del fruto *Steneotarsonemus ananas* (Tryon), escama *Diapsis bromelia* (Kerner), trips *Thrips tabaci* (Linderman) y piojos harinosos *D. brevipes* y *D. neobrevipes*, el barrenador del fruto (*Thecla basilides* Geyer), grillo de campo (*Acheta assimilis* (F.), elaphria (*Elaphria nucicolora* Gueneé), rata café o de campo (*Sigmodon hispidus* Say and Ord), picudo negro o mexicano de las bromelias (*Metamasius callizona* Chevrolat), tejedor (posiblemente *Oligotoma humbertiana*, *O. nigra* y *O. saundersii*), caracol, babosa o siete cueros (especie no identificada), urraca parda o pepe (*Cyanocorax morio* Wagler), mayatillo o escarabajo del fruto podrido (*Carpophilus hemipterus* L.), langosta (*Schistocerca piceifrons* Walker), escama (*Diapsis bromelia* Kerner).

El 30 % de la cosecha de piña, suelen ser afectadas por las plagas, sin embargo, esto puede elevarse hasta el 50 %, si no se lleva a cabo a tiempo el manejo integrado de plagas (Miranda y Blanco, 2013).

El manejo convencional de plagas, incluyendo al piojo harinoso, está basado en el uso de insecticidas, los cuales pueden contribuir a la contaminación de mantos freáticos y

de ecosistemas terrestres vecinos, con graves consecuencias en su flora y fauna y daños a la salud humana. Por esta razón, en los últimos años se han desarrollado sistemas de producción de piña orgánica amigables con el ambiente (Gratereaux, 2009).

2.2. Piojo harinoso *Dysmicoccus* sp. (Hemiptera: Pseudococcidae) de la piña

El Piojo harinoso rosado de la piña (PHRP) *Dysmicoccus brevipes* (Cockerell) y el piojo harinoso gris de la piña (PHGP) *Dysmicoccus neobrevipes* Beardsley, (Hemiptera: Pseudococcidae), son las especies asociadas al cultivo de la piña a nivel mundial (Carter 1942; Collins 1960; German *et al.*, 1992; Beardsley 1992). Estos piojos harinosos son considerados de importancia económica no solo en piña, sino en otros cultivos de importancia económica. Estas especies son vectores del virus marchitez roja de la piña (VMRP), la enfermedad más destructiva del cultivo de piña (Rohrbach *et al.*, 1988; Hughes y Samita 1998). Las estrategias para manejar el VMRP se basa principalmente en el control del vector (los piojos harinosos) mediante insecticidas o con enemigos naturales (Pandey *et al.*, 2006; González *et al.*, 1999). González *et al.*, (1999), mencionan que los enemigos naturales proporcionan un control parcial, ya que las hormigas como *Pheidole megacephala* F. (Hymenoptera: Formicidae), tienen un impacto positivo en la sobrevivencia del PHRP, ya que los protegen de sus enemigos naturales (Carter 1932; González *et al.*, 1999; Jahn y Beardsley, 1998). La eliminación de colonias de hormigas contribuye a la supresión de colonias de piojos harinosos (German *et al.*, 1992; González *et al.*, 1999). González *et al.*, (1999) mencionan que el enemigo natural *Anagyrus ananatis* fue el más distribuido y teniendo impacto en *Dysmicoccus* spp., en plantaciones comerciales en Hawaii, USA.

2.2.1. Estatus fitosanitario de *Dysmicoccus* sp. en México

De acuerdo a la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (CIPF, 2018 y CABI, 2018), solo *D. neobrevipes* se encuentra presente en el listado de plagas reglamentadas para México con estatus de plaga cuarentenaria (EPPO, 2019)

2.2.2. Importancia económica de *Dysmicoccus brevipes*

El piojo harinoso (*D. brevipes*) es considerado una de las plagas importantes a nivel comercial, ya que suele ser causante de importantes daños, en todo el ciclo de crecimiento del cultivo de piña, con pérdida de hasta del 100% de la cosecha por rechazo de la fruta (Palma *et al.*, 2019). En México, *D. brevipes* afecta hasta un 20 % en el rendimiento de la piña (Torres *et al.*, 2018).

Los estados de desarrollo de los piojos harinosos, como las ninfas (caminantes), son fácilmente diseminados a nivel nacional o internaciona através del transporte. Después de que las personas visitan un campo infestado, las ninfas son capaces de adherirse a la ropa y también a los vehículos. El transporte de productos vegetales, como: semillas, raíces, hojas, yemas, tallos, esquejes, flores, frutas y plantas enteras, entre países, constituye una fuente muy importante para la diseminación de estos insectos. El tamaño pequeño de los individuos y los hábitos crípticos, hacen que con frecuencia no sean detectados en las inspecciones cuarentenarias vegetales (Portilla y Cardona, 2004).

2.2.3. Distribución mundial

La mayoría de los géneros de piojos harinosos tienen una amplia distribución geográfica. *Dysmicoccus brevipes* tiene una distribución pantropical, con algunos registros de localidades subtropicales, aunque esencialmente se encuentra en todos los lugares donde se cultiva la piña, como varios países de África, Oceanía, América Central y del Sur, Asia y en todas las islas del Pacífico (Mau y Martin, 2007).

Hernández y Martínez (2012), informan por primera vez para Cuba la presencia de *D. brevipes* (Cokerell) en el rizoma de la flor de la mariposa *Hedychium coronarium* Koenig, asociados a las depresiones necrosadas del tejido, en las cuales se localizaron abundantes poblaciones de este insecto en diferentes estados de desarrollo.

En Colombia, se realizó un estudio con el fin de identificar a los piojos harinosos que se encuentran asociadas a las raíces del árbol de café, con lo cual se mostró que el 64% de los árboles de café evaluados presentaban piojos harinosos, entre las que destaca *D. brevipes* (Villegas *et al.*, 2010).

Bertin *et al.* (2013), también reportan a *D. brevipes* como una de las especies más frecuentes y abundantes en los viñedos brasileños, donde causa daños directos e indirectos a las plantaciones de viñedos. También se encuentran poblaciones de estos piojos harinosos en Venezuela, en el municipio de Junín del estado de Táchira, en donde la plaga se encuentra distribuida durante todo el año en las plantaciones de café (Zambrano *et al.*, 2016). Palma y Blanco (2017), registraron la presencia de *D. brevipes* en los bananos en Sarapiquí, Costa Rica.

2.2.4. Hospederos

Granara *et al.* (1997), cita que *D. brevipes* es una de las especies más difundidas en la región Neotropical donde ataca a 50 familias de plantas, entre las cuales se encuentran diversas poaceae y fabáceas cultivadas. *Dysmicoccus brevipes* es particularmente común en la piña (*Ananas comosus*), pero también se registra en otros cultivos tales como cítricos (*Citrus* L.), aguacate (*Persea americana*), café (*Coffea arabica*), algodón (*Gossypium herbaceum*), apio (*Apium graveolens* L.), zanahoria (*Daucus carota*), jengibre (*Zingiber officinale*), calabaza (*Cucurbita pepo*), rambután (*Nephelium lappaceum*), manzana (*Pyrus malus* L.), pimienta negra (*Piper nigrum*), patata (*Solanum tuberosum*), caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), cacao (*Theobroma cacao* L.), entre otras especies de plantas perennes (CABI, 2015).

Mirabal *et al.* (2015), mencionan sobre nuevos pseudocóccidos y sus hospedantes en la provincia de Espiritu santo, Cuba, y reportan la presencia de *D. brevipes* en granada (*Punica granatum* L.), aralia (*Fatsia Japonica*), palma bambú (*Chamaedorea seifrizii*) y rabo de gato (*Sideritis angustifolia*).

Martínez *et al.* (2006), reportó que *D. brevipes* fue encontrado con elevada frecuencia en otros frutales como aguacate (*Persea americana*), anón (*Annona squamosa*), mamoncillo (*Melicocca bijuga*), coco (*Cocos nucifera*), guanábana (*Annona muricata*), guayaba (*Psidium guajava*), mango (*Mangifera indica*), naranjo (*Citrus sinensis*) y plátanos (*Musa* spp.).

2.2.5. Clasificación taxonómica e identificación de especies

Dysmicoccus brevipes tiene la clasificación taxonómica siguiente (CABI, 2015):

Dominio: *Eukaryota*

Reino: *Animalia*

Filo: *Insecta*

Clase: *Insecta*

Orden: *Hemiptera*

Suborden: *Sternorrhyncha*

Superfamilia: *Coccoidea*

Familia: *Pseudococcidae*

Género: *Dysmicoccus*

Especie: *Dysmicoccus brevipes*

(Cockerell)

El Instituto de Protección y Sanidad Agropecuaria de Nicaragua (IPSAN, 2019), en su lista de plagas no cuarentenarias *Dysmicoccus brevipes* (Cockerell, 1893), tiene la siguiente sinonimia:

Dactylopius (Pseudococcud) ananassae Kuwana

Dactylopius brevipes Cockerell (1893)

Dactylopius bromeliae

Dysmicoccus bromeliae Auct.

Dysmicoccus cannae

Dysmicoccus pseudobrevipes (Mamet)

Pseudococcus brevipes (Cockerell) Fernald (1903)

Pseudococcus bromeliae

Pseudococcus cannae Green, (1934)

Pseudococcus longirostralis James, (1936)

Pseudococcus missionum Cockerell, (1910)

Pseudococcus palauensis Kanda, (1933)

Pseudococcus pseudobrevipes Mamet, (1941)

2.2.6. Descripción morfológica

Los individuos perteneciente al género *Dysmicoccus* presentan cuerpo color blanco, cubierto de una capa de cera y mide de 2 a 6 mm, sus huevos son colocados en grupos de 300 en una bolsa algodonosa debajo del cuerpo de la hembra (Monge, 2018).

La descripción e identificación de *D. brevipes realizada* mediante análisis de microscopía óptica y molecular.

Palma y Blanco (2017), basados en la microscopía acular senal que estos insectos presentán las siguientes características:

Cuerpo: de forma oval, llega a medir 2.2 x 2.0 mm) (Fig. 1). Las setas del cuerpo tienen el mismo tamaño.

Conductos tubulares de borde oral: ausentes. Se ejemplifican en la región de la cabeza de la hembra, que es donde estas estructuras se observan en otros géneros con características similares como *Pseudococcus* (Fig. 1B).

Piezas bucales: Se observaron tres estiletes (Fig. 1 C).

Poros translúcidos: focalizados en dos secciones de las metacoxas, fémur y tibia con numerosos poros translúcidos (Fig. 1. D).

Antenas: Con ocho segmentos (Fig. 1 E).

Poros discoidales en el borde del ojo: presenta tres poros en el borde del ojo asociados a un borde esclerótico (Fig. 1 F). Círculo: En área ventral dividido por una línea entre los segmentos III y IV (Fig. 1 G).

Barra del lóbulo anal: ausente (Fig. 1 H).

Ostiolos: se observó la estructura típica de los ostiolos que tiene forma de labio y presenta poros triloculares en su interior (Fig. 1 H).

Cerarios: se cuantificaron 17 pares de cerarios, con un patrón de setas flageladas rodeando las setas cónicas, presencia de una base esclerosada leve en los cerarios de los lóbulos anales, Además, en estos cerarios presentaba dos setas cónicas (Fig. 1 H) y los cerarios del abdomen se observan cuatro setas cónicas con una base circular (Fig. 1).

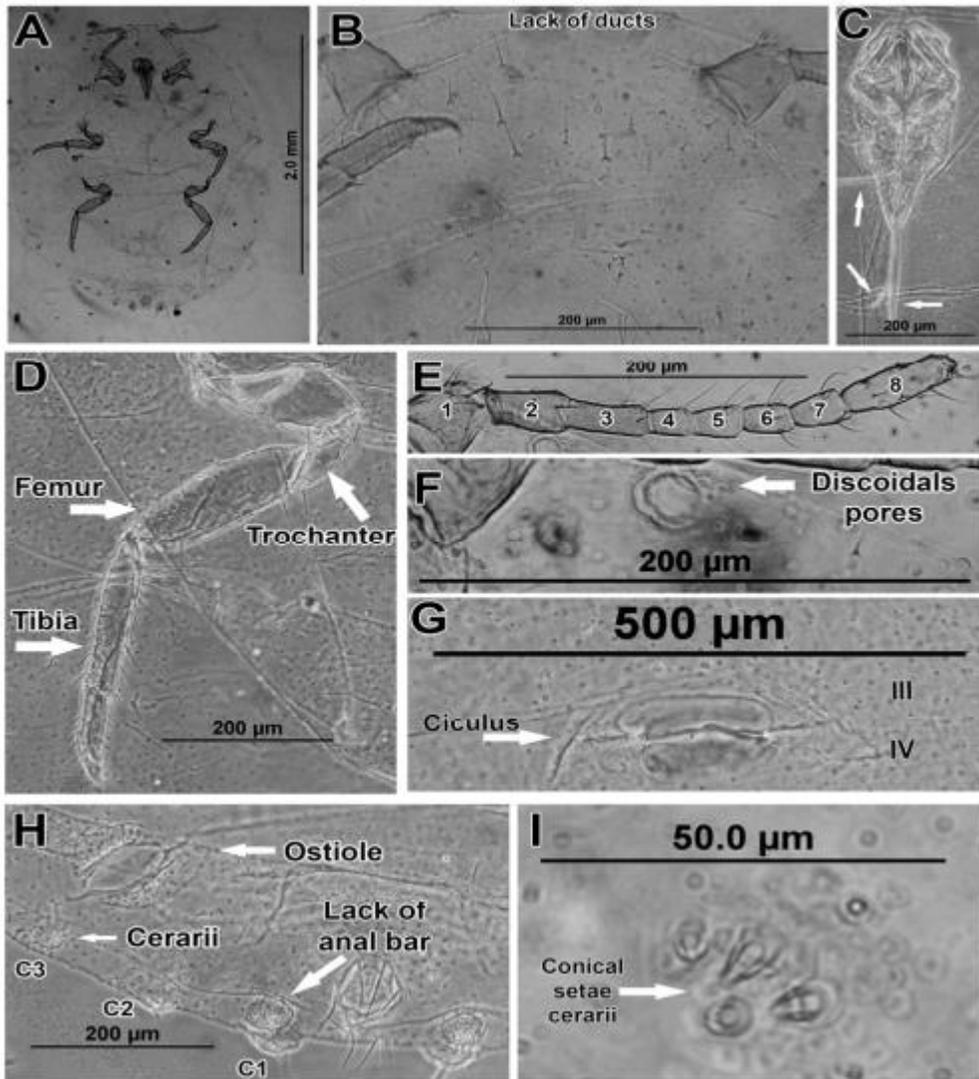


Figura 1. Caracteres morfológicos para identificar *Dysmicoccus brevipes*. Tomado de Palma y Blanco (2017).

2.2.7. Ciclo biológico

De acuerdo con Jiménez (2021), *D. brevipes* tiene una metamorfosis incompleta, pasa por los estados de huevo, ninfa y adulto. Las hembras adultas, como muchos otros insectos, entre ellos áfidos (pulgones), cóccidos y algunos coleópteros, entre otros, suelen reproducirse partenogenéticamente, de forma que en su reproducción no interviene la fecundación del macho, sin embargo, Mau y Martin, (2007), reporta que *D. brevipes* ha presentado machos en Brasil.

Por otra parte, Granara y Claps (2003), mencionan que las hembras tienen tres instares ninfales, la primera etapa dura de 5 a 20 días y suele moverse activamente durante un corto período, siendo dispersados por el viento, con la finalidad de buscar una fuente de alimento, La segunda etapa dura de 4 a 15 días y la tercera etapa dura de 4 a 24 días y suelen alimentarse. Sin embargo, Mau y Kessing (2007), reportaron que el primer instar dura de 10 a 26 días, el segundo dura de 6 a 22 días y el tercero de 7 a 24 días.

Durante la primera etapa ninfal, *D. brevipes* posee un par de filamentos cerosos laterales cilíndricos en la parte posterior a nivel de los lóbulos anales. En la segunda etapa, estos individuos cuentan con 5 a 6 pares de filamentos cortos en la parte posterior del cuerpo y la tercera etapa presenta una forma plana y ceñido en la parte anterior, con 17 pares de filamentos cerosos ubicados en la periferia del cuerpo (Fig. 2) (Granara y Claps, 2003).

Granara y Claps (2003), precisan que los 17 pares de filamentos cerosos laterales, son más largos en la parte posterior, cuyo último par mide la mitad del ancho del cuerpo y un tercio de la longitud del mismo. El cuerpo es oval, ligeramente convexo y cubierto por serosidad pulverulenta blanca, contando con una segmentación diferenciada, antenas y un tono naranja en la parte ventral. Sin embargo, otros autores reportan que el cuerpo (integumento) de *D. brevipes* suelen presentar una coloración de color rosado o rosa-naranja (Kessing, 2007).

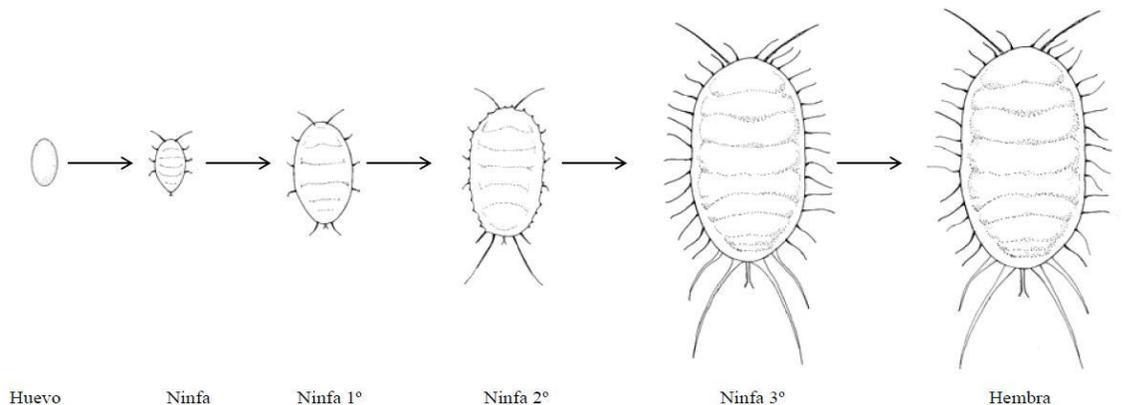


Figura 2. Ciclo de vida de *Dysmicoccus brevipes* hembra (SAGARPA, 2015).

2.2.8. Ecología y dinámica poblacional

Las colonias de *D. brevipes* suelen estar ubicadas con mayor frecuencia en el tallo inferior y raíces, sin embargo, también se encuentran en hojas, frutas, coronas y copas de flores, aunque con menos frecuencia (Mau & Kessing, 2007).

Las hormigas juegan un papel determinante en la densidad poblacional de los piojos harinosos, ya que éstas suelen mantener una simbiosis con éstos, transportándolas a nuevas plantas y protegiéndolos de sus enemigos naturales; además, son las encargadas de mantener la sanidad del sustrato. Entre las especies de hormiga que mantiene simbiosis con el piojo harinoso de la piña se encuentra *Pheidole megacephala* (F.), comúnmente conocida como la hormiga cabezona (Petty & Tustin, 1993). Otras especies de hormigas son *Linepithema humile* (Mayr), *Solenopsis geminata* (F.), *Ochetellus glaber* (Mayr) (Rohrbach *et al.*, 1988).

Pandey y Johnson (2006), evaluaron la crianza de *D. brevipes* en las variedades de calabazas Kabocha y butternut, reportando que la variedad Kobocho fue la más apropiada para la cría de estos insectos. Por otro lado, señalan que en una calabaza de la variedad kobocho, de aproximadamente 600 a 700 g infestada con unos 300 (0,5

g) piojos harinosos adultos se producen casi 1,500 piojos harinoso en un periodo de 7 a 8 semanas a una temperatura de 23 ± 1 ° C.

Bertin, *et al.* (2019), demostraron que el desarrollo y la supervivencia de *D. brevipes* en *Vitis vinífera* L. son influenciados por la temperatura, ya que se vieron favorecidos a 30°C, donde observaron una mayor supervivencia de las ninfas y un menor tiempo de desarrollo, sin embargo, al disminuir la temperatura, el periodo de desarrollo se alarga. Por otra parte, Granara y Claps (2003), mostraron que la temperatura es de suma importancia en el desarrollo del *D. brevipes* y que, a mayor temperatura, el crecimiento ocurre en menos días.

2.3. Estrategias de manejo de la plaga

Algunos métodos de control que se han practicado contra *D. brevipes* van desde la adecuada preparación del terreno para reducir la población de estos insectos, la quema post cosecha que sirve para desinfectar y la aplicación de diferentes clases de insecticidas químicos, como Diazinon® 60 EC (diazinon) y Sevin® 80 WP (carbaril), DIMETOATO 40 AGROFIT® (Dimetoato), SPIROTETRAMATE® (spirotetramate) SIVANTO PRIME® (Flupyradifurone) y GENDARME 20 SG® (dinotefuran) (Cañas, 2017).

2.3.1. Control químico

Los productos químicos son uno de los métodos más fundamentales para el control de plagas en el área de producción y este factor depende de si la producción se realiza de la forma tradicional o de manera orgánica (Martínez *et al.*, 2020).

El uso de insecticidas ha desempeñado un papel importante dentro del control de esta plaga, aunque estos suelen ser muy dañinos para el medio ambiente y la salud humana. Para el caso del control del piojo harinoso rosado de la piña, el diazinón y el malatión eran utilizados con frecuencia. El diazinón y el malatión son insecticidas organofosforados sintéticos. Jahn, (1993), menciona que el control químico del piojo harinoso rosado de la piña no es fácil, ya que éstas suelen ubicarse en las axilas de las hojas, bajo los sépalos de las flores, o dentro de las copas cerradas de las flores,

donde suelen estar protegidas de los insecticidas en aerosol, además, la capa gruesa y cerosa de los piojos harinosos suele dificultar la acción de insecticida de contacto (Beardsley, 1962).

2.3.2. Control cultural

Los bordes de los campos deben mantenerse libres de malezas y escombros que puedan hospedar al piojo harinoso de la piña entre plantaciones. Las malezas también proporcionan fuentes alternativas de alimento que mantienen las poblaciones de hormigas entre períodos en los que las infestaciones del piojo harinoso son bajas. También, los suelos de campos previamente infestados deben rotarse y todos los residuos de cultivos deben eliminarse y quemarse. Lo anterior se debe a que los residuos de cultivos y las raíces que quedan en el campo, pueden albergar poblaciones de piojos harinosos hasta que el nuevo ciclo de cultivo se haya desarrollado lo suficiente como para sustentar una población de esta plaga (Mau y Martin, 2007).

2.3.3. Control biológico

Actualmente el control biológico para el manejo de plagas es de suma importancia desde el punto de vista ambiental, ya que consiste en el uso de organismos vivos para reducir y mantener la abundancia poblacional de una plaga por debajo de los umbrales de daño económico. Su valor recae en que puede resultar en un control eficiente de una plaga, tanto a mediano como a largo plazo, con un bajo riesgo ambiental y una producción sustentable (Duarte, 2018).

Existen varios enemigos naturales de *D. brevipes* entre ellos parásitos y depredadores usados en Hawaii, Filipinas y Puerto Rico, como los siguientes: *Aenasius brasiliensis*, *Anagyrus ananatis*, *A. coccidivorus*, *A. pseudococci*, *Anagyrus sp. nr. Kivuensis*, *Arhopoideus peregrinus*, *Blepyrus propinquus*, *B. schwarzi*, *Hambletonia pseudococcinna*, *Cleothera bromelicola*, *Coccodiplosis formosana*, *Cryptolaemus montrouzieri*, *Diadiplosis abacaxii*, *D. koebele*, *Pseudococos de diadiplosis*, *Dicrodiplosis guatemalensis* (CABI, 2015).

Dos Santos *et al.* (2015), realizaron un estudio en el laboratorio para probar diferentes cepas de nemátodos entomopatógenos contra hembras adultas de *D. brevipes* a

diferentes temperaturas, donde observaron que, a 25 °C, todas las cepas probadas fueron significativamente diferentes del control. Específicamente, *Heterorhabditis indica* LPP22, *H. indica* LPP30, *H. mexicana* y *H. baujardi* LPP35 causaron una mortalidad media superior al 94%. Por otro lado, a temperaturas de 16 y 34 °C, todas las cepas causaron una mortalidad media inferior al 52% en el día 7 después de inoculación. También mencionan que *H. indica* LPP30, tiene un gran potencial para controlar *D. brevipis* con la característica clave de ser nativa de Brasil, ya que durante el estudio fue la cepa que mejor se adaptó a bajas y altas temperaturas, evidenciando su capacidad adaptativa y variabilidad genética.

Por otro lado, también existen los hongos entomopatógenos como *Metarhizium* sp., *Beauveria* sp., *Aschersonia* sp., *Entomophthora* sp., *Zoopthora* sp., *Erynia* sp., *Eryniopsis* sp., *Akanthomyces* sp., *Fusarium* sp., *Hirsutella* sp., *Hymenostilbe* sp., *Paecilomyces* sp. y *Verticillium* sp., los cuales han sido evaluados en numerosas ocasiones para regular diversas plagas insectiles en los sectores agropecuario y forestal de México (Pacheco *et al.*, 2019).

Ugalde (2010), evaluó a nivel de campo la patogenicidad de los tratamientos formados por *B. bassiana* (BJV), *M. anisopliae* (MTP), *Trichoderma* spp., (TRF) y *Bacillus thuringiensis* (BTIMOG1), de forma separada y mezclados sobre poblaciones de *D. brevipis*, en el cultivo de piña MD-2, en donde no se encontró diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) entre los tratamientos, para las variables evaluadas; sin embargo, el tratamiento conformado por *Trichoderma* spp., mostró un comportamiento entomopatógeno, ya que este resultó en un 0% de plantas y fruta infectada por *D. brevipis*, mientras que *B. thuringiensis*, mantuvo bajos niveles poblacionales a lo largo del tiempo. También no se determinaron diferencias estadísticas significativas ($p > 0,05$) en los tratamientos mezclados, observando que estas ofrecen un menor control sobre la población.

Nájera *et al.*, (2005), evaluaron la virulencia de tres aislamientos del hongo entomopatógeno *M. anisopliae* y uno de *B. bassiana*, a una concentración de 2×10^8 conidios/g en larvas del tercer estadio de *Phyllophaga crinita* (Burm.) (Coleoptera:

Melolonthidae), demostrando que el aislamiento M 498 de *M. anisopliae* registró el más alto nivel de virulencia, seguido de M 492, Bb 50 (*B. bassiana*) y M 493 a los 30 días de la inoculación. Todos los aislamientos fueron evaluados a una concentración de 2×10^8 conidios/g.

2.4. Hongos entomopatógenos y formulaciones empleadas en control microbial

En términos generales, el mecanismo de acción de infección de los hongos entomopatógenos se divide en tres fases: adhesión y germinación de la spora a la cutícula del artrópodo, penetración en el hemocele y su desarrollo dentro del insecto (Ramírez *et al.*, 2014) (Fig.3)

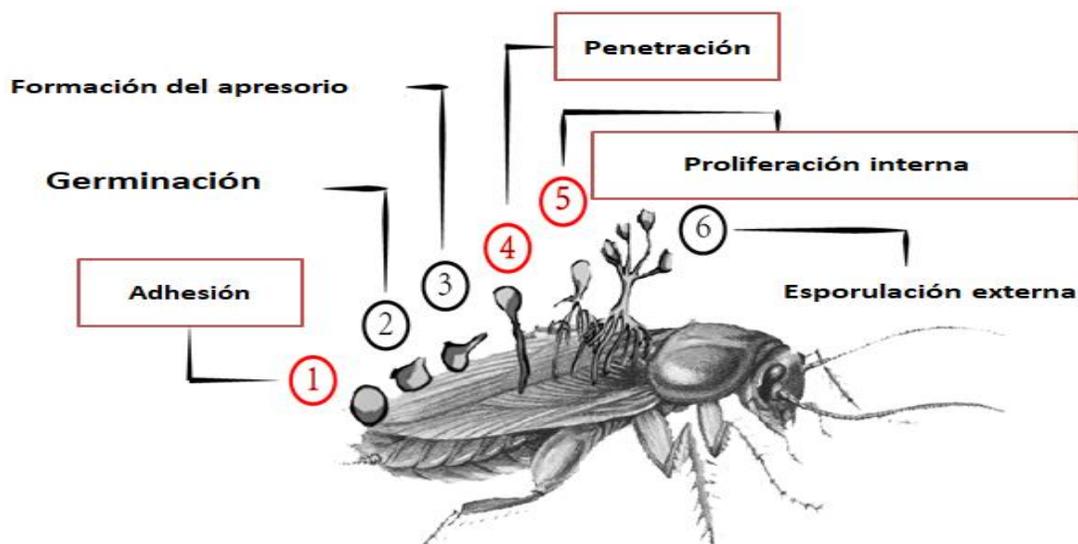


Figura 3. Proceso general de micosis de entomopatógenos sobre artrópodos. Tomado de Wang C, Lü Dingding, Li Lin. Study on pathogenicity and degradation mechanism of entomogenous fungi Chinese Society of Fungal Sciences Academic Symposium (2008).

Cuando las esporas del hongo entomopatógeno se han adherido sobre el tegumento del insecto, inician la fase de la germinación, la cual depende de las condiciones ambientales a las que estén expuestos, como la temperatura y la humedad relativa. Sin embargo, es necesario que el hongo esté adentro de las cavidades del insecto para su patogenicidad (Ramírez *et al.*, 2014).

Por otro lado, cuando se inicia la fase de la penetración se produce un tubo germinativo y un apresorio como producto de la dilatación de la hifa, la cual rompe las áreas membranosas esclerosadas y el químico resultante de la acción enzimática (proteasas, lipasas y quitinasas) facilita la penetración mecánica. Una vez traspasada la barrera más difícil se procede a la colonización de la cavidad corporal del insecto, en el cual la hifa se ramifica en el cuerpo del artrópodo y con posterioridad se establecen pequeñas colonias del hongo y otros cuerpos hifales (blastosporas). Una vez que el insecto ha muerto, el hongo inicia una fase de crecimiento saprófita, terminando de colonizarlo internamente, finalizando con su emergencia y recubriendo el cadáver (Yeo *et al.*, 2003) (Figura 3 y 4).

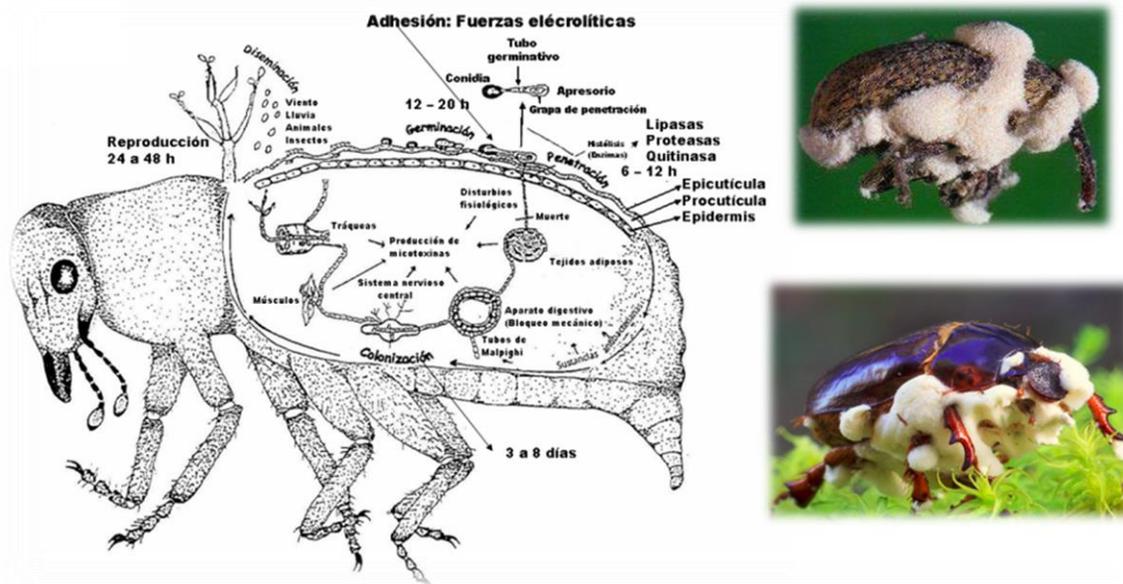


Figura 4. Relación hongo entomopatógeno – insecto hospedero. Tomado de Gómez *et al.*, (2014).

B. bassiana, *M. anisopliae* y *Paecilomyces fumosoroseus* se usan ampliamente y han tenido buena aceptación por su efectividad como insecticidas biológicos, los cuales podemos encontrarlos de forma comercial como preparados a base de esporas (Nava *et al.*, 2012; Pacheco *et al.*, 2019).

2.4.1. *Beauveria bassiana* (Balsmo) Vuillemin (Hypocreales: Cordycipitaceae)

Es el hongo causante de la muscardina blanca del insecto (Fig. 5) y suele encontrarse con frecuencia en el suelo. Por otro lado, esta especie sobrevive en forma saprófita

sobre material orgánico en descomposición, o bien sobre seres vivos. Comercialmente podemos encontrarlo como Beauverin® o Boverin©. E, Bea-Sin, BotaniGard, Mycotrol y Bio-Fung (Silva *et al.*, 2011; Ramírez *et al.*, 2014; Pacheco *et al.*, 2019).

B. bassiana infecta a más de 200 especies de insectos plagas de diferentes órdenes en los sectores agropecuario y forestal, entre ellas el barrenador del maíz *Ostrinia nubilalis* en especial en cereales y escarabajo de la papa del colorado *Leptinotarsa decemlineata*, plagas forestales en China y Francia (Quispe *et al.*, 2002). Otras plagas agrícolas que han sido controladas con *B. bassiana* son: Broca del café *Hypothenemus hampei* Ferrari, 1867 (Coleoptera: Scolytinae), Mosquita blanca: *Bemisia tabaci* Gennadius en hortalizas, Conchuela del frijol: *Epilachna varivestis* Mulsant, Palomilla del manzano: *Cydia pomonella* L., Picudo del nopal: *Metamasius spinolae* Gyllenhal (Soto, 2006; Sánchez, 2009; Gerónimo, 2016; Castrejón, 2017; Sánchez *et al.*, 2016).

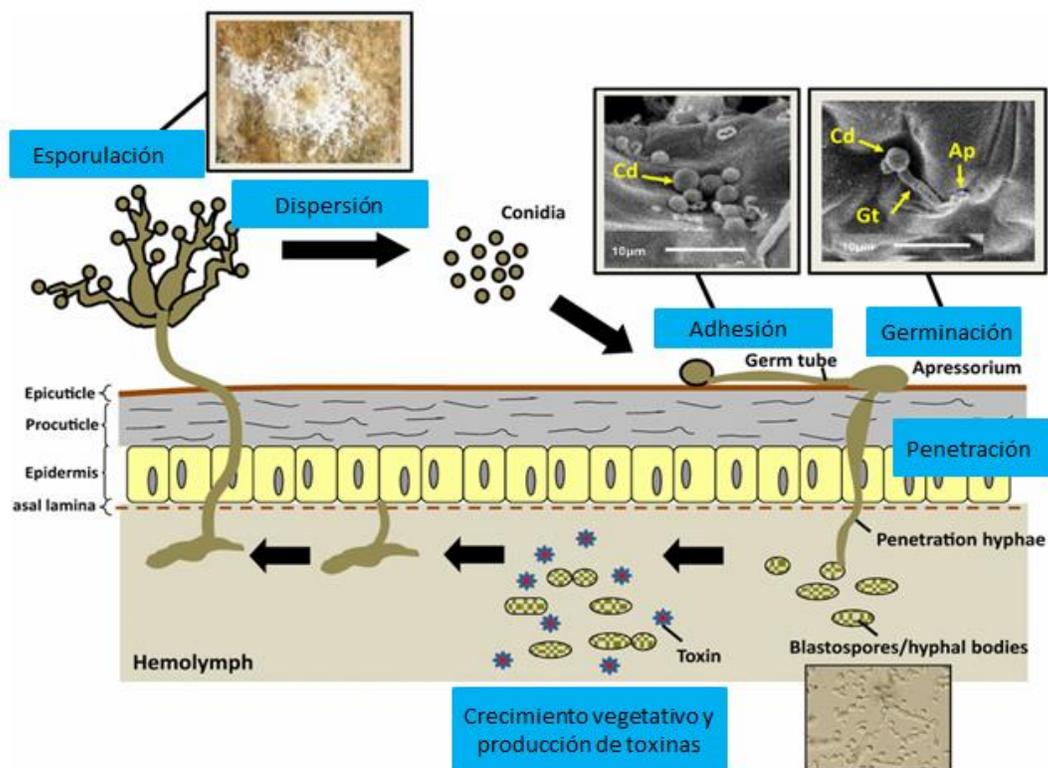


Figura 5. Proceso de infección de *B. bassiana* sobre insectos. Las flechas indican la dirección del crecimiento del hongo (adaptado por Humber 2008; Ortiz Urquiza and Keyhani 2013; Valero Jiménez *et al.*, 2014).

2.4.2. *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin (Hypocreales: Clavicipitaceae)

Es el hongo causante de la muscardina verde de los insectos (Fig. 6) y el nombre de la enfermedad se debe a las conidias verdes que forma en la cutícula del insecto infectado. *M. anisopliae* es un hongo considerado con un gran potencial para ser incorporado en programas de manejo integrado ya que se ha demostrado su capacidad de agredir insectos de importancia agrícola. Se encuentra formulado como Met52 Bioinsecticida CE, Bio-Blast, Meta-Sin y Fitosan-M. (Silva *et al.*, 2011; Ramírez *et al.*, 2014). El rango de hospedero de insectos son por ejemplo: escamas (chupadores de savia): *Aulacapsis tubercularis* Newstead, Moscas de la fruta: *Anastrepha obliqua* (Macquart), Chapulines: *Sphenarium purpurascens* (Charpentier), Mosca blanca: *B. tabaci* Gennadius, Picudo del agave: *Scyphophorus interstitiales* Gyllenhal, Gusano barrenador: *Diatrea magnifactella* Dyar, 1911, Bacteria Candidatus *Liberibacter* spp., Larvas de gallina ciega: *Phyllophaga crinita* (Burm.), Gallina ciega: *Phyllophaga vetula* Horn, Psílido de la papa: *Bactericera cockerelli* Šulc. *Melanoplus differentialis* (Thomas) (Orthoptera: Acrididae), Langosta Centroamericana: *Schistocerca piceifrons piceifrons* Walker, Picudo: *Anthonomus fulvipes* Boheman y Mariposa blanca de la col: *Pieris rapae* Linnaeus, son otras de las plagas que han sido controladas con *Metarhizium anisopliae* (Lezama *et al.*, 1997; Nájera, 2005; Barrientos, 2005; Bolaños *et al.*, 2006; Tamayo, 2009; Hernández *et al.*, 2010; Gutiérrez y Maldonado, 2010; Hernández *et al.*, 2011; Pérez, 2013; García *et al.*, 2013; Obando *et al.*, 2013; García *et al.*, 2013; Villegas, 2017).



Figura 6. Infección general de *M. anisopliae* sobre larva de lepidópteros. Tomado de Gonzalez-Hernandez *et al.*, (2020).

2.4.3. *Paecilomyces fumosoroseus*: *Isaria fumosorosea* Wize (Hypocreales: Cordycipitaceae)

El hongo *Isaria fumosorosea* ha sido conocido también como *Paecilomyces fumosoroseus*, por más de 30 años. Tiene amplia distribución mundial y relativamente estrecho rango de hospedantes, principalmente de insectos chupadores, entre ellos las mosquitas blancas, lo cual hace de este hongo un exitoso candidato de control biológico (Zimmerman, 2008). Este hongo es ampliamente distribuido en el suelo cuyas infecciones causadas son reconocidas por presentar una coloración rosa-pálido, aunque sus colonias suelen ser de color blanco inicialmente en medio de cultivo papa dextrosa agar (PDA). Los formulados a base de *P. fumosoroseus* son usados para el control de moscas blancas, áfidos, pulgón verde, pulgón de la col, polilla de la col, palomilla del maíz, pulgón de los cítricos entre otras plagas. Respecto a su formulación podemos encontrarlo como PHC PAE TRON, el cual es un insecticida biológico, Pae-Sin, PFR-97 (Silva *et al.*, 2011; Ramírez *et al.*, 2014).

2.5. Aceites vegetales usados para manejo de plagas

Los aceites vegetales suelen ser un método complementario o alternativo para el manejo integrado de plagas (Fig. 7), ya que estos aceites están formados fundamentalmente por monoterpenoides volátiles, de los cuales algunos son neurotóxicos para los insectos, también los aceites están formados por sesquiterpenoides, así como fenilpropanoides entre otros, los cuales son los responsables de la acción de repelencia o mortalidad en el artrópodo, sin embargo su modo de acción no es la misma en todas las plagas (Trampe, y Morales, 2017).

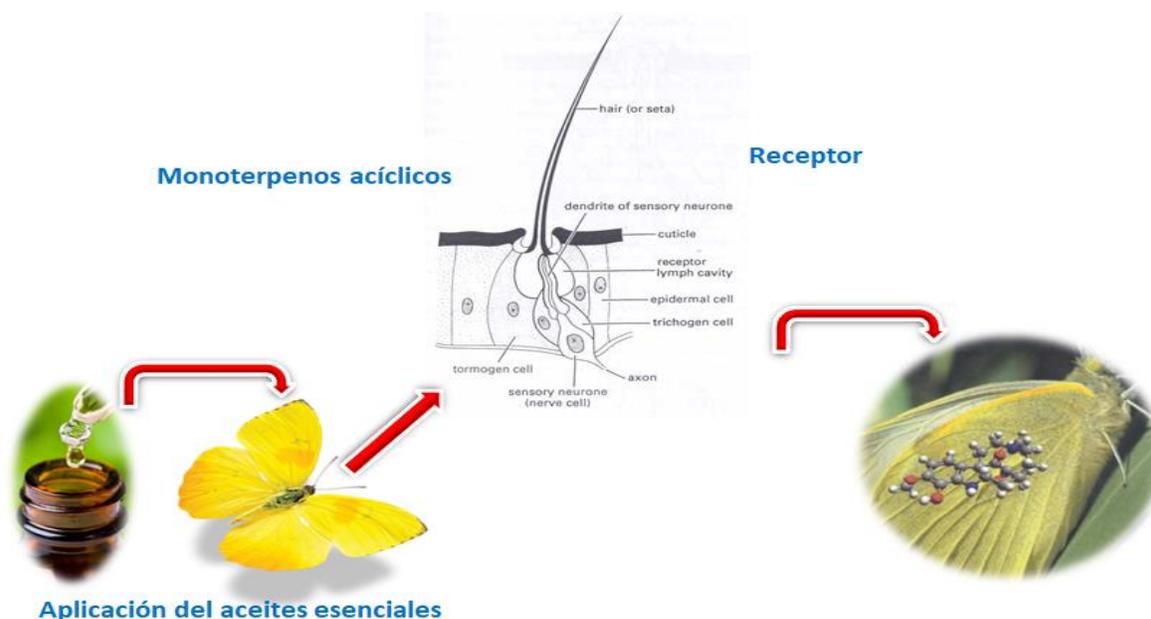


Figura 7. Esquema de mecanismo de acción de aceites esenciales sobre artrópodos (Trampe, y Morales, 2017, modificado por Omara Pérez-Panti, 2022).

Gutiérrez *et al.* (1997), menciona que el geraniol y farnesol inhiben y modifican el comportamiento del pulgón verde del durazno *Myzus persicae* (Sulzer) (Homoptera: Aphididae) en condiciones de laboratorio.

Los aceites adyuvantes, juegan un papel importante en las formulaciones de plaguicidas, mejorando su eficiencia biológica, aunque depende del follaje del cultivo a aplicar (Ismail *et al.*, 1998; Azevedo, 2011).

Comercialmente existen diez tipos de coadyuvantes: tensioactivo (también conocido como humectante o surfactante), emulsionante, adherente, penetrante, antievaporante,

antideriva, antiespumante, secuestrante, acidificante y limpiador desincrustante (Leiva, 2013).

Rosas-García *et al.* (2019) determinaron la compatibilidad de cinco cepas de *M. anisopliae* en combinación con diez aceites esenciales mediante la evaluación del proceso de germinación de las conidias, obteniendo como resultado que cinco de ellos (ajo (*Allium sativum*), ciprés (*Cupressus*), eucalipto (*Eucalyptus globulus*), limón (*Citrus limonum*) y naranja (*Citrus sinensis*) son compatibles con el proceso de germinación de las conidias, sin embargo los aceites esenciales de lavanda (*Lavandula angustifolia*) y hierbabuena (*Mentha spicata*) demostraron que podrían ser compatibles en concentraciones adecuadas y los aceites restantes (canela (*Cinnamomum zeylanicum*), clavo (*Syzygium aromaticum*) y geranio (*Pelargonium spp.*)) definitivamente no son compatibles con las conidias de *M. anisopliae*.

2.5.1. Aceite de neem

Las preparaciones de bioinsecticidas a bases de neem (*Azadirachta indica* A. Juss) funcionan como insecticidas, fungicidas, acaricidas y protectores de las cosechas sin contaminar el medio ambiente (Junta, 2003). Dentro del comercio podemos encontrarlo bajo los siguientes nombres: Azatina, Bionim, Margosan-O, Natur-nim, Neem-X, Neemix, Nim, Nim Action, Nim Orgánico, Organim, Sharactin cuya función es controlar la mosca blanca, minadores y otros insectos. Los insecticidas a base de aceite de Neem son una alternativa ecológica viable al uso de los insecticidas químicos, ya que no causa daños al medio ambiente, ni a la salud del hombre (Guerra, 2021).

Aldás (2015), probó tres dosis (1,5 cc/l D1, 3,0 cc/l D2, 4,5 cc/l D3) del aceite de Neem (Neem-X) en tres frecuencias (7 días F1, 14 días F2, 21 días F3), con la finalidad de controlar la plaga de mosca blanca (*Bemisia tabaci* Gennadius 1889) y minador de las hojas en acelga (*Chilocamphy a psidiella* Busck), usando un diseño experimental de bloques completamente al azar, en arreglo factorial de 3x3+2, con cuatro repeticiones. Los resultados del estudio demostraron que el mejor tratamiento del aceite de Neem (Neem-X) fue la dosis de 4,5 cc/l (D3) y la frecuencia de 14 días (F2),

el cual produjo el control de mosca blanca con una incidencia de 25 % y minador con una incidencia de 28,13 %.

Choque (2021), demostró que el insecticida Clorpirifós presentó un bajo porcentaje de infestación con un promedio de 11,10 % de adultos del barrenador del café (*Hypothenemus hampei*) en los frutos del café, *B. bassiana* fue el segundo en obtener un bajo porcentaje con un promedio de 22.23 % de adultos de *H. hampei*, mientras que el insecticida Clorpirifós presentó la mayor eficacia con 71.11%, seguido por *B. bassiana* con 47.48% y el aceite de neem con 46.21%. A 90 y 150 días después de la floración, la mayor mortandad de adultos de *H. hampei* se produjo con el insecticida Clorpirifós con 6.87% y 8.23% y con *B. bassiana* la mayor mortandad de adultos ocurrió a 210 días después de la floración con 1.10%.

González *et al.* (2015), evaluaron productos biológicos (Micoralis[®], con base de *B. bassiana*; Crimax[®] (*Bacillus thuringiensis*); Neempower[®], que consiste en aceite de neem y un insecticida químico (Lorsban[®]), para el control del gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), en donde Neempower[®] fue el más efectivo, con una tasa de mortalidad promedio de 86.66% a una dosis de 20%; seguido de Crimax[®] (70.66%), que obtuvo un CL₅₀ de 189.53 pg mL⁻¹. Micoralis[®] fue menos eficaz a una concentración de 1x 10⁹ esporas mL⁻¹ (49,33%), con un CL₅₀ de 2.53 x10⁹ esporas mL⁻¹, Lorsban[®] causó una mortalidad del 100% a una concentración del 1%.

2.5.2. Aceite de soya

El aceite de soya es usado como coadyuvante para formular plaguicidas, ya que suele proteger a las plantas contra insectos depredadores y también previene el desarrollo de enfermedades transmitidas por estos organismos al activar el sistema inmunitario de los vegetales. Dentro del comercio podemos encontrarlo como Golden Pest Spray Oil[®] el cual es un Insecticida-Acaricida, cuyo modo de acción es la asfixia, sofocación y desecación del insecto, ya que entra en contacto por aspersion, formando una cubierta o capa sobre el individuo en sus diferentes estadios, obstruyendo los orificios de la

respiración (aerópilos y espiráculos), impidiendo el intercambio gaseoso y provocándole la muerte (Lee *et al.*, 2005).

Lozano *et al.* (2019), evaluaron la mortalidad de ninfas de *Bactericera cockerelli* (Sulc, 1909), aplicando aceite de soya en cultivo de tomate () bajo condiciones de invernadero, obteniendo como resultado el 85.6% de mortalidad en ninfas de primer y segundo estadio, mientras que por otro lado obtuvieron un 9.0% en las ninfas del cuarto y quinto estadio.

2.6. Referencias

Aldás-Izurieta, D. F. (2015). Efecto del aceite de neem en el control de mosca blanca y minador de las hojas en el cultivo de acelga (*Beta vulgaris L*) (Bachelor's thesis).

Azevedo, L. A. S. (2011). Adjuvantes agrícolas para a proteção de plantas. *Seropédica: IMOS*. Pág. 264.

Barrientos L., J., D. M. Hunter, J. Ávila V., P. García S. y J. V. Horta V. 2005. Control biológico de la langosta centroamericana *Schistocerca piceifrons piceifrons* Walker (Orthoptera: Acrididae) en el noreste de México. *Vedalia* 12(2): 119-128.

Beardsley, J. W. (1962). Notes on the biology of the pink sugar cane mealybug, *Saccharicoccus sacchari* (Cockerell), in Hawaii (Homoptera: Pseudococcidae).

Beardsley, J. W. (1992). The pineapple mealybug complex; taxonomy, distribution and host relationships. In *International Pineapple Symposium* 334(1), 383-386.

Bertin, A., Bortoli, L. C., Botton, M., & Parra, J. R. P. (2013). Host plant effects on the development, survival, and reproduction of *Dysmicoccus brevipes* (Hemiptera: Pseudococcidae) on grapevines. *Annals of the Entomological Society of America*, 106(5), 604-609.

Bertin, A., Lerin, S., Botton, M., & Parra, J. R. P (2019). Umbrales de temperatura y requisitos térmicos para el desarrollo y la supervivencia de *Dysmicoccus*

- brevipes* (Hemiptera: Pseudococcidae) en uvas de mesa. *Entomología Neotropical*, 48(1),71-77.
- Bolaños, T. A., Vega, J. R., & Cruz, M. I. (2006). Control biológico del picudo negro (*Scyphophorus interstitialis* Gyllenhal) con nemátodos y hongos entomopatógenos en agave en Oaxaca, México. *Revista Científica UDO Agrícola*, 6(1), 92-101.
- CABI, (2015). Centre for Agricultural and Bioscience International. *Dysmicoccus brevipes* (pineapple mealybug). Recuperado el 15 de Noviembre de 2021, de CABI: <https://www.cabi.org> > isc > datasheet.
- CABI, (2018). Centre for Agricultural and Bioscience International. *Dysmicoccus neobrevipes* (gray pineapple mealybug). Recuperado el 10 de Octubre: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/20251>.
- Cañas, G. R. M. (2017). Bioinsecticida: alternativa para eliminación del piojo blanco en cultivos de piña. *Universitas Científica*, 20(2), 20-25.
- Carter, W. (1932). Studies of populations of *Pseudococcus brevipes* (Ckl.) occurring on pineapple plants. *Ecology*, 13(3), 296-304.
- Carter, W. (1942). La distribución geográfica del marchitamiento de la cochinilla con notas sobre algunas otras plagas de insectos de la piña. *Revista de Entomología Económica*, 35(1), 10-15.
- Castrejon-Antonio, J. E., Nuñez-Mejía, G., Iracheta, M. M., Gomez-Flores, R., Tamayo-Mejía, F., Ocampo-Hernandez, J. A., & Tamez-Guerra, P. (2017). *Beauveria bassiana* blastospores produced in selective medium reduce survival time of *Epilachna varivestis* Mulsant Larvae. *Southwestern entomologist*, 42(1), 203-220.
- Chaves, F. L. (2018). Manejo Fitosanitario en el Cultivo de la Piña. Serie Frutales, Núm. 52. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 3 p
Recuperado el 20 de Diciembre: <https://www.intagri.com/articulos/frutales/>.

- Choque-Rojas, C. J. (2021). Control de broca del café (*Hypothenemus hampei* Ferrari) con aceite de Neem y *Beauveria bassiana*, en el distrito de Pichanaqui-Chanchamayo.
- CIPF. 2018. Lista de Plagas Reglamentadas de México. Convención Internacional de Protección Fitosanitaria. Recuperado en Junio de 2019: <https://www.ippc.int/static/media/files/reporting>.
- Dos-Santos Ferreira, K. D., Dolinski, C., De Freitas Ferreira, T., & Moreira de Souza, R. (2015). Potencial de nemátodos entomopatógenos (Rhabditida) para el control de hembras adultas de cochinilla rosada, *Dysmicoccus brevipes* (Hemiptera: Pseudococcidae), en condiciones de laboratorio.
- Duarte-Cueva F. (2018). El control biológico como mecanismo de RSE en la agroexportación peruana: El caso del espárrago. Congreso Internacional de Contaduría, Administración e Informática. Ciudad Universitaria, Ciudad de México. Pág. 4.
- García-De la Cruz, R., & García-López, E. (2021). Combined effects of cover crops and herbicide rotation as proactive weed management in pineapple (*Ananas comosus* L. Merr). *AGROProductividad*, 14(9), 97-108.
- German, T. L., Ullman, D. E., & Gunasinghe, U.B. (1992). Marchitamiento de la piña por cochinilla. En Avances en la investigación de vectores de enfermedades. Pág 241-259.
- Gerónimo-Torres, J. D. C., Torres-de-La-Cruz, M., Cruz, M. P. D. L., de-La-Cruz-Pérez, A., Ortiz-García, C. F., & Cappello-García, S. (2016). Caracterización de aislamientos nativos de *Beauveria bassiana* y su patogenicidad hacia *Hypothenemus hampei*, en Tabasco, México. *Revista Colombiana de Entomología*, 42(1), 28-35.
- González-Hernández, H., Johnson, M. W., & Reimer, N. J. (1999). Impacto de *Pheidole megacephala* (F.)(Hymenoptera: Formicidae) en el control biológico de

- Dysmicoccus brevipes* (Cockerell)(Homoptera: Pseudococcidae). *Control biológico*, 15(2), 145-152.
- González-Maldonado, M. B., Gurrola-Reyes, J. N., & Chaírez-Hernández, I. (2015). Biological products for the control of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Revista colombiana de Entomología*, 41(2), 200-204.
- Granara de Willink, M. C., Scatoni, I. B., Terra, A. L., & Frioni, M. I. (1997). Cochinillas harinosas (Homoptera, Pseudococcidae) que afectan plantas cultivadas y silvestres en Uruguay: Listas actualizadas de plantas hospederas. *Agrociencia-Sitio en Reparación*, 1(1), 96-99.
- Granara De Willink. M. C., & Claps, L. E. (2003). Scale insects (Hemiptera: Coccoidea) present in ornamentals in Argentina. *Neotropical Entomology*, 32(4), 625-637.
- Gratereaux-Báez, W. V. (2009). Potencial del uso de hongos entomopatógenos para el control de cochinilla (*Dysmicoccus brevipes*) en producción orgánica de piña (*Ananas comosus*).
- Guerra-Maldonado, G. (2021). El aceite de Neem (*Azadirachta indica* A. Juss) una alternativa a los insecticidas químicos. *Hombre, Ciencia y Tecnología*, 25(1), 122-129.
- Gutiérrez, C. G., & Maldonado, M. G. (2010). Uso de bioinsecticidas para el control de plagas de hortalizas en comunidades rurales. *Ra Ximhai: Revista científica de sociedad, cultura y desarrollo sostenible*, 6(1), 17-22.
- Gutiérrez, C., Fereres, A., Reina, M., Cabrera, R., & González-Coloma, A. (1997). Efectos conductuales y subletales de terpenos inferiores estructuralmente relacionados en *Myzus persicae*. *Revista de Ecología Química*, 23(6), 1641-1650.
- Hernández-Díaz Ordaz, N., Pérez, N., & Toledo, J. (2010). Pathogenicity of three strains of entomopathogenic fungus on *Anastrepha obliqua* adults (Macquart) (Diptera: Tephritidae) under laboratory conditions. *Acta zoológica mexicana*, 26(3), 481-494.

- Hernández, I. M., & Martínez, M. D. L. A. (2012). *Dysmicoccus brevipes* Cokerell (Hemiptera: Pseudococcidae) nuevo informe para *Hedychium coronarium* Koenig, Flor de la Mariposa, en Cuba. *Revista de Protección Vegetal*, 27(1), 54-55.
- Hernández-Velázquez, V. M., Cervantes Espíndola, Z., Villalobos, F. J., García, L. L., & Peña Chora, G. (2011). Aislamiento de hongos entomopatógenos en suelo y sobre gallinas ciegas (Coleoptera: Melolonthidae) en agroecosistemas de maíz. *Acta zoológica mexicana*, 27(3), 591-599.
- Hughes, G., & Samita, S. (1998). Análisis de los patrones de la enfermedad del marchitamiento de la cochinilla de la piña en Sri Lanka. *Enfermedad de las plantas*, 82(8), 885-890.
- Humber, R. A. (2008). Evolution of entomopathogenicity in fungi. *Journal of invertebrate pathology*, 98(3), 262-266.
- Ibarra, E. O., Ramírez, G. H., & Ibarra, I. H. O. (2021). Composición nutricional y compuestos fitoquímicos de la piña (*Ananas comosus*) y su potencial emergente para el desarrollo de alimentos funcionales. *Boletín de Ciencias Agropecuarias del ICAP*, 7(14), 24-28.
- Ismail, A. R., Dzolkifli, O., Ooi, T. L., & Ahmad, S. (1998). Oleoquímicos a base de palma, como ingredientes inertes en formulaciones de plaguicidas. *Revista Palmas*, 19(2), 59-65.
- Jahn, G. C. (1993). Gray pineapple mealybugs, *Dysmicoccus neobrevipes* Beardsley (Homoptera: Pseudococcidae), inside closed pineapple blossom cups.
- Jahn, G.C., & Beardsley, J. W. (1998). Muestreo de presencia/ausencia de cochinillas, hormigas y depredadores principales en la piña. *Revista de Protección Vegetal en los Trópicos*, 11(1), 73-79.
- Jiménez Martínez, E. (2021). Plagas de cultivos. Universidad Nacional Agraria, Managua, (Nicaragua). Pág. 125.

- Junta, N. I. I. R. (2003). Manual sobre productos Neem & Allied. Asia Pacífico Business Press Inc.
- Lee, K., Chung, S. J., & Chung, G. (2005). Effectiveness of bionatrol on control of two spotted spider mites (*Tetranychus urticae*), aphids (*Aphis gossypii*), and whiteflies (*Trialeurodes vaporariorum*) on greenhouse grown English cucumber (*Cucumis ssp. kasa*). *J. Kor. Soc. Hort. Sci*, 46(1), 241-245.
- Leiva, A. P. D. (2013). Ámbito de recomendación de aditivos o coadyuvantes en pulverizaciones agrícolas.
- Lezama-Gutierrez, R., Molina Ochoa, J., Rebolledo Domínguez, O., Trujillo de la Luz, A., González Ramírez, M., & Briceño Robles, S. (1997). Evaluation of entomopathogenic fungi (Hyphomycetes) against *Anthonomus fulvipes* (Coleoptera: Curculionidae) in organically grown barbados cherry trees. *Vedalia (México)*.
- Lozano-Gutiérrez, J., Reyes López, W., Ortiz Ramírez, H., & Patricia, M. (2019). Mortalidad de *Bactericera cockerelli* Sulc 1909 (Hemiptera: Triozidae) con aceite de soya en cultivo de jitomate. *Entomología agrícola*, 6(1), 248-252.
- Martínez I.; Jiménez E.; Sánchez J. (2020). Estrategias para el manejo integrado de la plaga cochinilla harinosa (*Dysmicoccus brevipes*) y la maleza Tuquito (*Rottboellia cochinchinensis*) en el cultivo de piña (Var. MD-2). Universidad de Panamá. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Recuperado el día 16 de Agosto de 2021: <https://mip-lpv-400.blogspot.com/>.
- Martínez, M. D. L. A., Surís, M., & Blanco, E. (2006). Fauna de chinches harinosas (Hemiptera: Pseudococcidae) asociada a plantas de interés: III. Árboles frutales. *Revista de protección vegetal*, 21(1), 109-113.
- Mau R. FL.; Martin J.L (2007). *Dysmicoccus brevipes* (Cockerell). Department of Entomology. Honolulu, Hawaii. Recuperado el 12 de Agosto de 2021 de http://www.extento.hawaii.edu/kbase/crop/Type/d_brevip.htm.

- Mau, R.F.L., & Kessing, J.L.M (2007). *Dysmicoccus brevipes* (Cockerell) Pink Pineapple mealybug.
- Mellín-Rosas, M. A., Sánchez-González, J. A., Cruz-Ávalos, A. M., Montesinos-Matías, R., & Arredondo-Bernal, H. C. (2016). Patogenicidad de Cepas de Hongos Entomopatógenos sobre *Diaphorina citri* Kuwayama 1 en Condiciones de Laboratorio. *Southwestern Entomologist*, 41(3), 791-800.
- Mirabal-Rodríguez, R., García-González, M. T., Castellanos-González, L., Fernández-Cancio, Y., & Pérez-Reyes, N. (2018). Nuevos pseudocócidos (Hemiptera: Pseudococcidae) y sus hospedantes para la provincia de Sancti Spíritus, Cuba. *Revista Colombiana de Entomología*, 44(2), 193-196.
- Miranda-Vindas, A., & Blanco Metzler, H. (2013). Control de *Dysmicoccus brevipes* (Hemiptera: Pseudococcidae), en el fruto de piña, San Carlos, Costa Rica. *Agronomía costarricense*, 37(1), 103-111.
- Mongue-Munoz A. (2018), Guía para la identificación de las principales plagas y enfermedades en el cultivo de la piña.
- Nájera-Rincón, M. B., Martínez, M. G., Crocker, R. L., Hernández-Velázquez, V., & del Bosque, L. R. (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.
- Nava-Pérez, E., García-Gutiérrez, C., Camacho-Báez, J. R., & Vázquez-Montoya, E. L. (2012). Bioplaguicidas: una opción para el control biológico de plagas. *Ra Ximhai*, 8 (3), 17-29.
- Obando, J. A., Bustillo, A. E., Castro, U., & Mesa, N. C. (2013). Selection of strains of *Metarhizium anisopliae* to control *Aeneolamia varia* (Hemiptera: Cercopidae). *Revista Colombiana de Entomología*, 39(1), 26-33.

- Ochoa-Martínez, D. L., Uriza-Ávila, D. E., Rojas-Martínez, R. I., & Rodríguez-Martínez, D. (2016). Detección de Pineapple mealybug wilt-associated virus 1 y 3 en México. *Revista mexicana de fitopatología*, 34(2), 131-141.
- Ortiz-Urquiza, A., & Keyhani, N. O. (2013). Action on the surface: entomopathogenic fungi versus the insect cuticle. *Insects* 4(1), 357–374.
- Pacheco-Hernández, M., Reséndiz Martínez, J., & Arriola Padilla, V. J. (2019). Organismos entomopatógenos como control biológico en los sectores agropecuario y forestal de México: una revisión. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 10(56), 4-32.
- Palma-Jiménez, M., & Blanco-Meneses, M. (2017). Morphological and molecular identification of *Dysmicoccus brevipes* (Hemiptera: Pseudococcidae) in Costa Rica. *Journal of entomology and zoology studies*, 5(2), 1211-1218.
- Palma-Jiménez, M., Blanco-Meneses, M., & Guillén-Sánchez, C. (2019). Las cochinillas harinosas (Hemiptera: Pseudococcidae) y su impacto en el cultivo de Musáceas. *Agronomía Mesoamericana*, 30(1), 281-298.
- Pandey, R. R., & Johnson, M. W. (2006). Enhanced production of pink pineapple mealybug, *Dysmicoccus brevipes* (Hemiptera: Pseudococcidae). *Biocontrol Science and Technology*, 16 (4), 389-401.
- Pandey, R. R., & Johnson, M. W. (2006). Enhanced production of pink pineapple mealybug, *Dysmicoccus brevipes* (Hemiptera: Pseudococcidae). *Biocontrol Science and Technology*, 16(4), 389-401.
- Pérez-Salgado, J., Ángel-Ríos, M. D., Arteaga-Deloya, A., Hernández-Castro, E., Damián-Nava, A., Carretera, A. D. C. N. U., & Rancho, C. P. (2013). Hongos entomopatógenos y extractos vegetales contra escama blanca (*Aulacaspis tubercularis* Newstead) en cultivo de mango en San Luis La Loma, municipio de Tecpan de Galeana, Gro. México. *Entomología Mexicana*, 12(1), 452-455.

- Petty, G. J., & Tustin, H. (1992, November). Ant (Pheidole megacephala F.)-mealybug (*Dysmicoccus brevipes* Ckll.) relationships in pineapples in South Africa. In *International Pineapple Symposium*, 334(1), 387-396.
- Portilla, A. A. R., & Cardona, F. J. S. (2004). Coccoidea de Colombia, con énfasis en las cochinillas harinosas (Hemiptera: Pseudococcidae). *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 57(2), 2383-2412.
- Ramírez, E. G., Pacheco, R. P., Enríquez, B. L. L., & Marín, L. P. (2013). Patogenicidad de *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana* sobre mosca blanca (*Bemisia tabaci*). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, (6), 1129-1138.
- Ramírez, H. G., Granja, A. Z., Aguila, E. T., & Cantoral, M. T. (2014). Manual de producción y uso de hongos entomopatógenos. *Laboratorio de entomopatógenos SCB-SENASA*.
- Rodríguez, M., Vásquez, M., & Araya, A. (2012). Guía de identificación y manejo integrado de plagas y enfermedades en piña. *Banacol*, (5), 265-267.
- Rodríguez, R., Becquer, R., Pino, Y., López, D., Rodríguez, R. C., Lorente, G. Y.,... & González, J. L. (2016). Producción de frutos de piña (*Ananas comosus* (L.) Merr.) MD-2 a partir de vitroplantas. *Cultivos tropicales*, 37(1), 40-48.
- Rohrbach, K. G., Beardsley, J. W., German, T. L., Reimer, N. J., & Sanford, W. G. (1988). Marchitamiento de cochinillas, cochinillas y hormigas en la piña. *Enfermedad de las plantas (EE.UU.)*.
- Rosas-García, N. M., Alba-Moreno, I. M., Mireles-Martínez, M., & Villegas-Mendoza, J. M. (2019). Evaluación de la compatibilidad del proceso de germinación de *Metarhizium anisopliae* con aceites esenciales. *Acta universitaria*, 29.
- SADER. (2021). Crece 16.2% producción de piña en México durante 2020. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). Fecha de consulta: 08 de agosto 2021. <https://www.gob.mx/agricultura/>.

- SAGARPA. (2015). Guía de síntomas y daños de cochinilla harinosa de la piña, *Dismicoccus brevipes* Cockerell 1893. Pág. 5. Recuperado el 22 de Diciembre de 2020: <https://www.bing.com/>
- Sánchez, E. R., Calderón, A. T. R., Cupul, W. C., Alejo, J. C., & Rosales, R. M. (2009). Patogenicidad de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuillemin sobre estados inmaduros de mosquita blanca (*Bemisia tabaci* Genn.). *Fitosanidad*, 13 (2), 89-93.
- Sánchez-Pérez, L., Rodríguez-Navarro, S., Marín-Cruz, V. H., Ramos-López, M. Á., Ramos, A. P., & Barranco-Florido, J. E. (2016). Assessment of *Beauveria bassiana* and Their Enzymatic Extracts against *Metamasius spinolae* and *Cyclocephala lunulata* in Laboratory. *Advances in Enzyme Research*, 4(3), 98.
- SIAP. (2022). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola en México 2021. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Recuperado Julio de 2021: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>.
- Silva-Urbe, N. A. (2011). Efectos de micotoxicidad de fungicidas sobre formulados de los entomopatogenos *Paecilomyces fumosoroseus* y *Beauveria bassiana* utilizados contra la mosquita blanca (*Bemisia argentifolii*) (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Nuevo León).
- Soto, A. S., Gutiérrez, C. G., Maldonado, M. B. G., Roldán, H. M., & Wong, L. J. G. (2006). Toxicidad de blastosporas de *Beauveria bassiana* (VUILL) contra palomilla del manzano *Cydia pomonella* L. (Lepidoptera: tortricidae). *Folia Entomológica Mexicana*, 45(2), 195-200.
- Tamayo-Mejía, F. (2009). Control biológico de *Sphenarium purpurascens* (Charpentier) y *Melanoplus differentialis* (Thomas)(Orthoptera: Acrididae) con *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin. *Vedalia*, 13(2), 85-90.
- Torres-Ávila, A., Aguilar Ávila, J., Santoyo Cortés, V. H., Uriza Ávila, D. E., Zetina Lezama, R., & Rebolledo Martínez, A. (2018). La piña mexicana frente al reto de la innovación. Avances y retos en la gestión de la innovación.

- Trampe, J. D. J. L., & Morales, F. (2017). Uso de los aceites esenciales en el control de plagas. *Artrópodos y Salud Ene.-Jun*, 7(1), 44-53.
- Ugalde-Trejos, R. (2010). Evaluación a nivel de campo de la patogenicidad de microorganismos benéficos sobre poblaciones de cochinilla harinosa *Dysmicoccus brevipes* (Hemíptera: Pseudococcidae), en el periodo posterior a la inducción floral del cultivo de piña (*Ananas comosus* (L.) MERR), en Finca Indaco Horquetas SA.
- Valero-Jiménez, C. A., Debets, A. J., van Kan, J. A., Schoustra, S. E., Takken, W., Zwaan, B. J., & Koenraadt, C. J. (2014). Natural variation in virulence of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* against malaria mosquitoes. *Malaria journal*, 13(1), 1-8.
- Vélez-Izquierdo, A., Espinosa-García, J. A., Uresti-Gil, J., Jolalpa-Barrera, J. L., Rangel-Quintos, J., & Uresti-Duran, D. (2020). Estudio técnico-económico para identificar áreas con potencial para producir piña en el trópico húmedo de México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 11(7), 1619-1632.
- Villegas, C., Zabala, G. A., Ramos, A. A., & Benavides, P. (2010). Identificación y hábitos de cochinillas harinosas asociadas a raíces del café en Quindío.
- Villegas-Rodríguez, F., Díaz-Gómez, O., Casas-Flores, J. S., Monreal-Vargas, C. T., Tamayo-Mejía, F., & Aguilar-Medel, S. (2017). Actividad de dos hongos entomopatógenos, identificados molecularmente, sobre *Bactericera cockerelli*. *Revista Colombiana de Entomología*, 43(1), 27-33.
- Yeo, H., Pell, J. K., Alderson, P. G., Clark, S. J., & Pye, B. J. (2003). Laboratory evaluation of temperature effects on the germination and growth of entomopathogenic fungi and on their pathogenicity to two aphid species. *Pest Management Science: formerly Pesticide Science*, 59(2), 156-165.
- Zambrano, V., Luis, M. L. S., Peña, A. S., & Rodríguez, I. (2016). Regulación biológica de *Dysmicoccus brevipes* (cockerell), en café *coffea arábica*. I en la finca el

porvenir del municipio junín del estado táchira. *Universidad & Ciencia*, 5(2), 188-199.

Zimmermann, G. (2008). The entomopathogenic fungi *Isaria farinosa* (formerly *Paecilomyces farinosus*) and the *Isaria fumosorosea* species complex (formerly *Paecilomyces fumosoroseus*): biology, ecology and use in biological control. *Biocontrol science and technology*, 18(9), 865-901.

CAPITULO III.- Fluctuación poblacional del piojo harinoso (*Dysmicoccus*) de la piña (*Ananas comosus* [L.] Merr.), en dos variedades en Huimanguillo Tabasco, México

Resumen

El presente estudio se realizó en dos localidades productoras de piña variedades MD2 y cabezona en el municipio de Huimanguillo, Tabasco, para determinar la abundancia y distribución de *Dysmicoccus*. La distribución estacional y porcentaje de infestación, se determinó en ambas localidades y variedades durante los meses de enero a junio de 2021. Mensualmente, se muestrearon 40 plantas al azar, en una superficie de 4 ha por localidad. A nivel de planta se revisaron raíces, hojas basales del tallo y frutos. La especie presente fue *D. brevipes*. La mayor abundancia de piojos harinosos se encontró en la variedad cabezona. *D. brevipes* se localiza mayormente en las hojas viejas del tallo, tanto en la variedad cabezona como en MD2, con un 85.46 y 61.76%, respectivamente. De enero a abril, las poblaciones de *D. brevipes* fueron moderadas, período con las mayores temperaturas registradas; mientras que las poblaciones más altas se registraron hacia mediados de junio, cuando iniciaron las lluvias. Para obtener la fluctuación poblacional y predecir el total de insectos por planta y su distribución temporal y espacial se debe considerar todo el ciclo de producción, aunado con los parámetros climáticos, para crear una estrategia de control dirigido en las fechas de abundancia moderada.

Palabras clave: Piojo harinoso de la piña, distribución estacional, Huimanguillo.

Abstract

This study was carried out in two localities producing pineapples MD2 and *cabezona* varieties in the municipality of Huimanguillo, Tabasco, to determine the abundance and seasonal distribution of *Dysmicoccus* spp. The seasonal distribution and percentage of infestation were determined in both localities/varieties from January to June 2021. Monthly, 40 plants were sampled at random, in an area of 4 ha per locality. At the plant level, roots, stems, and leaves of the base of the plant and fruits were checked for the presence of this mealybug. The species present were *D. brevipes*. The greatest abundance of mealybug was found in the bighead variety. *D. brevipes* are mostly located at the base of the stem and old basal leaves, both in the var. bighead as in

MD2, by 85.46 and 61.75%, respectively. From January to April, the populations of *D. brevipes* were moderate, a period with the highest temperature; while the highest populations were recorded towards mid-June when the rains begin. To obtain population dynamics and predict the total number of insects per plant and their temporal and spatial distribution, the entire production cycle must be considered together with the climatic parameters, to create a control strategy directed at the dates of moderate abundance.

Key words: Pineapple mealybugs, seasonal distribution, Huimanguillo.

3.1. Introducción

El cultivo de la piña *Ananas comosus* (L.) Merr., es de gran importancia a nivel mundial, debido a los altos ingresos que genera. En México, las mayores áreas de cultivo se encuentran en Veracruz, Oaxaca y Tabasco. En Tabasco, el municipio de Huimanguillo, es el que tiene la mayor superficie destinada al cultivo, donde en muchas localidades son pequeños productores, con superficies hasta de 4 ha, sin embargo, aunque también existen plantaciones comerciales con más de 300 has y que cuentan con tecnología intensiva, en ambiente protegido con malla sombra y acolchado plástico, donde el volumen exportado de piñas mexicanas a EUA pasó de 25,000 ton/año a 100,000 ton/año (Torres *et al.*, 2018).

Por otra parte, se ha detectado una disminución de los rendimientos, atribuido a diversos factores ambientales y fitosanitarios. El efecto negativo de los ataques epidémicos provocados por plagas, requiere de una solución apropiada para el manejo de las mismas. El piojo harinoso *D. brevipes* (Cockerell), es uno de los insectos que ataca fuertemente al cultivo de la piña, no solo por los daños directos al succionar la savia de la planta, sino también por ser el vector de la virosis llamada marchitez roja de la piña, la cual puede generar pérdidas de hasta un 40% de la producción (Martínez *et al.*, 2006; Bertin *et al.*, 2013). A pesar de que esta plaga tiene una gran cantidad de hospedantes y que en la región de Huimanguillo Tabasco, no se ha determinado taxonómicamente la (s) especie (s), la fluctuación poblacional y la distribución de *Dysmicoccus* spp en planta, se desarrolló el presente estudio con el objetivo de identificar la (s) especie (s), determinar la fluctuación poblacional y la distribución

espacial de *Dysmicoccus* spp en la planta de piña en las variedades MD-2 y Cabezona cultivadas en el municipio de Huimanguillo, Tabasco, para obtener las bases para un manejo agroecobiológico de esta plaga en el cultivo de la piña.

3.2. Materiales y Métodos

3.2.1. Área de estudio

El estudio de campo se realizó en dos áreas (Rancho el Milagro, la cual pertenece a la empresa Agrícola San Pablo S.P.R de R.L., con producción de piña de la variedad MD2 y el Ejido la Esperanza, con la producción de una variedad localmente conocida como “cabezona”, en el municipio de Huimanguillo, Tabasco, México (Fig. 8 y 9). Los muestreos se llevaron a cabo durante seis meses continuos que comprendió de enero a junio de 2021.

Rancho el Milagro. Cuenta con una producción de piña convencional de (300 has) de la var. MD2 y con un área de piña orgánica de (20 has) que fue establecida en el año 2019. Este lugar se ubica en camino a Estación Zanapa, km 8 S/N, Ejido Encomendero en el municipio de Huimanguillo, Tabasco. Se localiza entre las coordenadas latitud: 17.72101 y longitud: -93.69375; con una altitud de 20 msnm, con temperaturas que oscila entre los 20 °C a 37 °C, con una precipitación de 34 a 112 mm y humedad relativa de 67 a 88 %, (Weatherspark, 2021). Los suelos para esta región están clasificados como Acrisol úmbrico cutánico (Salgado *et al.*, 2017).



id	x	y
1	433021.57	1981177.383
2	433263.527	1981228.393
3	433376.067	1981277.388
4	433409.374	1981370.016
5	433473.641	1981110.143
6	433477.147	1981051.787
7	433474.162	1980990.172
8	433314.142	1981000.258



Figura 9. Mapa de ubicación en el área de muestreo en piña var cabezona. Ejido La Esperanza, Huimanguillo Tabasco. Enero 2021.

3.2.2.- Procesamiento de muestras e identificación del piojo harinoso de la piña

Las muestras enteras de plantas de piña con individuos de piojo harinoso, se llevaron al Laboratorio de Control Biológico del Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco, Cárdenas, Tabasco, para el proceso de identificación. Los ejemplares de piojo harinoso colectados fueron enviados para su identificación al Dr. Héctor González Hernández, del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México.

Los piojos harinosos se procesaron siguiendo la técnica de montaje para insectos escama (Hemiptera: Coccoomorpha), de Kosztarab (1963). Este método es una adaptación con cambios menores, del procedimiento usado para el montaje de micro insectos del U.S. Department of Agriculture (USDA).

1. El material vivo es mantenido al menos por 2 h en alcohol 70%, antes del montaje.
2. Las escamas preservadas en seco o el material vivo pre-tratado, se macera en KOH al 10% por 10 minutos o más colocando las escamas en tubos Eppendorf con el KOH en un termoblock a 80 °C por unos 5-10 min o más hasta que salga el contenido del cuerpo. Otra alternativa de maceración es colocar el material de escamas en un tubo Eppendorf con KOH 10% durante 24 h a temperatura ambiente. En ambos casos, antes de iniciar el tratamiento de maceración, se debe hacer un orificio con una aguja en el margen lateral del abdomen de cada ejemplar del insecto escama, con objeto de que penetre más fácilmente el KOH en el insecto, de tal manera de no destruir estructuras morfológicas de importancia taxonómica.
3. Todo el contenido del cuerpo debe ser extraído por presión (huevos, órganos y musculatura), cuando las escamas estén aún en el KOH 10%.
4. Los especímenes deben ser transparentados, al ser transferidos al alcohol ácido acético (ver fórmula 1) por 10 a 15 min.
5. Posteriormente los ejemplares se colorean en fucsina ácida (ver fórmula 2) por 5-10 min o más. Posteriormente, para el proceso de deshidratación, se transfieren a alcoholes del 80, 90 y 100%, por 5-15 minutos en cada alcohol.
6. Transferir los ejemplares al aceite de clavo por 10 min o más.
7. Montar individualmente en portaobjetos y Bálsamo de Canadá.
8. Dejar secar las laminillas a temperatura ambiente por un par de semanas.

Fórmulas:

1. Alcohol ácido acético: Mezclar 20 cc de ácido acético glacial y 45 cc de H₂O destilada con 50 cc de alcohol al 95%.
2. Fucsina ácida: Disolver 1.0 g de fucsina en 10 mL de alcohol 96%, adicionar 5 mL de ácido acético glacial, esto debe ser disuelto gradualmente en 100 mL de agua destilada y después de 24 h, la solución debe ser filtrada.

Para la identificación del piojo harinoso rosado de la piña, se usaron las claves de Williams y Granara de Willink (1992) y fueron determinadas por H. González Hernández.

3.2.3. Distribución estacional de *D. brevipes* en dos variedades de piña de dos localidades de Huimanguillo Tabasco, México

Para determinar la distribución estacional de *D. brevipes* en las dos localidades y variedades de piña, se usó un muestreo destructivo aleatorio, en forma de línea diagonal, de acuerdo con un método modificado por González Hernández *et al.*, (1999), tomando 10 plantas /ha, donde cada planta fue muestreada cada 25 m y 10 m de entre filas dobles para tener un total de 40 plantas en las 4 ha de la zona de muestreo delimitada en este estudio. Los piojos harinosos presentes por planta fueron contados mediante una lupa. Los conteos fueron realizados directamente en: A) raíces, B) hojas basales del tallo y C) frutos, (Fig. 10).



Figura 10. Partes de las plantas muestreadas A) raíces, B) hojas basales del tallo y C) frutos.

3.3. Análisis de datos

Para determinar la incidencia, distribución y la fluctuación poblacional de piojo harinoso presentes en los órganos de las plantas evaluadas (raíces, hojas basales del tallo y frutos), en cada área de estudio, se llevó a cabo el registro mensual de 40 plantas en las 4 ha, donde cada planta fue muestreada cada 25 m y 10 m de entre filas dobles. El programa usado fue Microsoft® Excel 2016. También se hizo un análisis de varianza para cada una de las variables evaluadas (raíces, hojas basales del tallo y frutos), en el cual se consideró como fuentes de variación la localidad/variedad y el mes de muestreo. Finalmente, se efectuó una prueba de comparación múltiple de medias por el método de Tukey ($\alpha = 0.05$).

3.4. Resultados

3.4.1. Identificación del piojo harinoso

La especie de piojo harinoso detectado en las plantaciones de piña experimentales del presente estudio corresponde a *Dysmicoccus brevipes* (Cockerell) (Hemiptera: Pseudococcidae) el piojo harinoso rosado de la piña (Fig. 11), especie de distribución cosmopolita, reportada para México en piña, pastos y agaves (Williams y Granara de Willink, 1992).



Figura 11. Hembras adultas de *Dysmicoccus brevipes* (foto por Jorge M. Valdez Carrasco, 2021).

3.4.2. Distribución estacional de *D. brevipes*

Para el caso del número de hembras adultas de *D. brevipes* en las hojas basales del tallo de la piña se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas entre ambas localidades/variedades ($p < 0.0001$). Presentándose en la localidad la

Esperanza con la variedad cabezona con el mayor número de piojos con un promedio general, durante los 6 meses de muestreo, de 84 individuos por planta, mientras que la localidad del rancho el Milagro con la variedad MD2 con un promedio de 25 (Cuadro 1). El mayor número de piojos harinosos detectados fue de 120 hembras adultas por planta en el mes de junio 2021 para la localidad de la Esperanza/Cabezona, mientras que el mayor número de hembras adultas para la localidad el Milagro/MD2 fue en el mes de mayo 2021 con 11 piojos por planta, aumentando ligeramente para el mes de junio (Fig. 12).

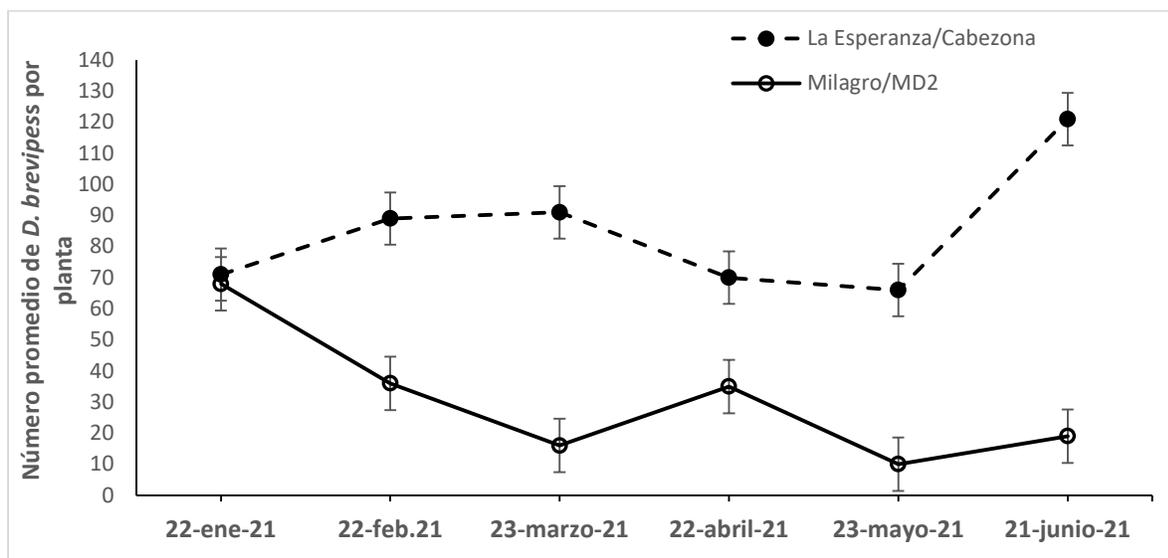


Figura 12. Presencia de *D. brevipennis* en las hojas basales del tallo de la piña, en dos localidades/variedades producidas en Huimanguillo Tabasco, México. Las barras indican error estándar de las medias del número de piojos harinosos (n=20).

Cuadro 1. Promedio general de la presencia de *D. brevipennis* en las hojas basales del tallo de piña, en las dos localidades/variedades producidas en Huimanguillo Tabasco, México.

Agrupación Tukey	Medias	N	Tratamientos
A	84.075	120	Esperanza/Cabezona
B	24.833	120	Milagro/MD2

En cuanto a la abundancia de *D. brevipes* en la zona de raíz de la planta de piña, se encontraron también diferencias estadísticas altamente significativas entre ambas localidades/variedades ($p < 0.0001$), aunque la población de piojos harinosos fue muy pequeña en comparación con los resultados anteriores en la base del tallo. En la localidad la Esperanza/cabezona se alcanzó el mayor número de *D. brevipes*, hasta 4 individuos por planta, mientras que la localidad el Milagro/MD2, presentó el mayor número de individuos en mayo de 2021, con un promedio de 2 piojos (Fig.13).

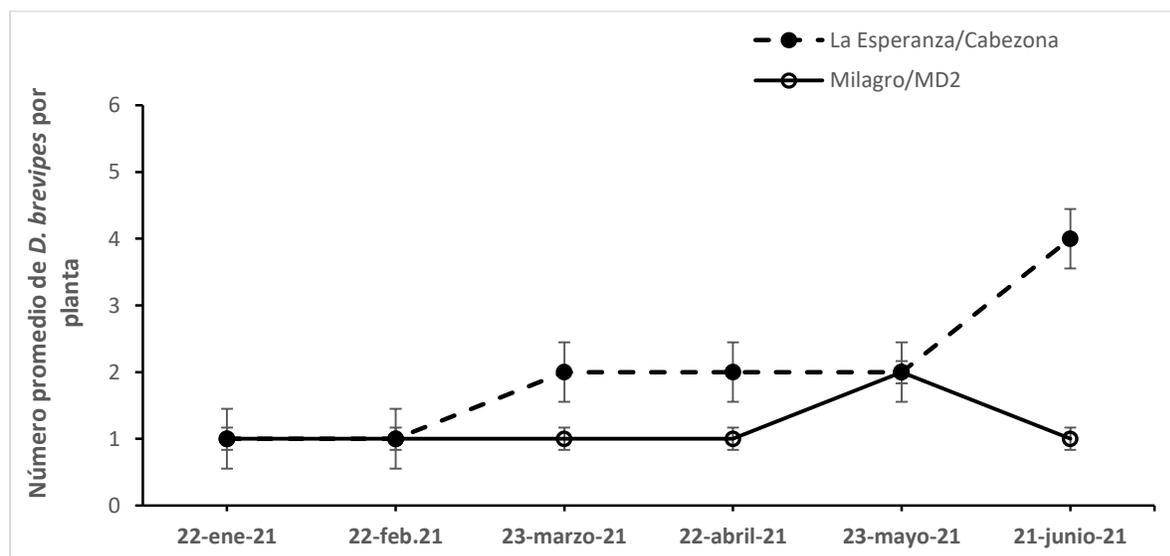


Figura 13. Presencia de *D. brevipes* en raíz de la piña, en dos localidades/variedades producidas en Huimanguillo Tabasco, México. Las barras indican error estándar de las medias del número de piojos harinosos ($n=20$).

Sin embargo, los datos del número de individuos de *D. brevipes* en el fruto muestra también diferencias estadísticas significativas entre ambas localidades/variedades ($p < 0.05$). Contrario a lo que sucede en raíz y las hojas del tallo, en frutos muestreados en el Milagro/MD2, se presentó el mayor número de *D. brevipes* en el mes de enero, con hasta 34 individuos del piojo harinoso (Fig.14)

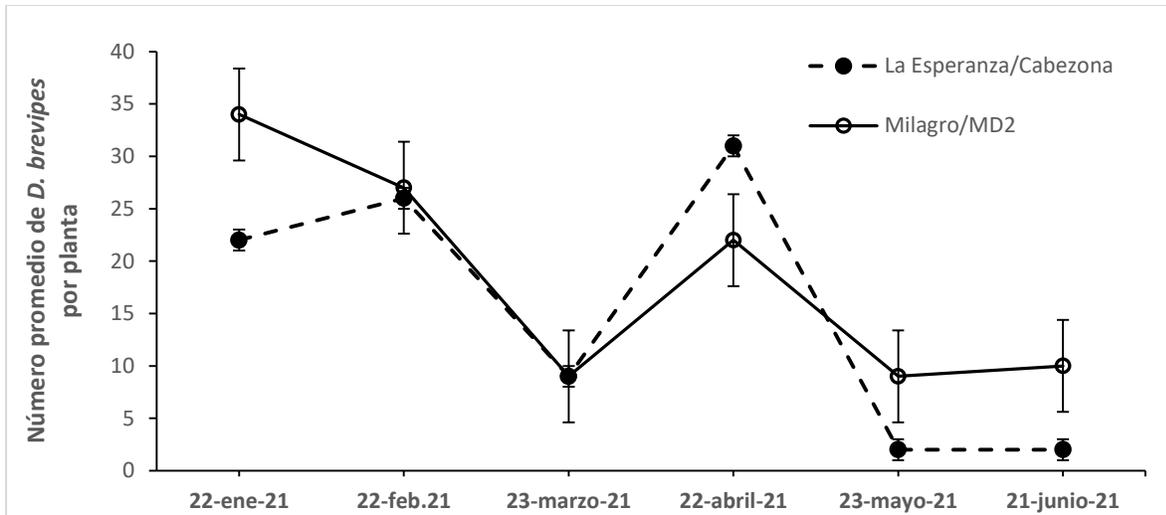


Figura 14. Presencia *D. brevipennis* en frutos de piña en dos localidades/variedades producidas en Huimanguillo Tabasco, México. Las barras indican error estándar de las medias del número de piojos harinosos (n=20).

En cuanto a la distribución de *D. brevipennis* por partes muestreadas de la planta de piña en ambas localidades/variedades, se observó en la Esperanza con la var cabeza un porcentaje de infestación mayor en hojas del tallo con (85.46%), fruto (13.17%), y en la raíz (0.013%), mientras que en el Milagro/MD2, en hojas del tallo con (61.76%), frutos (37.55%) y raíz (0.68%) (Fig. 15) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Infestación de *D. brevipennis* (%) distribuidos en plantas de piña durante los meses de enero a junio de 2021, en dos localidades/variedades de Huimanguillo Tabasco, México.

Parte muestreada	El Milagro/MD2	La Esperanza/Cabezona
	(%)	(%)
Tallo/Hoja	61.76	85.46
Fruto	37.55	13.17
Raíz	0.68	0.013
Total	100	100

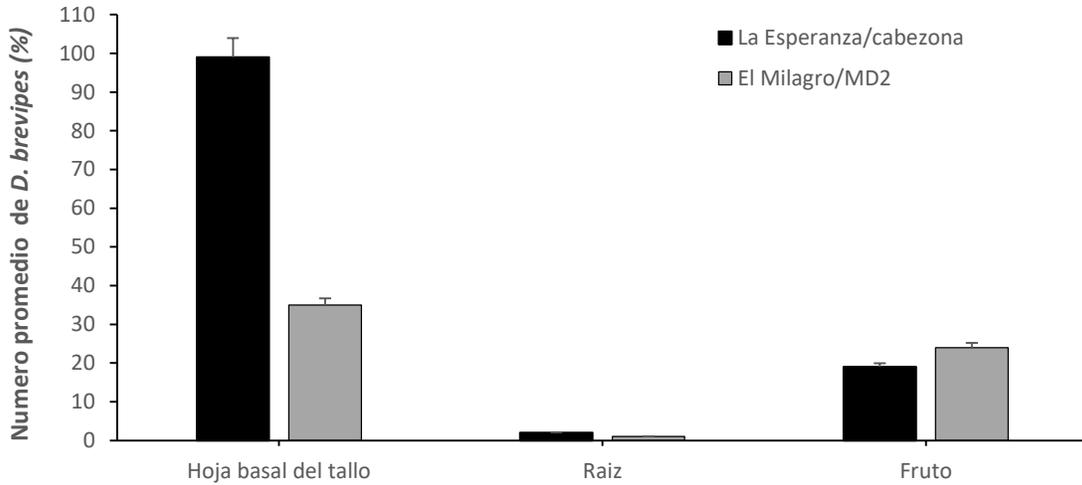


Figura 15. Presencia y distribución general de *D. brevipes* en plantas de piña durante los meses de enero a junio de 2021, en dos localidades/variedades de Huimanguillo Tabasco, México. Las barras indican error estándar entre los valores de las medias del número de piojos harinosos (n=20).

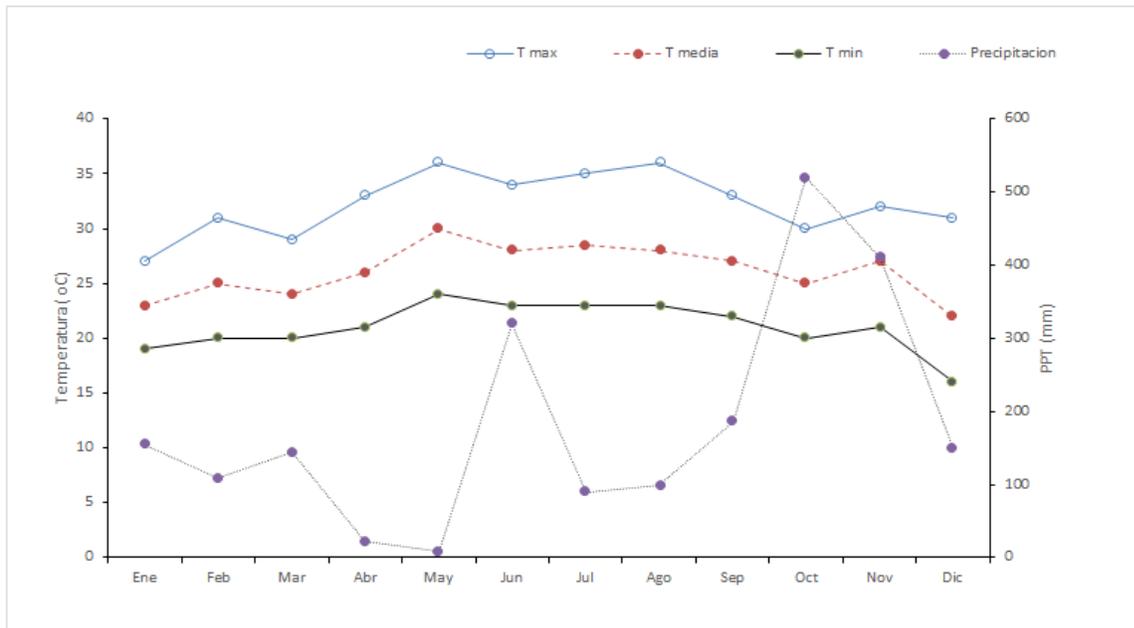


Figura 16. Fluctuación de la temperatura y precipitación de enero a diciembre de 2021 en la zona piñera de Huimanguillo, Tabasco.

En cuanto la distribución estacional y al porcentaje de infestación de *D. brevipipes*, los resultados indican que hubo diferencias significativas ($p < 0.0001$) entre las localidades/variedades de piña piña, siendo mayor el porcentaje de infestación en el Ejido la Esperanza con la variedad de piña cabezona.

3.5. Discusión

La variedad cabezona que se cultiva en ejido La Esperanza con una superficie plantada de alrededor de 200 ha, se caracteriza por tener un manejo agronómico y especialmente para *D. brevipipes*, relativamente mínimo y en algunos casos totalmente deficientes, debido entre otros criterios, al poco conocimiento por parte del productor de estos problemas. Así, por ejemplo, el manejo del piojo harinoso de la piña y hormigas asociadas, se basa exclusivamente al uso de una a dos aplicaciones por ciclo de cultivo con insecticidas como el diazinon y clorpirifos etil, aplicaciones que se realizan a inicios de la siembra y a mediados del ciclo. Por lo anterior, se observa la tendencia de la mayor abundancia de *D. brevipipes* en la variedad cabezona de febrero a junio. Es importante mencionar que las áreas cosechadas y próximas a destrucción para siguientes plantaciones de piña, no se le da manejo adecuado y son sitios de reproducción de *D. brevipipes* (Mau y Martín, 1992), aunado a que las orillas de las plantaciones están totalmente infestadas con arvenses, mismas que podrían ser reservorios de esta plaga (Martínez *et. al.*, 2006, García De la Cruz, *et. al.*, 2021).

Por otro lado, los datos de menor abundancia de *D. brevipipes* en la variedad MD2, se puede explicar en parte a los aspectos de manejo agronómicos de las plantaciones comerciales de piña MD2 dl rancho el Milagro, el cual pertenece a la empresa Agrícola San Pablo, S.P.R de R.L. El manejo agronómico de las plantaciones se hace de manera planeada e intensiva, considerado de alta tecnología, ya que la producción frecuentemente va al mercado de exportación. Para el manejo de *D. brevipipes*, las prácticas realizadas: podas sanitarias después de la cosecha, aplicación de herbicidas como el paracuat para finalización del cultivo, destrucción e incorporación de residuos de cosecha y un programa de control químico a base de insecticidas organofosforados

de clase 1B Diazol 50 EW ® (diazinon) y piretroides de clase 3 B (cypermctrina), productos que son aplicados en forma bimestral, junto con otros químicos regularmente en forma foliar con la ayuda de equipo pulverizador con aguilones. Sin embargo, este tipo de manejo de plagas, podría llevar a un escenario de resistencia de piojo harinoso hacia los insecticidas aplicados en forma constante (Venkatesan *et al.*, 2016). El futuro de la producción de piña sigue incrementándose y es necesario buscar estrategias de manejo ecológicamente amigables con el ambiente como el uso de productos más selectivos y de bajo impacto a la fauna benéfica, dentro de un esquema de manejo integrado de plagas y donde los productores puedan manejar en forma más sustentable de esta plaga.

Los datos mensuales de temperatura registrados para el municipio de Huimanguillo para los meses de enero a junio de 2021 (Fig. 16) oscilan de 26, 30, 29, 33, 37, 34° C respectivamente, los cuales se infiere son favorables para que *D. brevipes* se desarrolle adecuadamente, lo cual se observa al no presentar cambios dramáticos en su población. Bertín *et al.*, (2019), menciona que se requiere un total de 678.4 grados día para completar el desarrollo del primer instar ninfal a adulto y que la temperatura más favorable es de 30°C para el óptimo desarrollo de *D. brevipes*.

En cuanto la distribución estacional y al porcentaje de infestación de *D. brevipes*, los resultados indican que hubo diferencias significativas ($p < 0.0001$) entre las variedades de piña, siendo mayor el porcentaje de infestación en la var. cabezona. La piña var. cabezona es de crecimiento vigoroso, con plantas muy grandes, con altos contenidos de Fe en las hojas (Murillo *et al.*, 2019), por lo tanto, existe menos iluminación en las partes inferiores de la planta donde la misma es más susceptible a la plaga (tallos basales, hojas viejas y raíces), encontrando mejores condiciones para el desarrollo de *D. brevipes* (Valdes *et al.*, 2019). Las partes bajas de las plantas presentan un mayor número de colonias, donde estos piojos harinosos se protegen por la curvatura de las hojas basales viejas, lo que de algún modo hace que los piojos harinosos estén menos expuestos a la luz o enemigos naturales y que haga más difícil que los productos químicos aplicados para su control sean eficientes (Valdes, 2019; Hernández y Peña, 2009). Según, Mau y Martín (1992), Ciesla (2000) y Cermeli *et al.*, (2002), se han

detectado estos piojos harinosos en cualquier parte de la planta succionando la savia, teniendo una mayor preferencia por atacar la base de las hojas de las plantas más pequeñas; mientras que, en las plantas de mayor edad, la infestación pasa por los tallos hasta llegar al fruto. Los resultados del presente estudio muestran que existe presencia de *D. brevipes* en las dos variedades, atacando diversas partes de la planta y fruto de piña, sin embargo, en la variedad MD2 su impacto puede ser de mediana importancia ya que, al ser usada como producto de exportación, puede generar un rechazo de la fruta.

Al igual que Valdes *et al.*, (2019) se demuestra que el *D. brevipes* se alimenta de cualquier parte externa de la planta y que sin duda, tiene preferencia por atacar la base del tallo y hojas en la parte semisubterránea, donde también se encuentran colonias de hormigas. La distribución estacional varía notablemente de acuerdo a la época del año, ya que, según Valdés *et al.*, (2019), es en la época de seca donde generalmente se localizan en el estrato más bajo de la planta de piña, mientras que, en la de época de lluvias, los piojos harinosos tienden a encontrarse en las axilas de las hojas intermedias. Con estos datos se puede inferir que es necesario dirigir los aspectos de manejo sanitario de esta plaga desde inicios de la plantación, usando materiales de propagación sanos y sobre todo con programas de manejo agroecológico sustentable, de acuerdo con los niveles poblacionales detectados en este estudio, y el mercado de destino.

3.6. Conclusiones

- La especie de piojo harinoso presentes en ambas localidades, tanto en la variedad MD2, como en la variedad cabezona, corresponde a *Dysmicoccus brevipes* (Cockerell).
- *Dysmicoccus brevipes* se encontro en todo el tiempo de muestreo, teniendo una tendencia a incrementar su población al final del periodo de seca, en junio.
- *Dysmicoccus brevipes*, se encuentra preferentemente hacia las partes bajas de la planta de piña, a nivel de tallo y hojas basales a nivel semi-subterráneo.

- Con estos datos se puede inferir que es necesario dirigir los aspectos de manejo sanitario de esta plaga desde inicios de la plantación, usando materiales de propagación sanos y con programas de manejo agroecológicos sustentables, de acuerdo con los niveles poblacionales detectados en este estudio.

3.7. Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el financiamiento otorgado para la realización de mis estudios de maestría.

Al Ing. Víctor Vázquez Pichardo, por las facilidades otorgadas en su empresa, Agrícola San Pablo SPR de RL, para realizar la presente investigación en su rancho el Milagro.

3.8. Referencias

- Bartholomew, D., Paull, R. y Rohrbarch, K. (2002). The pineapple, Botany, production and uses. University of Hawaii at Manoa, Honolulu, USA, 300p.
- Bertin, A., Bortoli, L. C., Botton, M., y Parra, J. R. P. (2013). Host plant effects on the development, survival, and reproduction of *Dysmicoccus brevipes* (Hemiptera: Pseudococcidae) on grapevines. *Annals of the Entomological Society of America*, 106(5), 604-609.
- Bertin, A., Lerin, S., Botton, M., y Parra, J. R. P (2019). Umbrales de temperatura y requisitos térmicos para el desarrollo y la supervivencia de *Dysmicoccus brevipes* (Hemiptera: Pseudococcidae) en uvas de mesa. *Entomología Neotropical*, 48(1) ,71-77.
- Cermeli, M., Morales, P., Godoy, F., Romero, R., y Cárdenas, O. (2002). Presencia de la cochinilla rosada de la cayena *Maconellicoccus hirsutus* (Green) (Hemiptera: Pseudococcidae) en Venezuela. *Entomotropica*, 17(1), 103-105.
- Ciesla, W. M. (2000). *Dysmicoccus brevipes*: A new insect pest of Casuarina equisetifolia In the coast province of Kenya. incompleta
- García-De la Cruz, R., y García-López, E. (2021). Combined effects of cover crops and herbicide rotation as proactive weed management in pineapple (*Ananas comosus* L. Merr). *Agroproductividad*, 14(9), 97-108.

- Hernández-Rodríguez, L., y Peña Bárzaga, I. (2009). La marchitez de la piña producida por cochinillas ¿Un problema complejo o un complejo de problemas? *Citrifrut*.
- Kosztarab, M. (1963). The armored scale insect of Ohio (Homoptera:Coccoidea: Diaspididae). *Bulletin of the Ohio Biological Survey*, 2: 1-120.
- Martínez, M. D. L. A., Surís, M., y Blanco, E. (2006). Fauna de chinches harinosas (Hemiptera: Pseudococcidae) asociada a plantas de interés: III. Árboles frutales. *Revista de protección vegetal*, 21), 109-113.
- Mau U, F.L.; Martin, J. (1992) *Dismyococcus brevipes*. Honolu: Universidad de Hawaii. Recuperado el 18 de enero de 2022: http://www.extento.hawaii.edu/kbase/crop/d_brevip.htm
- Murillo-Hernández, F. E., Córdova-Sánchez, S., Salgado-García, S., Bolio-López, G. I., De la Cruz-Burelo, P., & Sánchez-Gutierrez, F. (2019). Determinación nutricional de pina criolla (*Ananas comosus* L. Merrill) en la sub-region de la Chontalpa Tabasco, Mexico. *Agroproductividad*, 12(7).
- Salgado-García, S., Palma-López, D. J., Zavala-Cruz, J., Ortiz-García, C. F., Lagunes-Espinoza, L. C., Ortiz-Ceballos, A. I., y Salgado-Velázquez, S. (2017). Los suelos ácidos de la sabana de Huimanguillo, Tabasco, México. *Agroproductividad*, 10(12), 16-21.
- Torres-Ávila, A., Aguilar Ávila, J., Santoyo Cortés, V. H., Uriza Ávila, D. E., Zetina Lezama, R., & Rebolledo Martínez, A. (2018). La piña mexicana frente al reto de la innovación. *Avances y retos en la gestión de la innovación*.
- Valdés, N. P., Ramos, D. R., Cruz, M. I., Santana, I. R., Álvarez, J. A. D., García, J. A. G., & Skeete, A. (2019). Distribución de *Dysmicoccus brevipes* en la empresa de piña. *Universidad y Ciencia*, 8, 58-71.
- Venkatesan, T., Jalali, S. K., Ramya, S. L., y Prathibha, M. (2016). Insecticide resistance and its management in mealybugs. In *Mealybugs and their Management in Agricultural and Horticultural crops* (pp. 223-229). Springer, New Delhi.
- Weatherspark, (2021). Datos meteorológicos Huimanguillo, Tabasco 2021. Recuperado el 22 de Diciembre de 2021: <https://www.bing.com/>.
- Williams, D. J., & Granara de Willink, M. C. (1992). *Mealybugs of Central and South America* (No. QL527. P83 W71).

CAPÍTULO IV. Patogenicidad, virulencia y bioeficiencia de hongos entomopatógenos solos y combinados con aceites vegetales sobre *Dysmicoccus brevipes* (Cockerell)

Resumen

Dismiccoccus brevipes (Cockerell) (Hemiptera: Pseudococcidae) es una de las plagas de mayor importancia de la piña, entre otros cultivos, a nivel mundial, no solo por los daños directos que ocasiona, si no por ser trasmisor del virus marchitez roja de la piña. Los hongos entomopatógenos son una alternativa para el manejo de este insecto. En un experimento preliminar se evaluó la patogenicidad y virulencia de dos aislamientos de *Beauveria bassiana* (BbCT, BbCa) y uno de *Metarhizium anisopliae* (Ma01), sobre la mortalidad de hembras adultas de *D. brevipes*. Posteriormente, el aislamiento más virulento y una cepa comercial de *Paecilomyces fumosorocceus* (PAE-SIN), fueron evaluados en condiciones de laboratorio e invernadero, solos o en combinación con aceite de soya y aceite de neem. Todos los aislamientos evaluados presentan diferente grado de patogenicidad; sin embargo, *B. bassiana* resultó ser el más patogénico. El aislamiento BbCa a una concentración inicial de 1×10^7 conidios mL^{-1} fue dos tercios más efectivo contra adultos de *D. brevipes* comparado al control, causando mortalidad del $66\% \pm 6\%$ a los 8 días pos inoculación a $26 \pm 1^\circ\text{C}$. BbCa presentó la mayor virulencia determinada en función de la CL_{50} , con un valor de 3.45×10^7 conidios mL^{-1} y una CL_{95} de 2.29×10^8 conidios mL^{-1} , bajo condiciones controladas. Sin embargo, la eficacia se incrementó para BbCa, cuando se combinó con aceite de neem, al causar el 100 % de mortalidad a los 6 días pos inoculación. El aceite de neem y BbCa mostraron un 100 % de eficacia de muerte de *D. brevipes* en condiciones de invernadero.

Palabras clave: control biológico, *Dysmicoccus*, entomopatógenos, piña.

Abstract

Dismiccoccus brevipes (Cockerell) (Hemiptera: Pseudococcidae) is one of the most important pests of pineapple, among other crops, worldwide, not only for the direct damage that this causes, but also because it is a vector of the mealybug pineapple wilt. Entomopathogenic fungi are an alternative for the management of this insect. A preliminary experiment evaluated the pathogenicity and virulence of two isolates of *Beauveria bassiana* (BbCT, BbCa) and one of *Metarhizium anisopliae* (Ma01), on the mortality of female adults of *D. brevipes*. Subsequently, the most virulent isolates and a commercial strain of *Paecilomyces fumosoroseus* (PAE-SIN) were evaluated in another experiment under laboratory and greenhouse conditions, alone or in combination with soybean oil and neem oil. The results show that all the isolates evaluated have different degrees of pathogenicity; however, *B. bassiana* resulted to be the most pathogenic. BbCa isolation at an initial concentration of 1×10^7 mL⁻¹ conidia was effective against adults of *D. brevipes*, causing mortality of $66\% \pm 6\%$ after 8 days of the inoculation at $26 \pm 1^\circ\text{C}$. BbCa presented the highest virulence determined according to the CL₅₀, with a value of 3.45×10^7 mL⁻¹ conidia and a CL₉₅ of 2.29×10^8 mL⁻¹ conidia, under controlled conditions. However, efficacy was increased for BbCa, when combined with neem oil, causing 100% mortality at 6 days after inoculation. In addition, both oil neem and BbCa showed high mortality of *D. brevipes* in greenhouse conditions.

Keywords: entomopathogens, biological control, pineapple, *Dysmicoccus*.

4.1. Introducción

La producción de piña es un importante recurso que genera derrama económica a nivel mundial. Las principales exportaciones de piña de México tienen como destino el mercado de Estados Unidos, con un valor de alrededor de \$30, 602,000 de USD (SADER, 2021). Desafortunadamente, la industria de piña se ve afectada por diversos problemas fitosanitarios, ya que el cultivo de piña se practica en forma intensiva y en monocultivo, donde generalmente se aplican paquetes de productos agroquímicos, trayendo problemas a nivel de salud humana, ambiente y del agroecosistema. Este cultivo es afectado por varias plagas de importancia económica, incluyendo los piojos harinosos *Dysmicoccus brevipes* (Cockerell) y *D. neobrevipes* Beardsley (Torres *et al.*, 2018). Estos piojos harinosos son considerados una de las plagas importantes a nivel comercial, ya que suelen ser los causantes de importantes daños en todo el ciclo de crecimiento del cultivo de piña y siendo vectores del virus marchitez roja de la piña, lo cual incrementa su importancia al llegar a generar pérdidas de hasta un 100% de la cosecha de exportación por rechazo de la fruta (Palma *et al.*, 2019). En México Se encuentra reportado *D. brevipes* afectando hasta un 20-30 % en el rendimiento de la piña (Torres *et al.*, 2018).

Las estrategias de manejo reciente de *D. brevipes* en el cultivo de la piña, se basan principalmente en aplicaciones de insecticidas organofosforados. Sin embargo, la efectividad del control químico es parcialmente limitada, dado el comportamiento de ubicación del insecto en la planta y a la presencia de una capa cerosa que sirve como barrera para la penetración del insecticida, protegiendo a las hembras y a los huevecillos del efecto residual. Además, existe actualmente un incremento en la preocupación por el riesgo del uso de plaguicidas tóxicos, usados en la agricultura en general, por lo que la exploración de estrategias más económicas, viables y ambientalmente seguras son necesarias. Por esta razón, consideramos que la producción de piña puede verse beneficiada por la acción de extractos botánicos de los programas de control biológico de plagas con insectos parasitoides, depredadores o con entomopatógenos tales como hongos, bacterias, nematodos (Zar, *et al.*, 2021).

Los hongos entomopatógenos ocurren naturalmente y son capaces por si solos de inducir colonizaciones en insectos. Son considerados como alternativas viables y seguras al uso de insecticidas en programas de manejo integrado. Además, según Batta (2016), los entomopatógenos es el único grupo que pueden infectar plagas que tienen aparato bucal chupador, tales como los áfidos, piojos harinosos, mosquitas blancas, y mosquitos, entre otros (Cabanillas y Jones 2009, Batta 2016). Se han reportado combinados modos de acción de los entomopatógenos sobre artrópodos, que incluyendo toxinas, depleción de nutrientes, disrupción fisiológica y daño mecánico en los tejidos internos debido al desarrollo de micelio (Lacey et al., 2015). La eficacia de algunas especies de entomopatógenos está ampliamente documentada, particularmente para el caso de los piojos harinosos. Por ejemplo, *Beauveria bassiana*, *Lecanicidium lecanii*, and *Metarhizium anisopliae* causa micosis y eventual muerte de *Paracoccus marginatus* (Amutha y Banu 2011).

Por otra parte, los extractos de aceites botánicos, se han usado ampliamente para el manejo de insectos debido a su propiedad repelente, naturaleza anti alimentación, inhibición del crecimiento, alta degradabilidad, y a la seguridad ambiental (Oparaeke et al., 2005).

Para el manejo de *D. brevipipes* en el cultivo de la piña, se han documentado muy pocos trabajos en laboratorio y aún menos en campo. Por ejemplo, en un estudio donde se evaluó *B. bassiana* (4.0×10^{10} esporas/g); *M. anisopliae* (1.0×10^{10} esporas/g); una mezcla de ambos hongos (0.5 g + 0.5 g/l de agua destilada, de 4.0×10^{10} esporas/g + 1.0×10^{10} esporas/g); un jabón líquido de sales potásicas, Goyca ® (7 ml/L); el extracto botánico (Biorep ®) (mezcla de chile picante, ajo, cebolla, mostaza y gavilana) (7 ml/L); y agua destilada como testigo. Los resultados obtenidos indicaron buena eficiencia de los hongos entomopatógenos en condiciones de laboratorio y que el extracto botánico y el jabón líquido, fueron los que causaron una mortalidad más rápida. Los tratamientos también fueron evaluados en plantación comercial de piña, var. MD-2, y confrontados con los productos Diazinon ® 60 EC (diazinon) (0,5 ml/L) y Sevin ® 80 WP (carbaril) (1 kg/ha). El extracto botánico resultó con la menor incidencia de cochinillas por planta (Miranda y Blanco 2013).

Se hipotiza, hipotetizamos que los hongos entomopatógenos combinados con los extractos de aceites de vegetales incrementa la bioeficacia sobre la mortalidad de hembras adultas de *D. brevipipes* en condición de laboratorio e invernadero.

Por esta razón, evaluamos el potencial de dos hongos nativos (*B. bassiana* y *M. anisopliae*), aislados de suelo de la sabana de Huimanguillo Tabasco y de un producto comercial a base de *P. fumosoroseus*, solos o combinados con aceite de neem y aceite de soya como coadyuvantes.

Por lo tanto, nuestros objetivos específicos fueron determinar 1) la patogenicidad y efectividad de dos cepas de *B. bassiana*, una de *M. anisopliae* y *P. fumosoroceus*, solos y en combinación con aceite de neem y aceite de soya, sobre el piojo harinoso en el cultivo de piña en condiciones de laboratorio e invernadero, 2) la virulencia de los hongos entomopatógenos a través de concentración letal media (CL₅₀) y concentración letal 95 (CL₉₅) del hongo más patogénico en el piojo harinoso.

4.2. Materiales y Métodos

Los bioensayos se llevaron a cabo en el Laboratorio de Control Biológico del Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco, de enero a diciembre de 2021.

4.2.1. Colecta y obtención de colonias de *D. brevipipes*

Para la obtención y reproducción de individuos de *D. brevipipes*, se colectaron en campo plantas de piña de las variedades MD2 y cabezona infestadas con *D. brevipipes*. Posteriormente, las muestras de piña se trasladaron al laboratorio de Control Biológico del Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. Las muestras se revisaron para evitar la presencia de cualquier enemigo natural y posteriormente, se trasladaron y confinaron en una unidad de cría del laboratorio de Control biológico del Colegio de Postgraduados Campus Tabasco, de acuerdo al sistema propuesto por Pandey *et al.*, (2006). Para el pie de cría utilizado en los experimentos, se sembraron en macetas de plástico 50 clavos de piña de 8 meses de edad de los cuales 25 fueron de la variedad cabezona y 25 de la variedad MD2 las cuales se mantuvieron en un invernadero,

posteriormente 20 días después de su siembra éstas fueron inoculadas con un total de 20 hembras adultas por planta. Adicionalmente, se estableció otra colonia de *D. brevipes* en calabaza Butternut bajo condiciones de laboratorio ($26 \pm 1^\circ \text{C}$, 75 –90% HR, 14:10 h de fotoperiodo de luz: oscuridad) (Fig.17).



Figura 17. Obtención de colonias de colonias de *D. brevipes* en piña variedades MD2 y cabezona; así como en calabaza butternut.

4.2.2. Cultivo de los aislamientos de hongos entomopatógenos

Para llevar a cabo el estudio preliminar de patogenicidad y virulencia, se emplearon los siguientes aislamientos nativos de suelos de Tabasco, México (Cuadro 3), que se conservan en la colección del Laboratorio de Control Biológico del Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco, éstos fueron: dos de *Beauveria bassiana* (BbCa, BbCT) y uno de *Metarhizium anisopliae* (Ma01). Para los experimentos subsecuentes de bioeficacia, se utilizó además un producto comercial a base de *Paecilomyces fumosorocceus* (PAE-SIN®) obtenido de la empresa AGROBIONSA).

4.2.3. Obtención de conidios

La producción de conidios se realizó mediante el cultivo en superficie de medio sólido usando agar dextrosa sabouraud (ADS, Bioxon, México), en la proporción siguiente: dextrosa 40 g, peptona de carne 5 g, peptona de caseína 5 g y agar 15 g. Este medio se esterilizó previamente en una autoclave y se transfirió a cajas Petri de poliestireno estériles, de 90 x 15 mm. Para la obtención de conidios, las cajas se incubaron por tres semanas a temperatura de 26 ± 1 °C y 24 h oscuridad. La extracción de conidios se realizó por medio de raspado de la superficie y posteriormente suspendidos en solución Tween 80 al 0.03%. La cuantificación de conidios se realizó en una cámara de Neubauer, de acuerdo al método propuesto por Inglis *et al.*, (2012) (Fig.18).

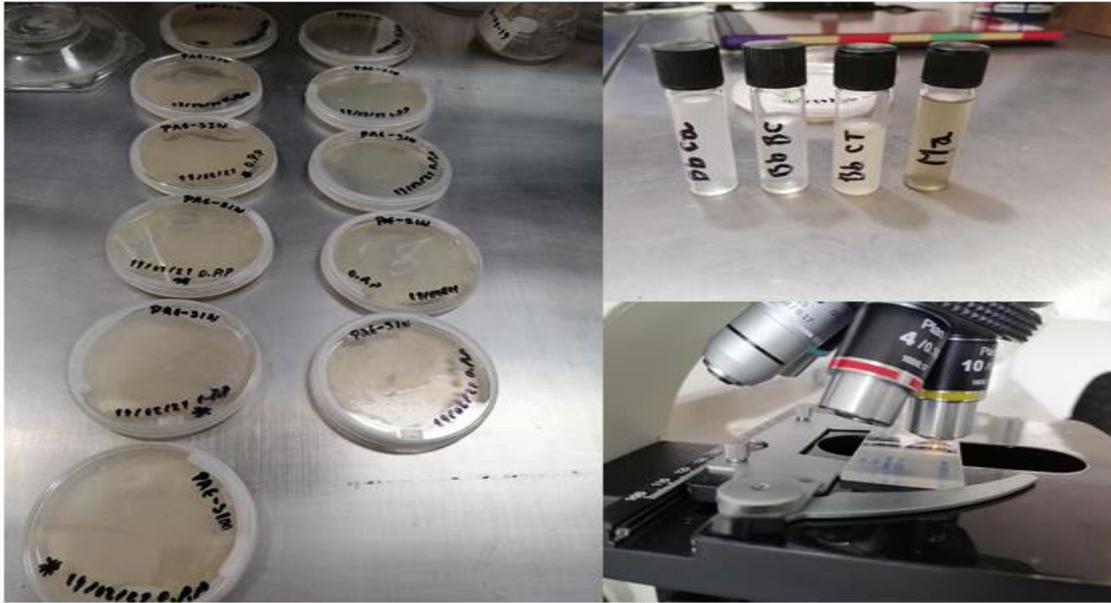


Figura 18. Cultivo de hongos entomopatógenos en medio Agar dextrosa Sabouraud (ADS) y cuantificación de conidios en cámara Neubauer.

4.2.4. Evaluación de patogenicidad y virulencia de *B. bassiana* y *M. anisopliae* sobre *D. brevipennis*

Patogenicidad

Para evaluar la patogenicidad de las diferentes cepas sobre la mortalidad de *D. brevipennis*, se colocaron 10 hembras adultas sobre dos trozos basales de hoja de piña MD2 de 8 x 8 cm ubicado dentro de cajas de plástico con aberturas en la parte superior (20 cm de largo x 10 cm de ancho y 10 cm de profundidad), en cada caja se le colocó papel filtro húmedo en el fondo para proporcionar humedad (Fig. 19). De los aislamientos seleccionados, se asperjaron tres dosis de conidios (10^6 , 10^7 y 10^8 conidios mL^{-1}) suspendidos en solución Tween 80 al 0.05%, más un control negativo donde se aplicó únicamente solución Tween 80 al 0.05%. Las aplicaciones se realizaron de acuerdo con la metodología propuesta por Ramírez-Sánchez *et al.* (2019). Se mantuvieron bajo condiciones de laboratorio ($26 \pm 1^\circ\text{C}$, 65 –70% HR, 14:10 h de fotoperiodo de luz: oscuridad). La mortalidad de los piojos harinosos se evaluó a intervalos de 24 h después de la aspersión durante 8 días. Diariamente, se realizó la extracción y cuantificación de insectos muertos, siguiendo la metodología de Butt y Goettel (2000) y la fórmula de Abbot (1995) siguiente:

$$\% \text{ de mortalidad} = \frac{\% \text{ de mortalidad en control} - \% \text{ mortalidad en tratamiento} (100)}{\% \text{ mortalidad en control}}$$



Figura 19. Patogenicidad y virulencia de los hongos entomopatógenos sobre *D. brevipipes*.

Virulencia

Tomando como referencia los datos de patogenicidad, se usaron los mismos aislamientos (BbCa y BbCT y Ma01) para determinar la virulencia sobre *D. brevipipes* (Cuadro 3).

Cuadro 3. Referencia de los hongos entomopatógenos utilizados en la evaluación de patogenicidad y virulencia contra *D. brevipipes*.

Especie	Clave	Hospedante	Localidad
<i>Beauveria bassiana</i>	BbCT	<i>Hypsiphilla grandella</i>	Huimanguillo, Tab.
<i>Beauveria bassiana</i>	BbCa	<i>Hypothenemus sp.</i>	Huimanguillo, Tab.
<i>Metarhizium anisopliae</i>	Ma01	<i>Aeneolamia sp.</i>	Cárdenas, Tab.

Se utilizó la misma metodología de patogenicidad y se evaluaron las tres dosis de conidios: 10^6 , 10^7 y 10^8 , suspendidos en solución Tween 80 al .0.05 %, más un testigo con solo Tween 80 al 0.05%. Para determinar la relación de la variable dicotómica mortandad, o el porcentaje de mortalidad de *D. brevipipes* y el efecto de *B. bassiana* y *M. anisopliae* como variables independientes o tratamientos; el análisis probit fue utilizado. Así mismo, en este experimento dosis – respuesta, las concentraciones letales o

efectivas CL₅₀, CL₉₀, y CL₉₅ fueron estimadas, incluyendo intervalos de confianza del 95 %.

4.2.5. Bioeficiencia de *B. bassiana* y *P. fumosoroseus* solos y en combinación con aceites vegetales, sobre *D. brevipipes*.

Se utilizaron las cepas de los hongos entomopatógenos más virulentos de *B. bassiana* (BbCa) y una cepa formulada de *P. fumosoroseus* (PAE-SIN®) solos y combinados con aceite de soya (CARRIER®) y aceite de extracto de neem (Nimicide 80®) (Cuadro 4). En total se probó ocho tratamientos más un testigo, en un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones. Después de la inoculación, la mortalidad de los insectos se evaluó a intervalos de 24 h, durante 8 días, bajo las mismas condiciones experimentales del bioensayo de virulencia y patogenicidad.

4.2.6. Eficacia de los hongos *B. bassiana* y *P. fumosoroceus* y aceite de neem en planta de piña en invernadero

Basados en los resultados de bioensayo anterior, un aislamiento de *B. bassiana* (BbCa) y *P. fumosoroseus* fueron usados como tratamientos para la prueba de invernadero. Se utilizó también el aceite de neem (Nimicide) como mejor candidato y un tratamiento testigo (agua). Hijuelos de piña MD2 del número 6 de tamaño (40 cm de longitud) provenientes de un terreno comercial en el rancho Milagros de la empresa Agrícola San Pablo, fueron trasplantados en macetas conteniendo 2 kg de suelo de sabana de la misma área. Estas plantas fueron depositadas en semi-invernadero con malla sombra y regadas cada 3 días hasta la edad de 1 mes de trasplante. Un total de 20 hembras adultas de *D. brevipipes* fueron inoculadas entre la base del suelo y hojas basales de la piña. Los insectos fueron dejados por aproximadamente 1 semana para permitir su adaptación y establecimiento. Cada unidad experimental fue de 1 planta (maceta), teniendo un total de 4 macetas por tratamiento. Se evaluó la mortandad de *D. brevipipes* en tres diferentes fechas (8, 15 y 30 días después de la aplicación de los tratamientos). Se utilizó una concentración de 10⁷ conidios/mL de los hongos evaluados de la misma manera se utilizó el aceite de neem tal y como se muestra en las concentraciones usadas en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Tratamientos evaluados para determinar la bioeficiencia de los hongos entomopatógenos y aceites vegetales.

Tratamiento	Clave	Método control**	Concentración/dosis Conidios/mL
<i>B. bassiana</i>	BbCa	Biológico (B)	1 x 10 ⁷
<i>P. fumosoroceus</i>	PAE-SIN	Biológico (B)	1 x 10 ⁷
Aceite de soya	AS (Carrier®)	Ecológico (E)	1.2 ml / 1 L de agua
Aceite de neem	AN (Nimicide 80®)	Ecológico (E)	1 ml / 0.4 L de agua
BbCa + AS	BbCa + AS	B + E	1 x 10 ⁷
BbCa + AN	BbCa + AN	B+ E	1 x 10 ⁷
PAE-SIN + AS	PAE-SIN + AS	B + E	2.5 x 10 ⁷
PAE-SIN + AN	PAE-SIN + AN	B + E	2.5 x 10 ⁷
Testigo	Tween 80	Testigo	0.05 %

4.3. Análisis estadístico

Respecto a patogenicidad y virulencia se empleó un diseño experimental completamente al azar, con tres tratamientos (aislamientos) más un testigo, con cuatro replicas cada uno. El experimento fue repetido 3 veces. Asimismo, se realizó un análisis Probit para estimar la CL₅₀ y CL₉₅ de cada aislamiento con 95% de límite de confianza. También se realizó un análisis de varianza y comparación múltiple de medias tanto de los aislamientos, como de sus concentraciones con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) mediante el programa (SAS, 2012). Se utilizó el modelo $\Phi^{-1}[\Pi(x)] = \alpha + \beta x$, y la aplicación de la fórmula para estimar las concentraciones letales, $CL(\mathbf{P}) = (\text{qnorm}(\mathbf{P}) - \alpha) / \beta$

Con la finalidad de evaluar la efectividad y bioeficiencia de los hongos *Beauveria bassiana*, *P. fumosoroceus*, solos y combinados con aceite de neem y aceite de soya

sobre hembras adultas de *D. brevipēs* en el cultivo de piña en condiciones de laboratorio e invernadero; se efectuaron análisis de varianzas de acuerdo al diseño experimental completamente al azar. Así mismo, se probó la hipótesis siguiente: el uso de hongos entomopatógenos y los aceites vegetales como coadyuvantes, son altamente efectivos en el control de *D. brevipēs*.

4.4. Resultados

4.4.1. Patogenicidad y virulencia de *B. bassiana* y *M. anisopliae* sobre *D. brevipēs*

Respecto a la patogenicidad, se encontró que todos los aislamientos resultaron ser patogénicos a las diferentes concentraciones de conidios usados en los dos hongos evaluados (>40% de mortalidad en general) cuando se utilizó la concentración inicial más baja de 1×10^6 conidios mL^{-1} . Los dos aislamientos de *B. bassiana* (BbCa y BbCT), mostraron los más altos niveles de mortalidad de *D. brevipēs* en todas las concentraciones usadas.

Para el caso de la mortalidad durante los 8 días de evaluación a una concentración de 1×10^6 de ambos hongos evaluados se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas entre tratamientos ($p < 0.0001$), presentando la mayor mortalidad el tratamiento BbCa con 22.2%, seguido de los tratamientos BbCT y Ma01 con 16.3 y 17.8%, respectivamente en comparación con el testigo donde se registró una mortalidad de 4.7% (Fig. 20). Sin embargo, los datos obtenidos en el día 8 después de inoculación, muestran que la mortalidad registrada fue de 45, 40, 32.5 y 4.5 % para los tratamientos BbCa, BbCT, Ma01 y Testigo respectivamente (Fig. 21).

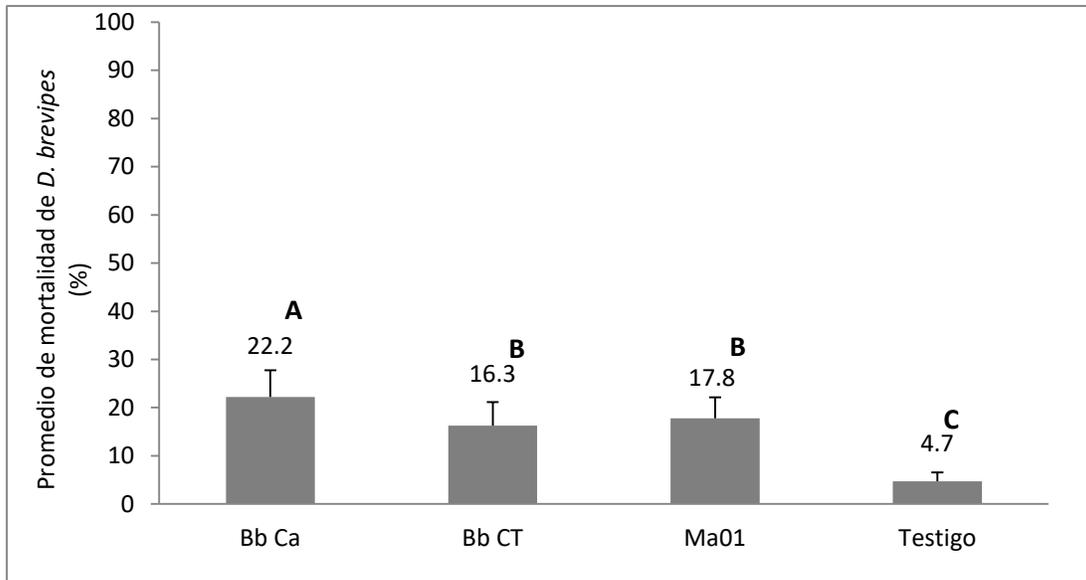


Figura 20. Mortalidad (%) general sobre hembras adultas de *D. brevipennis* por aislamiento a una concentración de 1×10^6 conidios mL^{-1} durante los 8 días a 26 ± 1 °C. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $p \leq 0.05$). Las barras indican error estándar entre los valores de las medias del número de piojos harinosos ($n=4$).

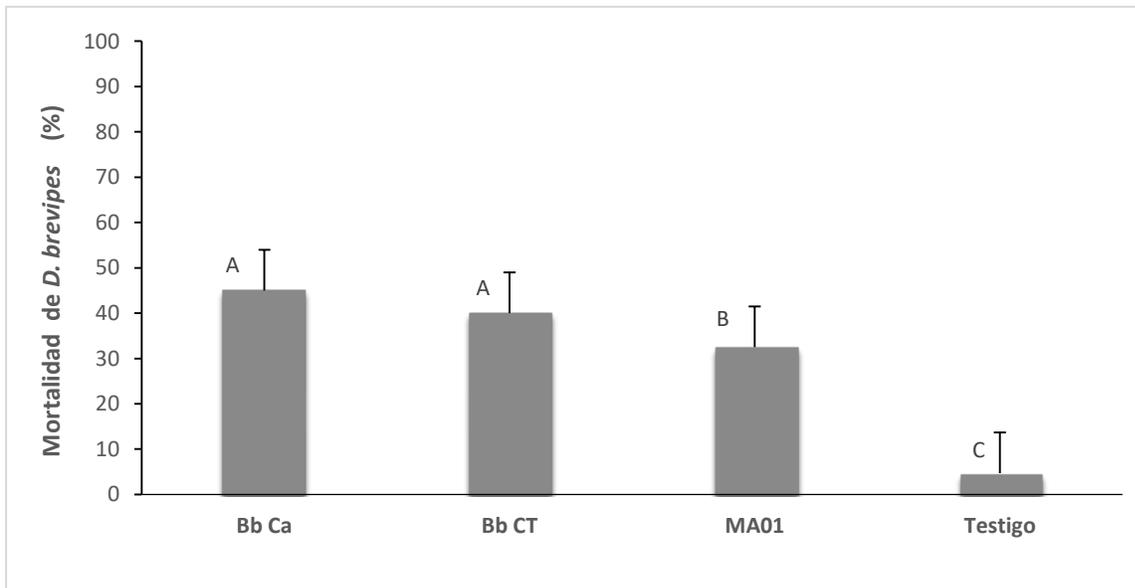


Figura 21. Mortalidad (%) y error estándar de hembras adultas de *D. brevipennis* por aislamiento a una concentración de 1×10^6 conidios mL^{-1} a los 8 días post inoculación a 26 ± 1 °C. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $p \leq 0.05$). Las barras indican error estándar entre los valores de las medias del número de piojos harinosos ($n=4$).

Los datos de mortalidad para la concentración de 1×10^7 conidios mL^{-1} muestran que hubo un incremento en el porcentaje de mortalidad con respecto a la concentración 10^6 conidios mL^{-1} . Existieron diferencias estadísticas altamente significativas entre tratamientos ($p < 0.0001$), presentando el mayor porcentaje promedio de mortalidad general durante los 8 días de evaluación, los tratamientos BbCa y BbCT con 60 y 58.43% respectivamente, seguido del tratamiento Ma01 con 49.06% comparada con el tratamiento testigo con 7.18 % de mortalidad (Fig. 22).

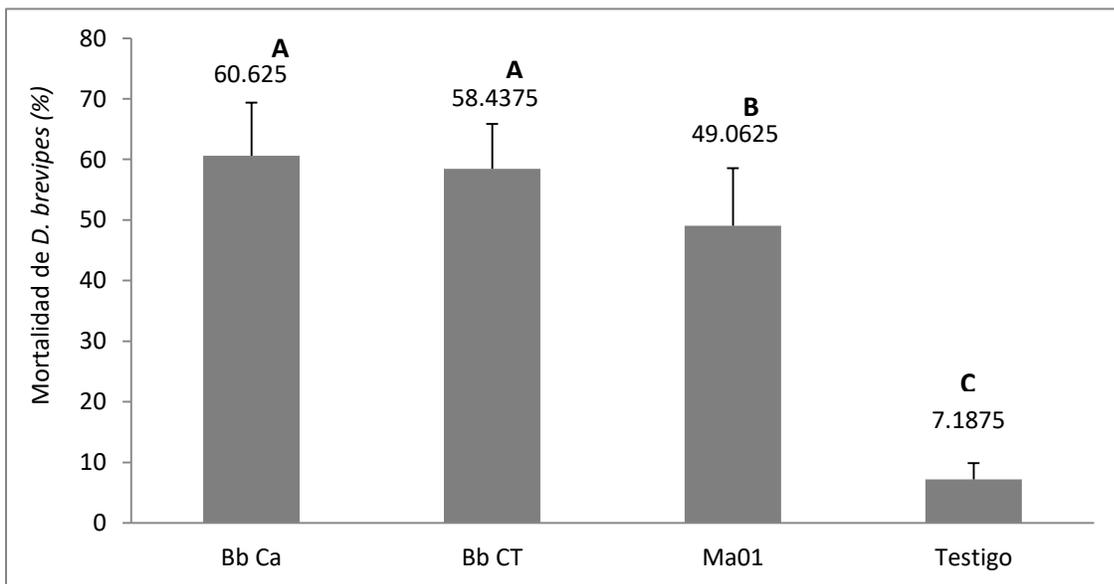


Figura 22. Mortalidad (%) y error estándar general sobre hembras adultas de *D. brevipennis* por aislamiento a una concentración de 1×10^7 conidios mL^{-1} durante los 8 días a 26 ± 1 °C. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $p \leq 0.05$). Las barras indican error estándar entre los valores de las medias del número de piojos harinosos ($n=4$).

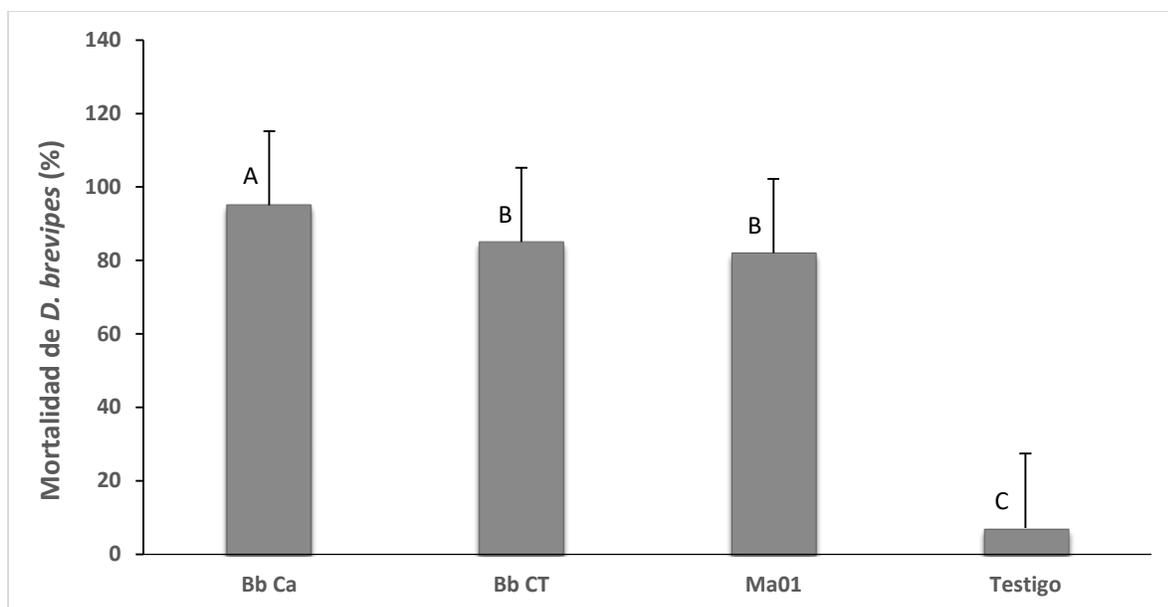


Figura 23. Mortalidad (%) de hembras adultas de *D. brevipex* por aislamiento a una concentración de 1×10^7 conidios mL^{-1} a los 8 días post inoculación a 26 ± 1 °C. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $p \leq 0.05$). Las barras indican error estándar entre los valores de las medias del número de piojos harinosos ($n=4$).

En la Figura 23 se muestran los datos de mortalidad de piojo harinoso al día 8 pos inoculación, donde se observa una mortalidad de 95, 85, 82 y 7.18% para los tratamientos BbCa, BbCT, Ma01 y Testigo respectivamente.

Los resultados para el caso de la concentración 10^8 conidios mL^{-1} muestran aun mayor incremento en el porcentaje de mortalidad de *D. brevipex* con respecto a las concentraciones 10^6 y 10^7 conidios mL^{-1} . También se detectaron diferencias estadísticas altamente significativas entre tratamientos ($p < 0.0001$), presentando el mayor porcentaje promedio de mortalidad los tratamientos BbCa y BbCT con 69.4 y 62.5%, respectivamente, seguido del tratamiento Ma con 51.9 %, mientras que en el testigo se registró una mortalidad de 5.9 % (Fig. 24).

En la Figura 25 se muestran los datos de mortalidad de piojo harinoso al día 8 pos inoculación, donde se observa una mortalidad de 100, 95, 87.5 y 7.1% para los tratamientos BbCa, BbCT, Ma01 y Testigo respectivamente.

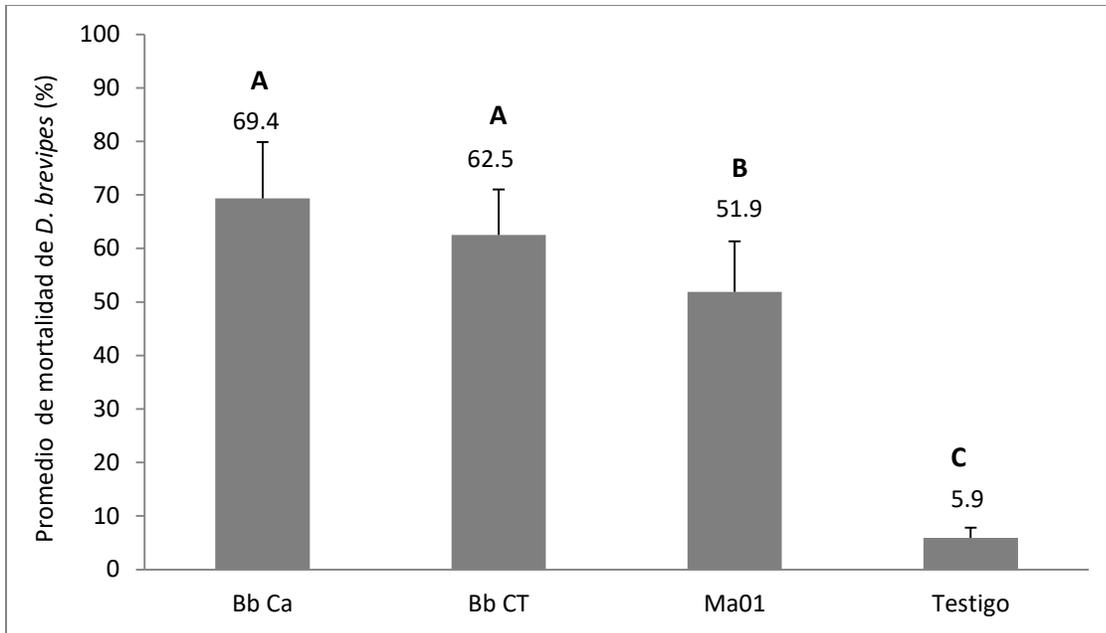


Figura 24. Mortalidad (%) general y error estándar sobre hembras adultas de *D. brevipennis* por aislamiento a una concentración de 1×10^8 conidios mL^{-1} durante los 8 días a 26 ± 1 °C. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $p \leq 0.05$). Las barras indican error estándar entre los valores de las medias del número de piojos harinosos ($n=4$).

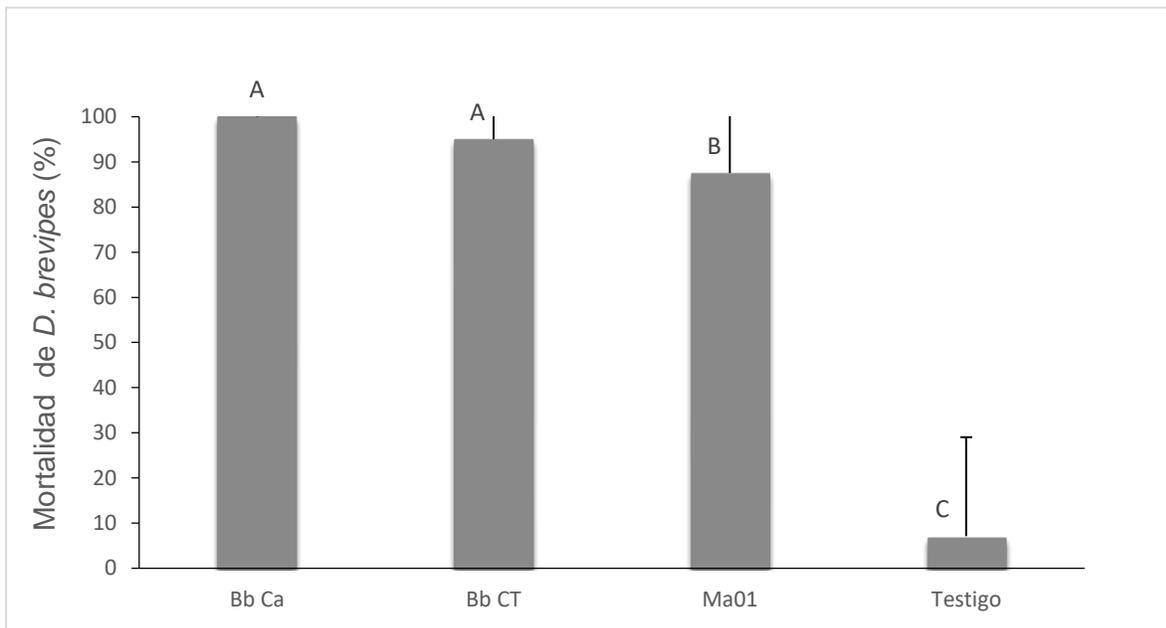


Figura 25. Mortalidad (%) de hembras adultas de *D. brevipennis* por aislamiento a una concentración de 1×10^8 conidios mL^{-1} a los 8 días post inoculación a 26 ± 1 °C. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $p \leq 0.05$). Las barras indican error estándar entre los valores de las medias del número de piojos harinosos ($n=4$).

Con respecto al comportamiento de la mortalidad acumulada de las hembras adultas de *D. brevipennis*, los resultados muestran que, en todas las concentraciones usadas, el aislamiento BbCa de *B. bassiana* mostró una mejor eficacia desde el día 5 post-inoculación. Todos los aislamientos evaluados mostraron alta eficacia de mortalidad de piojo harinoso, conforme transcurría el día después de inoculación como se muestran en las Figuras 26, 27 y 28.

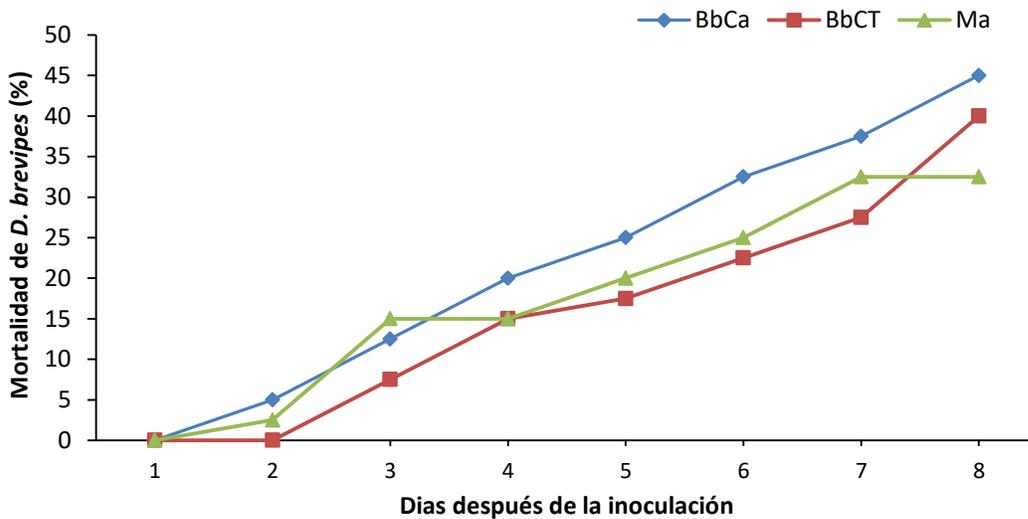


Figura 26. Mortalidad acumulada (%) de hembras adultas de *D. brevipennis* por aislamiento a una concentración de 1×10^6 conidios mL^{-1} a los 8 días post inoculación a 26 ± 1 °C.

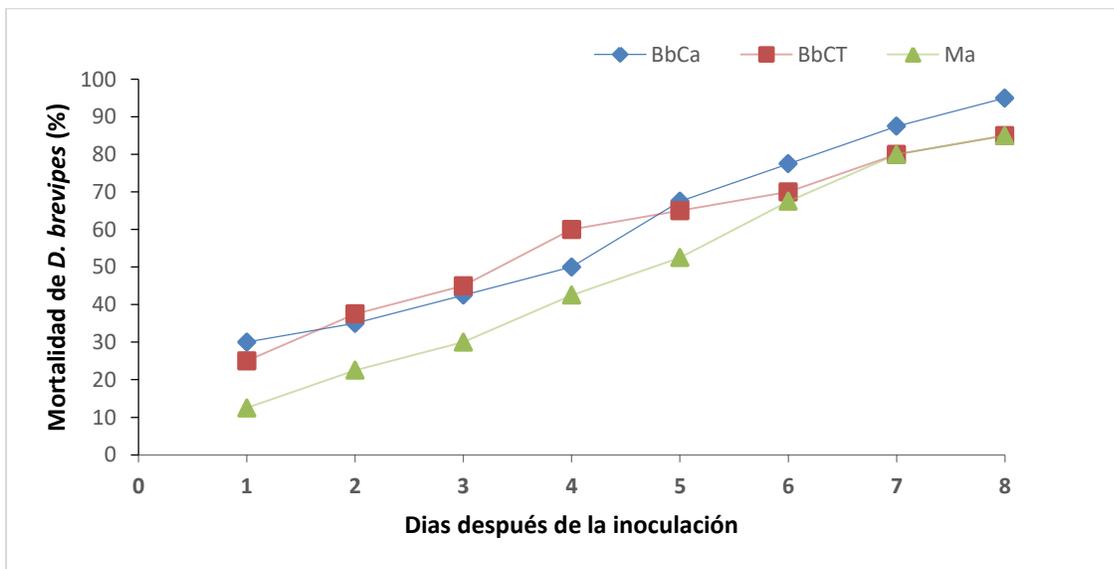


Figura 27. Mortalidad acumulada (%) de hembras adultas de *D. brevipennis* por aislamiento a una concentración de 1×10^7 conidios mL^{-1} a los 8 días post inoculación a 26 ± 1 °C.

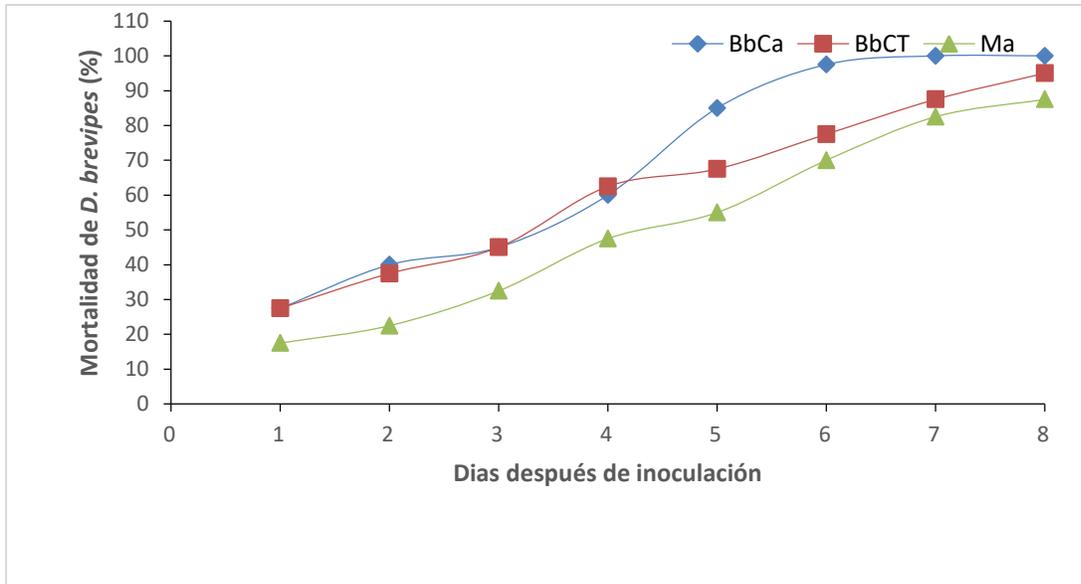


Figura 28. Mortalidad acumulada (%) de hembras adultas de *D. brevipes* por aislamiento a una concentración de 1×10^8 conidios mL^{-1} a los 8 días post inoculación a 26 ± 1 °C.

La micosis observada, a través de estereoscopio y microscopio compuesto, de cada aislamiento de *B. bassiana* y *M. anisopliae*, revela que existió una abundante proliferación de micelio y estructuras conidiales desde los primeros 4 días posteriores a la inoculación y acentuándose mayormente, lo que se observó en los cadáveres de *D. brevipes* en el día 8 después de inoculación (Fig. 29, 30, 31).

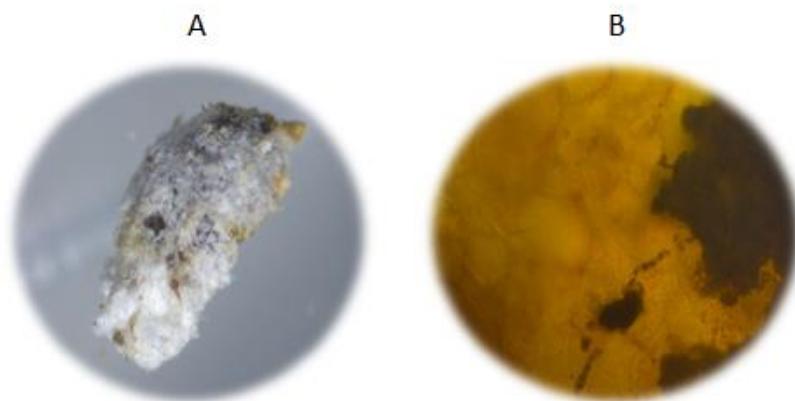


Figura 29. Infección y colonización de *Beauveria bassiana* (BbCa) sobre *Dysmicoccus brevipes* a los 8 días después de inoculación. (A) Vista en estereoscopio (B) crecimiento micelial y formación de conidios observados a través de microscopio compuesto (40 X).

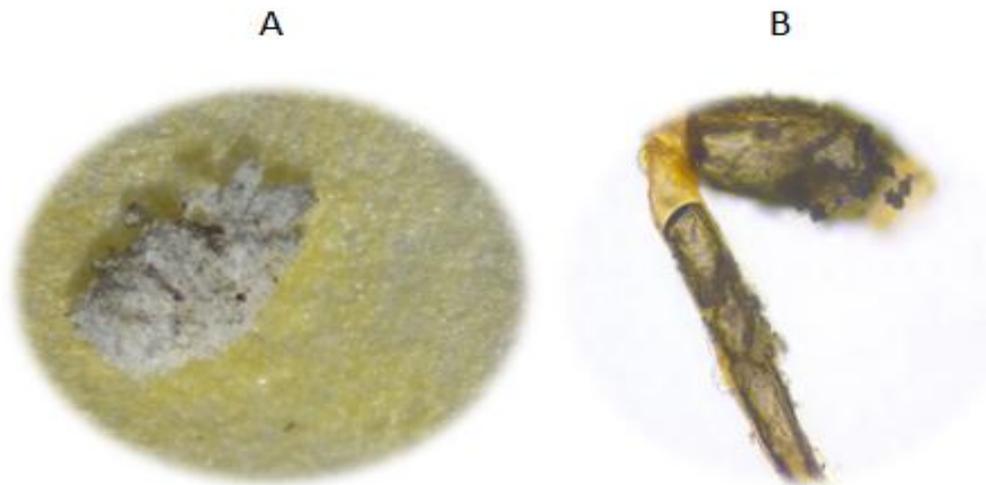


Figura 30. Infección y colonización de *Beauveria bassiana* (BbCT) sobre *Dysmicoccus brevipes* a los 8 días después de inoculación. (A) Vista en estereoscopio (B) formación de conidios observados a través de microscopio compuesto (40 X).

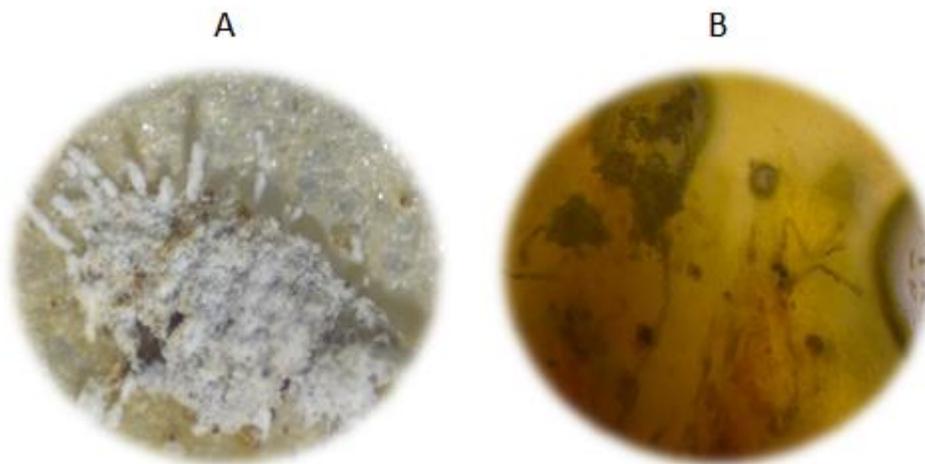


Figura 31. Infección y colonización de *Metarhizium anisopliae* (Ma01) sobre *Dysmicoccus brevipes* a los 8 días después de inoculación. (A) Esporulación sobre el cuerpo del insecto, vista en estereoscopio (B) Proliferación de hifas y conidios dentro de un segmento de pata de *D. brevipes* observadas a través de microscopio compuesto (10 X).

4.4.2. Determinación de la virulencia

Los resultados del ajuste del modelo $\Phi^{-1}[\Pi(x)] = \alpha + \beta x$, y de la aplicación de la fórmula para estimar las concentraciones letales, CL (**P**) = (qnorm (**P**) - α) / β , son mostrados en el Cuadro 5, y Figuras 32, 33 y 34.

Cuadro 5. Concentraciones letales, intervalo de confianza, y modelo ajustado para los aislamientos *B. bassiana* y *M. anisopliae*.

Trat	CL ₅₀ (95% LC)	CL ₉₅ (95% LC)	Ecuación de regresión probit
BbCa	24404165 - 43771134	185947120 - 273833767	$\Phi^{-1}[\pi(x)] = -0.2864 + 8.401^{-09}(x)$
BbCT	40268954 - 62725279	211631063 - 324103290	$\Phi^{-1}[\pi(x)] = -0.3915 + 7.602^{-09}(x)$
Ma01	64454252 - 105991301	268230343 - 486897988	$\Phi^{-1}[\pi(x)] = -0.4795 + 5.626^{-09}(x)$

Los datos promedio obtenidos para CL₅₀ fueron de 3.4×10^7 , 5.1×10^7 y 8.5×10^7 conidios mL⁻¹, para BbCa, BbCT y Ma01, respectivamente. En el caso de la CL₉₅ fueron de 2.29×10^8 , 2.67×10^8 , y 3.77×10^8 conidios mL⁻¹, para BbCa, BbCT y Ma01, respectivamente.

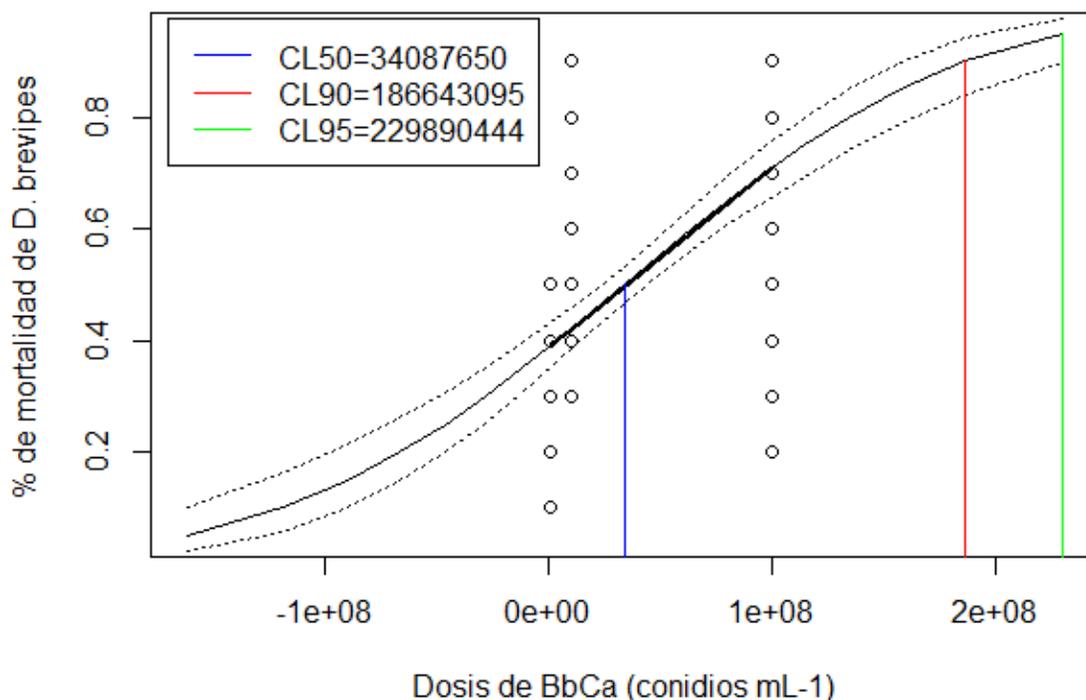
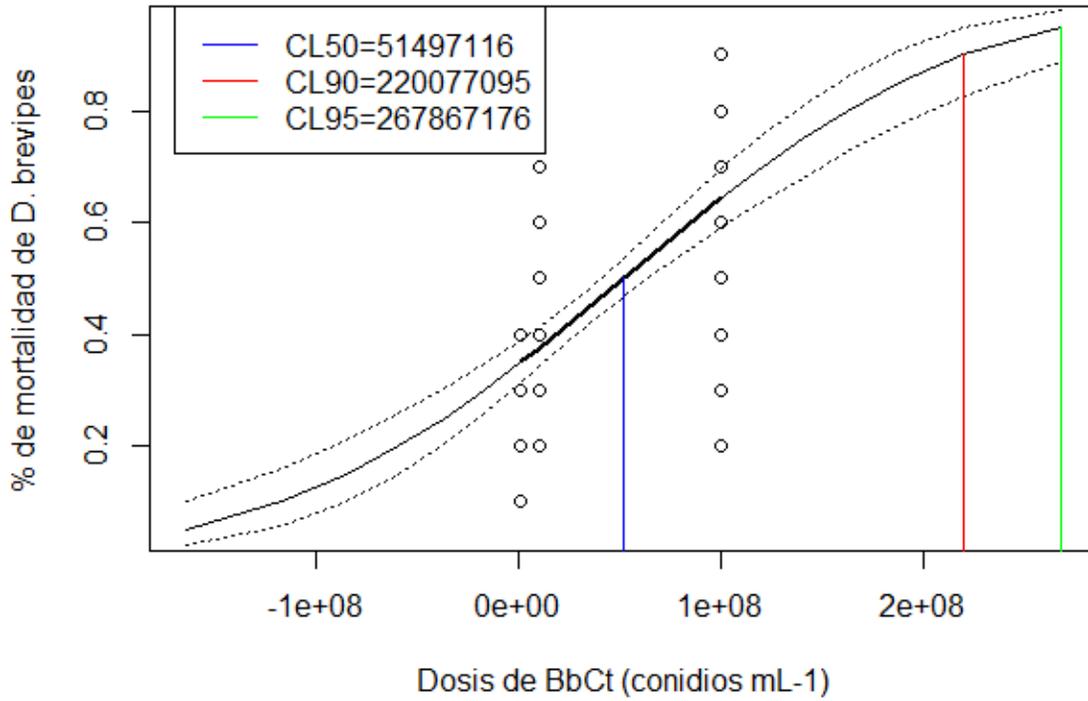


Figura 32. Mortalidad probit (%) de hembras adultas de *D. brevipennis* a cuatro concentraciones conidiales (log dose) para *B. bassiana* (BbCa) usando software SAS, 2012.



*

Figura 33. Mortalidad probit (%) de las hembras adultas de *D. brevipes* a cuatro concentraciones conidiales (log dose) para *B. bassiana* (BbCT) usando el software SAS, 2012.

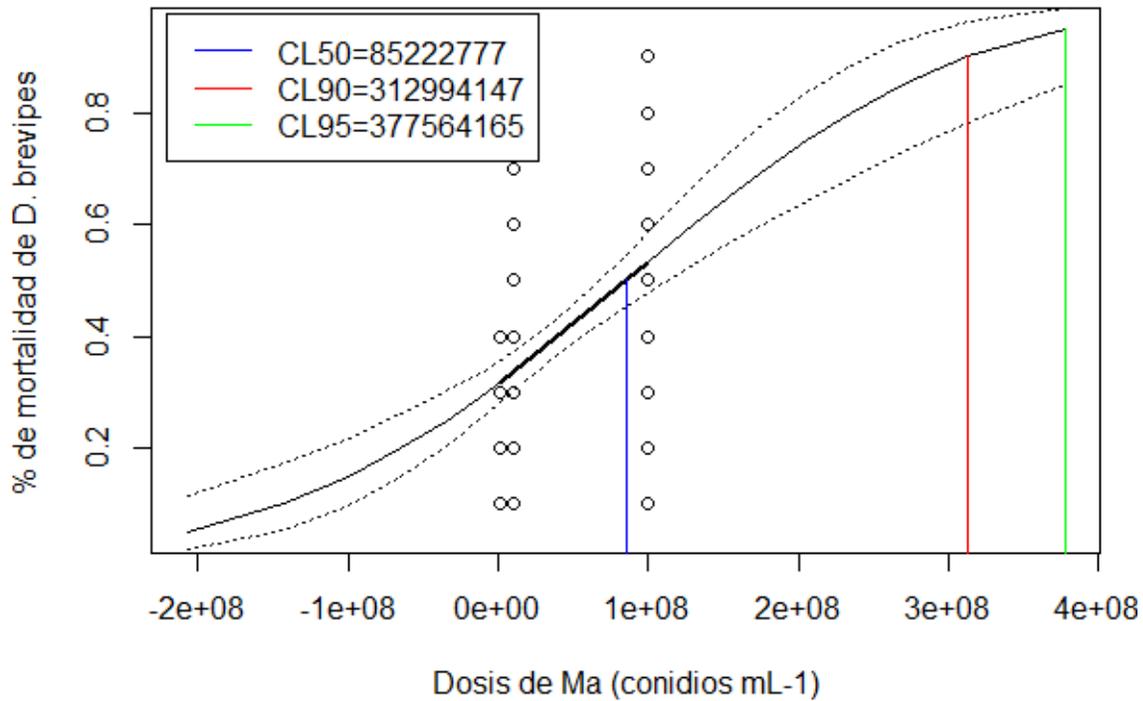


Figura 34. Mortalidad probit 8%) de las hembras adultas de *D. brevipes* a cuatro concentraciones conidiales (log dose) para *M. anisopliae* (Ma01) usando el software SAS, 2012.

Las líneas de regresión probit para *B. bassiana* fueron $Y = -0.2864 + 8.401^{-09}(x)$ y $Y = -0.3915 + 7.602^{-09}(x)$, para BbCa, BbCT respectivamente, y para *M. anisopliae* fue $Y = -0.4795 + 5.626^{-09}(x)$, donde Y fue la mortalidad probit y X fue el log de las concentraciones de hongos. Los datos se ajustaron bien al modelo, y con una correlación positiva entre las concentraciones evaluadas y la actividad bioinsecticida para ambos hongos.

4.4.3. Determinación de la bioeficiencia de los hongos entomopatógenos y aceites vegetales

Los resultados obtenidos de mortalidad de hembras adultas de *D. brevipennis* para el caso de la concentración de 10^7 conidios mL^{-1} en todos los tratamientos donde se evaluaron los hongos entomopatógenos se mostraron diferencias estadísticas altamente significativas entre tratamientos ($p < 0.0001$). El tratamiento testigo presentó un promedio de mortalidad con 5.5 % y fue superado por todos los tratamientos tanto ecológicos, biológicos, y en combinación. No obstante, la combinación BbCa + Nimicide, y el tratamiento ecológico Nimicide aplicado solo presentaron el mayor porcentaje de mortalidad con 98.4 y 94.1 % respectivamente, siendo éstos diferentes a los demás tratamientos (Fig. 35, Cuadro 6).

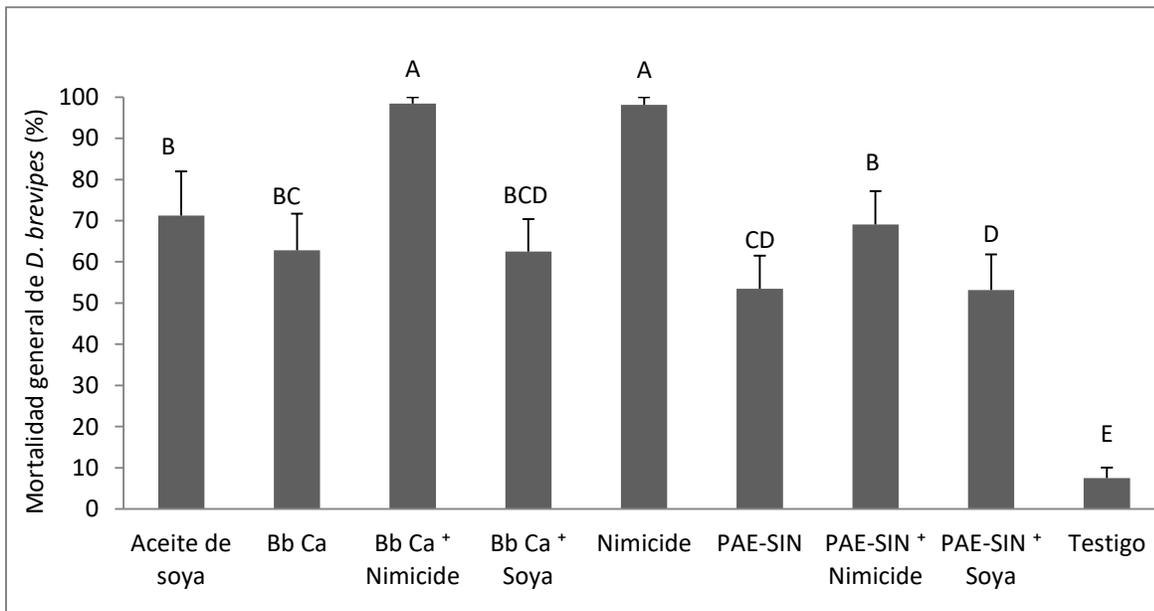


Figura 35. Mortalidad general (%) de *D. brevipennis* a la concentración de 10^7 conidios mL^{-1} . Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $p \leq 0.05$). Las barras indican error estándar entre los valores de las medias del número de piojos harinosos ($n=4$).

Cuadro 6. Nivel significancia del promedio general de mortalidad de *D. brevipipes* en cada tratamiento evaluado con los hongos entomopatógenos a una concentración de 10^7 conidios mL^{-1}

Tukey		Medias	N	Tratamientos
A		98.438	32	BbCa-Nimicide
A		98.125	32	Nimicide
B		71.250	32	Aceite de soya
B		69.063	32	PAESIN-Nimicide
C	B	62.813	32	BbCa
C	B	D	32	BbCa-Soya
C		D	32	PAE-SIN
		D	32	PAESIN-Soya
E		7.500	32	Testigo

Para el caso de la dosis 10^8 conidios mL^{-1} el comportamiento fue similar al de la dosis 10^7 conidios mL^{-1} . Se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas entre tratamientos ($p < 0.0001$). No obstante, la combinación BbCa + Nimicide, y el tratamiento ecológico Nimicide presentaron el mayor porcentaje de mortalidad con 99.4 y 98.8 % respectivamente, siendo estos diferentes a los demás tratamientos (Cuadro 7).

De acuerdo con los datos de mortalidad del piojo harinoso registrados diariamente, se muestra que *B. bassiana* (BbCa) y la dosis de Nimicide de 1 ml / 0.4 L de agua, fueron suficientes para obtener una alta eficacia en el día 6 después de aplicación e inoculación de los tratamientos, lo que acortó el periodo de mortalidad de 100% de *D. brevipipes* (Fig. 36).

Cuadro 7. Nivel significancia del promedio general de mortalidad de *D. brevipipes* en cada tratamiento evaluado con los hongos entomopatógenos a una concentración de 10^8 conidios mL^{-1}

Tukey	Medias	N	Tratamientos
A	99.375	32	BbCa-Nimicide
A	98.750	32	Nimicide
B	73.125	32	PAESIN-Nimicide
B	71.875	32	Aceite de soya
B	71.563	32	PAESIN-Soya
B	71.250	32	BbCa
B	68.438	32	BbCa-Soya
B	64.688	32	PAESIN
C	5.625	32	Testigo

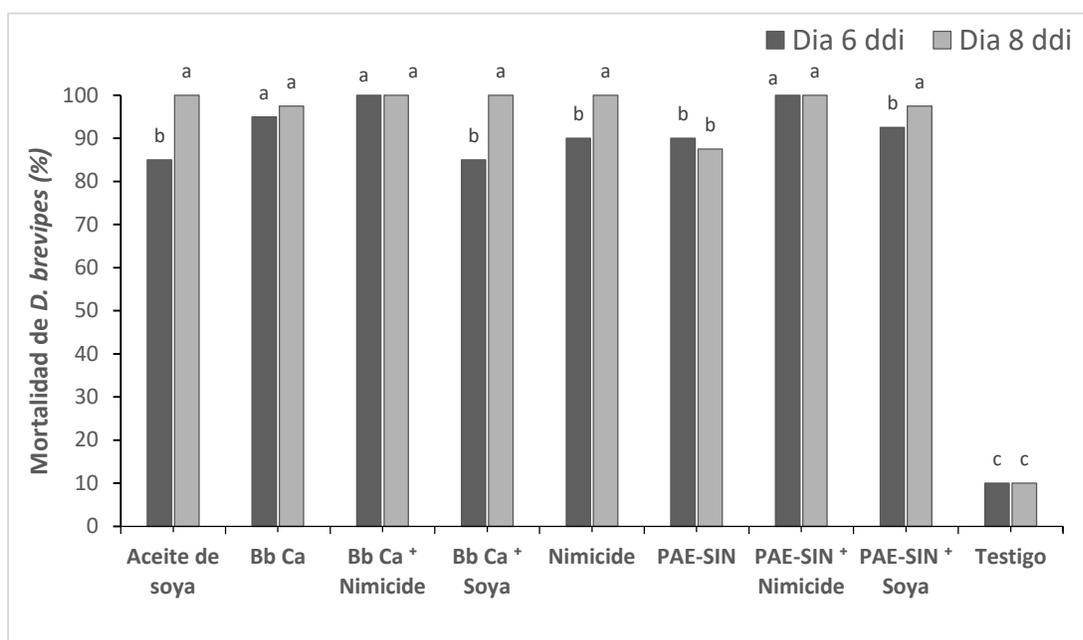


Figura 36. Efectividad de *B. bassiana*, *P. fumosoroseus* y aceites vegetales sobre *D. brevipennis* a una concentración de 1×10^8 conidios mL^{-1} a 6 y 8 días después de inoculación (ddi) a $26 \pm 1^\circ \text{C}$. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $p \leq 0.05$).

4.4.4. Eficacia de los hongos entomopatógenos y aceite de neem en planta de piña en invernadero.

Los datos obtenidos de mortalidad de *D. brevipennis* en condiciones de invernadero, fueron similares a los obtenidos en las pruebas de laboratorio. Los tratamientos de

BbCa, *P. fumosoroseus* y Nimicide son efectivos en estas condiciones evaluadas en plantas en macetas, con una mortalidad de 88.75% para los dos hongos entomopatógenos evaluados y con una mortalidad registrada para aceite de neem de un 100% a los 15 días después de la aplicación de los tratamientos (Fig. 37, Cuadro 8).

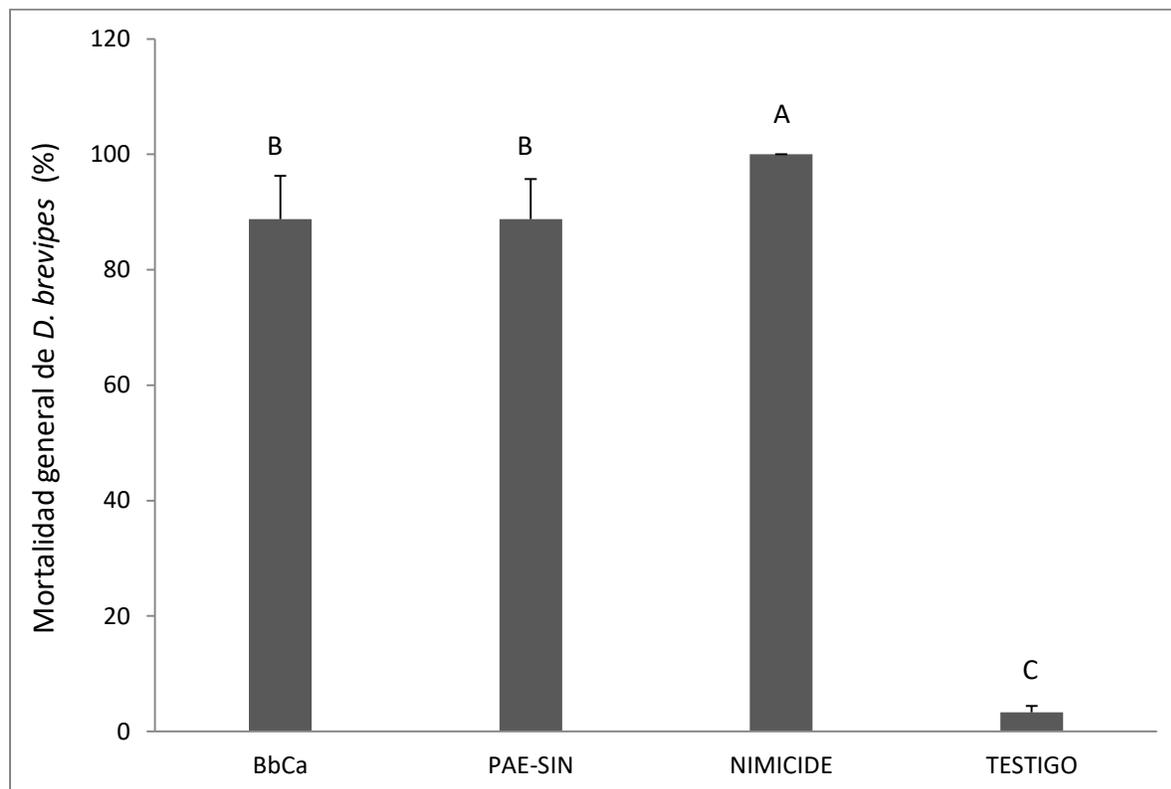


Figura 37. Efectividad de *B. bassiana*, *P. fumosoroseus* y aceites de neem sobre *D. brevipennis* a una concentración de hongos de 1×10^7 conidios mL^{-1} a 15 días post inoculación en invernadero a $30 \pm 1^\circ \text{C}$. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $p \leq 0.05$). Las barras indican error estándar entre los valores de las medias del número de piojos harinosos ($n=4$).

Cuadro 8. Nivel significancia del promedio general de mortalidad de *D. brevipipes* en cada tratamiento evaluado con los hongos entomopatógenos en invernadero a una concentración de 10^7 conidios mL⁻¹

Tukey	Medias*	N	Tratamientos
A	100.000	12	NIMICIDE
B	88.750	12	BbCa
B	88.750	12	PAESIN
C	3.333	12	TESTIGO

4.5. Discusión

Durante el presente estudio, las cepas nativas locales de los hongos entomopatógenos, *B. bassiana* y *M. anisopliae* y una de *P. fumosoroseus*, en forma comercial, fueron capaces de inducir mortalidad y micosis sobre el cuerpo de hembras adultas de *D. brevipipes*. Excepcionalmente, la cepa de *B. bassiana* (BbCa) fue la más efectiva y más virulenta en comparación con la cepa de *M. anisopliae* en condición de laboratorio.

Mucho se ha documentado que algunos aislamientos de *B. bassiana* (Bals.) Vuill. (Ascomycota: Hypocreales) han sido considerados como agente de control biológico de una gran variedad de plagas insectiles, incluyendo los insectos chupadores como lo son los piojos harinosos poner las especies probadas (Shah and Pell 2003). En adultos de *Paraputo ensete* (Williams y Matile) (Hemiptera: Pseudococcidae) dos aislamientos de *B. bassiana* (FF yPPRC-56) causaron 97 and 100% de mortalidad a los 20 días después de la inoculación (Lemawork *et al.*, 2011). En otro estudio, dos aislamientos de *B. bassiana* (GAR 17 B3 y GB AR 23133) causaron 67.5 y 64% de mortalidad sobre el piojo harinoso de los cítricos, *Planococcus citri* (Hemiptera: Pseudococcidae) (Chartier *et al.*, 2016) y un aislamiento más de *B. bassiana* causó el 93% de mortalidad en ninfas de de *Pseudococcus jackbeardsleyi* (Hemiptera: Pseudococcidae), 5 días después del

tratamiento (Ginting *et al.*, 2020). Nuestras observaciones hechas durante la presente investigación concuerdan con Mohamed (2016), quien evaluó la virulencia de tres aislamientos de *B. bassiana*, *M. anisopliae* y *Lecanicidium lecanii*, contra adultos del piojo harinoso *Planococcus ficus*, bajo condiciones de laboratorio. Al igual que en nuestros resultados, Mohamed (2016), muestra que los niveles de virulencia de *B. bassiana* fueron muy altos en comparación con los de *M. anisopliae* y *L. lecanii*, resultando con hasta un 98% de mortalidad de *B. bassiana* a una concentración de 5×10^8 conidios mL⁻¹. Por otro lado, Manjushree y Chellapan (2019), reportan que cepas de *B. bassiana*, fueron más virulentas en contra de *D. brevipes* (Cockerell) (Hemiptera: Pseudococcidae) a una concentración de 10^9 conidios mL⁻¹, que las cepas de *M. anisopliae* y *L. lecanii*. Al igual que Manjushree y Chellapan (2019), Surulivelu *et al.*, (2012), también reportan que estos mismos hongos evaluados fueron efectivos contra el piojo harinoso de la papaya *Paracoccus marginatus* (Williams) (Hemiptera: Pseudococcidae), bajo condiciones de campo.

Tal y como lo menciona Boucias y Pendland (2012), el primer paso antes de la penetración del hongo, es la adhesión de éste a la cutícula del insecto, seguido por la germinación de esporas y desarrollo del hongo, hasta la formación del apresorio. Durante estas fases, se producen enzimas como las quitinasas, lipasas, y proteasas, lo cual sucedió durante los primeros días de la inoculación de los hongos sobre los insectos de *D. brevipes*.

Durante la presente investigación, se observaron que los hongos fueron capaces de desarrollarse sobre el cuerpo de las hembras adultas de *D. brevipes*. La temperatura y la humedad relativa, juegan un papel importante en el crecimiento y desarrollo de los hongos sobre los insectos (Ferron, 1981), lo que nos da una indicación que las temperaturas prevalecientes a nivel de nuestro experimento de laboratorio fueron favorables (26 ± 1 °C). Ginting *et al.*, (2020) y Fransen *et al.*, (1987) mencionan que la patogenicidad de hongos como *Verticillium lecanii* y *Aschersonia aleyrodinis* sobre mosquita blanca, decrece con el desarrollo del insecto, siendo el adulto el menos vulnerable, sin embargo, en nuestra investigación, las hembras adultas de *D. brevipes* si fueron colonizados por los tres hongos evaluados, tanto en condiciones de

laboratorio como de invernadero. De acuerdo con los datos de Amutha y Gulksar (2017), la penetración de la hifa de *B. bassiana* sobre el integumento de *Paracoccus marginatus* (Homoptera: Pseudococcidae) ocurre durante las 48-96 h después de la inoculación, mientras que, para *M. anisopliae* la penetración ocurre desde las 24 h en adelante. También señalan que la colonización de *P. marginatus*, por *B. bassiana* y *M. anisopliae*, ocurrió entre las 72 y 120 h. La mortalidad observada de *P. marginatus* por la infección de *M. anisopliae*, se observó a los 72 h. En el caso de *B. bassiana*, la mortalidad se observó desde 96 a 144 h. La conidiogénesis de *B. bassiana* y *M. anisopliae* fue observada entre las 120 y 168 h después de inoculación. La extrusión micelial fue más intensa en *M. anisopliae* que en *B. bassiana*, por lo que hubo una rápida tasa de mortalidad, probablemente debido a la rápida penetración y colonización de *M. anisopliae* (Amutha y Gulksar, 2017).

La concentración de esporas es un aspecto muy importante en la patogenicidad y virulencia de los hongos. Los resultados de la presente investigación sugieren que la cepa BbCa de *B. bassiana* fue más virulenta, con una CL_{50} de 3.4×10^7 conidios mL^{-1} y se registró una relación directa entre la concentración y la mortalidad ya que, a mayor concentración de conidios, se obtiene la mayor mortalidad de *D. brevipipes*, con una mortalidad de 98% en el 6º, después de la inoculación del hongo. Estos resultados están de acuerdo con Lacey *et al.* (2001) y Lemawork, (2008) que menciona que *B. bassiana* causa mayor mortalidad que *M. anisopliae* en contra de diversas especies de piojos harinosos. Se reporta que con aplicaciones foliares de *V. lecanii* y *B. bassiana* (2×10^8 conidios mL^{-1}) 5 g /mL por L de agua), es suficiente para reducir la población de piojos harinosos durante los meses de alta humedad relativa (Tanwar *et al.*, 2007).

Con respecto a la eficacia en condiciones de invernadero, nuestros resultados son congruentes con los realizados en los bioensayos de laboratorio donde se mostró una alta efectividad de *B. bassiana* y *P. fumosoroseus* sobre las hembras adultas de *D. brevipipes*, a partir del 6º día después de inoculación. Así mismo, Ugalde (2010), encontró a nivel de campo que la patogenicidad de los tratamientos con *B. bassiana*, *M. anisopliae*, *Trichoderma* spp. y *Bacillus thuringiensis*, sobre poblaciones de *D. brevipipes*, en el cultivo de piña var MD-2, fue similar, no encontrando diferencias

estadísticamente significativas ($p > 0,05$) entre los tratamientos, sin embargo, sorpresivamente el tratamiento conformado por *Trichoderma* spp., mostró un comportamiento entomopatógeno, ya que este resultó en un 0% de infección en plantas y fruta infectada por *D. brevipes*; mientras que, *B. thuringiensis*, mantuvo bajos niveles poblacionales de *D. brevipes* a lo largo del tiempo. La efectividad de cepas comerciales de *P. fumosoroseus* también fue reportada como alta, en comparación con *M. anisopliae*, pero similar a *B. bassiana*. Ramos *et al.*, (2011), menciona que la cochinilla acanalada *Crypticerya multicastrices* (Hemiptera: Monophlebidae), fue susceptible al hongo *Paecilomyces* sp., cuando se usó el método de aspersión, encontrando que *Paecilomyces* sp., tiene la capacidad para infectar las cochinillas hasta el punto de causar su muerte. Este hongo infectó hasta el 80% de las cochinillas. Al igual que como se reporta en esa investigación, se observaron los primeros síntomas de patogenicidad a partir de 3er. día después de la inoculación (dpi), sobre el cuerpo de la cochinilla rosada, resaltando la colonización del hongo con crecimiento del micelio. A partir de los 6 dpi, el crecimiento micelial es más notorio, pudiéndose notar hifas que emergen de la cochinilla, posteriormente a los 8 dpi, el micelio se torna de color lila pálido, lo que indicó que el hongo produjo suficientes conidios. Estrada *et al.*, (2009) reporta que al probar cinco insecticidas naturales como *Beauveria bassiana* D0101, *B. bassiana* D0106, *M. anisopliae* PL-43, extracto acuoso de *Citrus* sp., y extracto de *Quassia amara*, encontró que las plantas de piña tratadas con *B. bassiana* D0106, tuvo un promedio de 1.68 insectos de *D. brevipes* por planta, en comparación con el control, donde se encontraron 3.26 insectos por planta.

Los resultados de las pruebas de bioeficacia de los hongos entomopatógenos solos y en combinación con los extractos de aceites vegetales de soya y neem muestran que existe una mayor efectividad sobre la mortalidad de *B. brevipes*, lo cual hace posible considerarlos para pruebas de campo. Para Fernández y Juncosa (2002), el uso de aceites coadyuvantes mejora la eficacia de los hongos entomopatógenos. De igual forma Elósegui y Elizondo (2010), mencionan que las mezclas de entomopatógenos y coadyuvantes aumentan el rango de tolerancia de éstos a las temperaturas. Vásquez (2000), evaluó la efectividad in vitro de *B. bassiana*, *M. anisopliae*, *Entomophthora virulenta*, jabón, cal hidratada, extracto de ajo (*Allium sativum*) y Azadirachtina (extracto

de neem *Azadirachta indica*), para el control de *D. brevipes* en piña orgánica, donde se logró una alta eficacia con las mezclas de hongos entomopatógenos y los extractos de jabón, ajo, neem y cal hidratada. Nuestros resultados también están de acuerdo con aquellos reportados por Miranda y Blanco (2013), donde se menciona que los extractos botánicos tienen una alta eficiencia de mortalidad de *B. brevipes* en condiciones de campo.

Gopal *et al.*, (2021), determinó la mortalidad acumulativa de ninfas de *Maconellicoccus hirsutus* (Green) con la técnica de inmersión, que para *L. lecanii* fue de 51.63. Sin embargo, este autor reporta que la máxima mortalidad acumulativa lograda fue cuando se combinaron los hongos entomopatógenos *B. bassiana* + *L. lecanii* (6 g/l + 6 g/l), con una mortalidad de 57.64%. Además, los aceites vegetales de neem y pongamia a 15 ml/l tuvieron una mortalidad acumulada de 81.36%; mientras que, la dosis estándar de aceite de neem (10 g/l) tuvo una mortalidad de 78.09%. Nuestros resultados, muestran que el aceite de neem solo y en combinación con hongos entomopatógenos como *B. bassiana*, fue el más eficiente en las pruebas de invernadero con hasta 100% de mortalidad en el día 8 post inoculación.

El presente estudio demuestra que los aislamientos locales, tanto de *B. bassiana*, como de *M. anisopliae*, fueron patógenos efectivos y tienen un potencial como posibles agentes de control biológico de *D. brevipes* en situación de campo, ya que estos aislamientos fueron aislados de la zona donde se produce piña en Tabasco, y que de alguna forma están adaptados. Estudios sobre la efectividad de estos hongos entomopatógenos formulados con diferentes concentraciones de aceites de neem y de soya en condiciones de campo, son requeridos. Es también imperante realizar estas evaluaciones de entomopatógenos en diferentes estados de desarrollo de *D. brevipes*, tomando en cuenta alguna variable de las condiciones ambientales.

4.6. Conclusiones

- Los aislamientos locales nativos de *B. bassiana* y *M. anisopliae* mostraron ser patogénicos, de éstos, *B. bassiana* es más virulento en términos de la CL₅₀ y CL₉₅ sobre la mortalidad de hembras adultas de *D. brevipennis* en condiciones de laboratorio.
- La bioeficiencia de los hongos *B. bassiana* y *P. fumosoroseus* en combinación con aceites de neem fue incrementada en un 12% en *P. fumosoroseus* y en un 20% en *B. bassiana*, dando como resultado mortalidad de hembras adultas de *D. brevipennis* de hasta 100% en el 8º día después de la inoculación en condiciones de laboratorio.
- Las pruebas de invernadero demuestran que el aceite de neem es altamente efectivo contra *D. brevipennis* (100% de mortalidad); sin embargo, los hongos entomopatógenos *B. bassiana* y *P. fumosoroseus* ambos provocaron 88.7% de mortalidad, también muestran alta efectividad contra hembras adultas de *D. brevipennis* en planta.
- En el presente estudio, los resultados sugieren realizar más investigación de patogenicidad y virulencia bajo condiciones de campo. Las condiciones ambientales pueden afectar adversamente la efectividad y la persistencia de las cepas de entomopatógenos evaluados. Sin embargo, se sugiere realizar formulaciones de hongos entomopatógenos y probarlos con diferentes concentraciones de aceites vegetales, con el fin de prologar la eficiencia y la persistencia de los hongos entomopatógenos. El diseño y éxito de un programa de control bio-ecológico del piojo harinoso de la piña, es altamente recomendado para las zonas piñeras de México como una muy buena alternativa dentro de programas de manejo integrado de plagas del cultivo de piña. Esta opción podría reducir el uso de insecticidas tóxicos (de amplio espectro), los cuales son perjudiciales para el ambiente, incluyendo la fauna benéfica y la salud humana.

4.7. Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el financiamiento otorgado para la realización de mis estudios de maestría.

Al M.C. Francisco Izquierdo Reyes, por su apoyo incondicional en los análisis estadísticos.

4.8. Referencias

- Amutha, M., & Banu, J. G. (2011). Susceptibilidad de las chinches harinosas del algodón, *Phenacoccus solenopsis* y *Paracoccus marginatus* en diferentes etapas de desarrollo a hongos entomopatógenos. *Revista India de Protección Fitosanitaria*, 39(3), 242-246.
- Amutha, M., & Gulsar Banu, J. (2017). Variation in mycosis of entomopathogenic fungi on mealybug, *Paracoccus marginatus* (Homoptera: Pseudococcidae). *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences*, 87(2), 343-349.
- Batta, Y. A. (2016). Recent advances in formulation and application of entomopathogenic fungi for biocontrol of stored-grain insects. *Biocontrol Science and Technology*, 26(9), 1171-1183.
- Boucias, D. G., & Pendland, J. C. (2012). *Principles of insect pathology*. Springer Science & Business Media. Incompleta
- Cabanillas, H. E., & Jones, W. A. (2009). Pathogenicity of *Isaria* sp. (Hypocreales: Clavicipitaceae) against the sweet potato whitefly B biotype, *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Crop Protection*, 28(4), 333-337.
- Chartier-FitzGerald, V.C., Hill, M. P., Moore, S. D., & Dames, J. F. (2016). Cribado de hongos entomopatógenos contra cochinilla de los cítricos, *Plannococcus citri* (Hemiptera: Pseudococcidae). *Entomología Africana*, 24(2), 343-351.

- Elósegui-Claro, O., & Elizondo Silva, A. I. (2010). Evaluación microbiológica in vitro de mezclas de especies de hongos entomopatógenos ingredientes activos de bioplaguicidas cubanos. *Fitosanidad*, 14(2), 103-109.
- Estrada, H. A., Alvarado, E., Tabora, P., & Castillo, H. (2009). Evaluation of natural insecticides for the control of the pineapple (*Ananas comosus* L.) mealybug, *Dysmicoccus brevipes* cockerell (Hemiptera: Pseudococcidae). *Tierra Tropical: Sostenibilidad, Ambiente y Sociedad*, 5(2), 159-168.
- Fernández, C., & Juncosa, R. (2002). Biopesticidas: ¿la agricultura del futuro. *Phytoma*, 141, 14-19.
- Ferron, P. (1981). Pest control by the fungi *Beauveria* and *Metarhizium*. *Microbial control of pests and plant diseases 1970-1980*.
- Fransen, J. J., Winkelman, K., & van Lenteren, J.C. (1987). La mortalidad diferencial en varias etapas de la vida de la mosca blanca de invernadero, *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae), por infección con el hongo *Aschersonia aleyrodis* (Deuteromycotina: Coelomycetes). *Revista de Patología de Invertebrados*, 50(2), 158-165.
- Ginting, S., D. Djamilah, T. Pamekas, H. Bustaman, P. Priyatiningih, S. Sipriyadi, and R. H. Wibowo. (2020). Pathogenicity of entomopathogenic fungi *Lecanicillium lecanii* and *Beauveria bassiana* against *Pseudococcus jackbeardsleyi* (Pseudococcidae) infecting rambutan. *Serangga*. 25: 1–11.
- Gopal, G. S., Venkateshalu, B., Nadaf, A. M., Guru, P. N., & Pattepur, S. (2021). Management of the grape mealy bug, *Maconelliococcus hirsutus* (Green), using entomopathogenic fungi and botanical oils: a laboratory study. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 31(1), 1-8.
- Lacey, L. A., Frutos, R., Kaya, H. K., & Vail, P. (2001). Insect pathogens as biological control agents: do they have a future? *Biological control*, 21(3), 230-248.

- Lacey, L. A., Grzywacz, D., Shapiro-Ilan, D. I., Frutos, R., Brownbridge, M., & Goettel, M. S. (2015). Insect pathogens as biological control agents: back to the future. *Journal of invertebrate pathology*, 132, 1-41.
- Lemawork, S. (2008). Evaluation of entomopathogenic fungi and hot water treatment against enset root mealybug, *Cataenococcus ensete*, Williams and Matile-Ferrero (Homoptera: Pseudococcidae) on enset (Doctoral dissertation, MSc thesis, Department of plant sciences, Awassa college of agriculture, School of Graduate Studies Hawassa University, Awassa, Ethiopia).
- Lemawork, S., Azerefegne, F., Alemu, T., Addis, T., & Blomme, G. (2011). Evaluation of entomopathogenic fungi against *Cataenococcus ensete* [Williams and Matile-Ferrero, (Homoptera: Pseudococcidae)] on enset. *Crop Protection*, 30(4), 401-404.
- Manjushree, G., & Chellappan, M. (2019). Evaluation of entomopathogenic fungus for the management of pink mealybug, *Dysmicoccus brevipes* (Cockerell) (Hemiptera: Pseudococcidae) on pineapple in Kerala. *Journal of Entomology and Zoology studies*, 7, 1215-1222.
- Miranda-Vindas, A., & Blanco Metzler, H. (2013). Control de *Dysmicoccus brevipes* (Hemiptera: Pseudococcidae), en el fruto de piña, San Carlos, Costa Rica. *Agronomía costarricense*, 37(1), 103-111.
- Miranda-Vindas, A., & Blanco Metzler, H. (2013). Control de *Dysmicoccus brevipes* (Hemiptera: Pseudococcidae), en el fruto de piña, San Carlos, Costa Rica. *Agronomía costarricense*, 37(1), 103-111.
- Mohamed, G. S. (2016). Virulence of entomopathogenic fungi against the vine mealy bug, *Planococcus ficus* (Signoret) (Hemiptera: Pseudococcidae). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 26(1), 47.
- Oparaeke, A. M., Dike, M. C., & Amatobi, C. I. (2005). Evaluation of botanical mixtures for insect pests management on cowpea plants. *Journal of Agriculture and Rural*

Development in the Tropics and Subtropics (JARTS), 106(1), 41-48.

- Palma-Jiménez, M., Blanco-Meneses, M., & Guillén-Sánchez, C. (2019). Las cochinillas harinosas (Hemiptera: Pseudococcidae) y su impacto en el cultivo de Musáceas. *Agronomía Mesoamericana*, 30(1), 281-298.
- Pandey, R. R., & Johnson, M. W. (2006). Enhanced production of pink pineapple mealybug, *Dysmicoccus brevipes* (Hemiptera: Pseudococcidae). *Biocontrol Science and Technology*, 16(4), 389-401.
- Ramos, I. A. Q., Maya, M. F., Martínez, A. S., & Carvajal, L. M. H. (2011). *Paecilomyces* sp. Como alternativa de control de la cochinilla.
- Rodríguez-Dos Santos, A., & del Pozo Núñez, E. (2003). Aislamiento de hongos entomopatógenos en Uruguay y su virulencia sobre *Trialeurodes vaporariorum* West. *Agrociencia-Sitio en Reparación*, 7(2), 71-78.
- SADER. (2021). Crece 16.2% producción de piña en México durante 2020. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). Fecha de consulta: 08 de agosto 2021. <https://www.gob.mx/agricultura/>.
- Shah, P. A., & Pell, J. K. (2003). Entomopathogenic fungi as biological control agents. *Applied microbiology and biotechnology*, 61(5), 413-423.
- Surulivelu, T., Banu, J. G., Rajan, T. S., Dharajothi, B., & Amutha, M. (2012). Evaluation of fungal pathogens for the management of mealybugs in Bt cotton. *Journal of Biological Control*, 26(1), 92-96.
- Tanwar, R. K., Jeyakumar, P., & Monga, D. (2007). Mealybugs and their management Technical Bulletin 19, September, 2007. *National Centre for Integrated Pest Management LBS Building, Pusa Campus, New Delhi*, 110(12), 1-10.
- Torres-Ávila, A., Aguilar Ávila, J., Santoyo Cortés, V. H., Uriza Ávila, D. E., Zetina Lezama, R., & Rebolledo Martínez, A. (2018). La piña mexicana frente al reto de la innovación. Avances y retos en la gestión de la innovación.

Ugalde-Trejos, R. (2010). Evaluación a nivel de campo de la patogenicidad de microorganismos benéficos sobre poblaciones de cochinilla harinosa *Dysmicoccus brevipes* (Hemiptera: Pseudococcidae), en el periodo posterior a la inducción floral del cultivo de piña (*Ananas comosus* (L.) MERR), en Finca Indaco Horquetas SA.

Vásquez, O. L. (2000). Manejo de cochinilla (*Dysmicoccus brevipes*) en el cultivo de piña orgánica en la zona del Lago de Yojoa, Honduras.

Zart, M., de Macedo, M. F., Rando, J. S. S., Doneze, G. S., Brito, C. P., de Souza Poletto, R., & Alves, V. S. (2021). Performance of entomopathogenic nematodes on the mealybug, *Dysmicoccus brevipes* (Hemiptera: Pseudococcidae) and the compatibility of control agents with nematodes. *Journal of Nematology*, 53.

V.- CONCLUSIONES GENERALES

Dysmicoccus brevipes (Cockerell), es la especie de piojo harinoso identificada en el cultivo de piña de Huimanguillo Tabasco, alimentándose en cualquier parte de la planta, con mayor frecuencia en las partes bajas, a nivel de tallo y hojas basales, con incrementos en la densidad poblacional al final del periodo seco.

Los aislamientos evaluados de *B. bassiana* y *M. anisopliae*, fueron patogénicos; sin embargo, *B. bassiana* mostró ser más virulento que *M. anisopliae*, en términos de CL₅₀ y CL₉₅, sin embargo, la mortalidad de hembras adultas de *D. brevipes* en condiciones de laboratorio, se incrementa al combinar esporas de *B. bassiana* con aceite de neem.

En las pruebas en invernadero, la formulación de *B. bassiana* + *P. fumosoroseus* + aceite de neem, demostró ser más efectiva para el control de *D. brevipes*.

Además, los aceites vegetales suelen ser un método complementario, alternativo y eficaz para el manejo integrado de plagas, que la incluirse en formulaciones de hongos entomopatógenos, aumentan la bioeficiencia de los hongos entomopatógenos.

VI.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aldás-Izurieta, D. F. (2015). Efecto del aceite de neem en el control de mosca blanca y minador de las hojas en el cultivo de acelga (*Beta vulgaris L*) (Bachelor's thesis).
- Amutha, M., & Banu, J. G. (2011). Susceptibilidad de las chinches harinosas del algodón, *Phenacoccus solenopsis* y *Paracoccus marginatus* en diferentes etapas de desarrollo a hongos entomopatógenos. *Revista India de Protección Fitosanitaria*, 39(3), 242-246.
- Amutha, M., & Gulsar Banu, J. (2017). Variation in mycosis of entomopathogenic fungi on mealybug, *Paracoccus marginatus* (Homoptera: Pseudococcidae). *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences*, 87(2), 343-349.
- Azevedo, L. A. S. (2011). Adjuvantes agrícolas para a proteção de plantas. *Seropédica: IMOS*, 264.
- Barrientos L., J., D. M. Hunter, J. Ávila V., P. García S. y J. V. Horta V. 2005. Control biológico de la langosta centroamericana *Schistocerca piceifrons piceifrons* Walker (Orthoptera: Acrididae) en el noreste de México. *Vedalia* 12 (2): 119-128.
- Batta, Y. A. (2016). Recent advances in formulation and application of entomopathogenic fungi for biocontrol of stored-grain insects. *Biocontrol Science and Technology*, 26(9), 1171-1183.
- Beardsley, J. W. (1962). Notes on the biology of the pink sugar cane mealybug, *Saccharicoccus sacchari* (Cockerell), in Hawaii (Homoptera: Pseudococcidae).
- Beardsley, J. W. (1992). The pineapple mealybug complex; taxonomy, distribution and host relationships. In *International Pineapple Symposium* 334 (pp. 383-386).
- Bertin, A., Bortoli, L. C., Botton, M., & Parra, J. R. P. (2013). Host plant effects on the development, survival, and reproduction of *Dysmicoccus brevipes* (Hemiptera:

- Pseudococcidae) on grapevines. *Annals of the Entomological Society of America*, 106(5), 604-609.
- Bertin, A., Lerin, S., Botton, M., & Parra, J. R. P (2019). Umbrales de temperatura y requisitos térmicos para el desarrollo y la supervivencia de *Dysmicoccus brevipes* (Hemiptera: Pseudococcidae) en uvas de mesa. *Entomología Neotropical*, 48(1), 71-77.
- Bolaños, T. A., Vega, J. R., & Cruz, M. I. (2006). Control biológico del picudo negro (*Scyphophorus interstitialis* Gyllenhal) con nemátodos y hongos entomopatógenos en agave en Oaxaca, México. *Revista Científica UDO Agrícola*, 6(1), 92-101.
- Boucias, D. G., & Pendland, J. C. (2012). *Principles of insect pathology*. Springer Science & Business Media.
- Cabanillas, H. E., & Jones, W. A. (2009). Pathogenicity of *Isaria* sp. (Hypocreales: Clavicipitaceae) against the sweet potato whitefly B biotype, *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Crop Protection*, 28(4), 333-337.
- CABI, (2015). Centre for Agricultural and Bioscience International. *Dysmicoccus brevipes* (pineapple mealybug). Recuperado el 15 de Noviembre de 2021, de CABI: <https://www.cabi.org> > isc > datasheet.
- CABI, (2018). Centre for Agricultural and Bioscience International. *Dysmicoccus neobrevipes* (gray pineapple mealybug). Recuperado el 10 de Octubre: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/20251>.
- Cañas, G. R. M. (2017). Bioinsecticida: alternativa para eliminación del piojo blanco en cultivos de piña. *Universitas Científica*, 20(2), 20-25.
- Carter, W. (1932). Studies of populations of *Pseudococcus brevipes* (Ckl.) occurring on pineapple plants. *Ecology*, 13(3), 296-304.

- Carter, W. (1942). La distribución geográfica del marchitamiento de la cochinilla con notas sobre algunas otras plagas de insectos de la piña. *Revista de Entomología Económica*, 35(1), 10-15.
- Castrejon-Antonio, J. E., Nuñez-Mejia, G., Iracheta, M. M., Gomez-Flores, R., Tamayo-Mejia, F., Ocampo-Hernandez, J. A., & Tamez-Guerra, P. (2017). *Beauveria bassiana* blastospores produced in selective medium reduce survival time of *Epilachna varivestis* Mulsant Larvae. *Southwestern entomologist*, 42(1), 203-220.
- Chartier-FitzGerald, V.C., Hill, M. P., Moore, S. D., & Dames, J. F. (2016). Cribado de hongos entomopatógenos contra cochinilla de los cítricos, *Plannococcus citri* (Hemiptera: Pseudococcidae). *Entomología Africana*, 24(2), 343-351.
- Chaves, F. L. (2018). Manejo Fitosanitario en el Cultivo de la Piña. Serie Frutales, Núm. 52. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 3 p
Recuperado el 20 de Diciembre: <https://www.intagri.com/articulos/frutales/>.
- Choque-Rojas, C. J. (2021). Control de broca del café (*Hypothenemus hampei* Ferrari) con aceite de Neem y *Beauveria bassiana*, en el distrito de Pichanaqui-Chanchamayo.
- CIPF. 2018. Lista de Plagas Reglamentadas de México. Convención Internacional de Protección Fitosanitaria. Recuperado en Junio de 2019: <https://www.ippc.int/static/media/files/reporting>.
- Collins, J. L. (1960). La piña. *La piña*.
- Dos-Santos Ferreira, K. D., Dolinski, C., De Freitas Ferreira, T., & Moreira de Souza, R. (2015). Potencial de nemátodos entomopatógenos (Rhabditida) para el control de hembras adultas de cochinilla rosada, *Dysmicoccus brevipes* (Hemiptera: Pseudococcidae), en condiciones de laboratorio.
- Duarte-Cueva F. (2018). El control biológico como mecanismo de RSE en la agroexportación peruana: El caso del espárrago. Congreso Internacional de Contaduría, Administración e Informática. Ciudad Universitaria, Ciudad de México. Pág. 4.

- Elósegui-Claro, O., & Elizondo Silva, A. I. (2010). Evaluación microbiológica in vitro de mezclas de especies de hongos entomopatógenos ingredientes activos de bioplaguicidas cubanos. *Fitosanidad*, 14(2), 103-109.
- Estrada, H. A., Alvarado, E., Tabora, P., & Castillo, H. (2009). Evaluation of natural insecticides for the control of the pineapple (*Ananas comosus* L.) mealybug, *Dysmicoccus brevipes* cockerell (Hemiptera: Pseudococcidae). *Tierra Tropical: Sostenibilidad, Ambiente y Sociedad*, 5(2), 159-168.
- Fernández, C., & Juncosa, R. (2002). Biopesticidas: ¿la agricultura del futuro. *Phytoma*, 141, 14-19.
- Ferron, P. (1981). Pest control by the fungi *Beauveria* and *Metarhizium*. *Microbial control of pests and plant diseases 1970-1980*.
- Fransen, J. J., Winkelman, K., & van Lenteren, J.C. (1987). La mortalidad diferencial en varias etapas de la vida de la mosca blanca de invernadero, *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae), por infección con el hongo *Aschersonia aleyrodis* (Deuteromycotina: Coelomycetes). *Revista de Patología de Invertebrados*, 50(2), 158-165.
- García-De la Cruz, R., & García-Lopez, E. (2021). Combined effects of cover crops and herbicide rotation as proactive weed management in pineapple (*Ananas comosus* L. Merr). *AGROProductividad*, 14(9), 97-108.
- García-Valente, Félix, Ortega-Arenas, Laura D., González-Hernández, Héctor,
- German, T. L., Ullman, D. E., & Gunashinghe, U.B. (1992). Marchitamiento de la piña por cochinilla. En Avances en la investigación de vectores de enfermedades (Pág 241-259).
- Gerónimo-Torres, J. D. C., Torres-de-La-Cruz, M., Cruz, M. P. D. L., de-La-Cruz-Pérez, A., Ortiz-García, C. F., & Cappello-García, S. (2016). Caracterización de aislamientos nativos de *Beauveria bassiana* y su patogenicidad hacia *Hypothenemus hampei*, en Tabasco, México. *Revista Colombiana de Entomología*, 42(1), 28-35.

- Ginting, S., D. Djamilah, T. Pamekas, H. Bustaman, P. Priyatiningasih, S. Sipriyadi, and R. H. Wibowo. (2020). Pathogenicity of entomopathogenic fungi *Lecanicillium lecanii* and *Beauveria bassiana* against *Pseudococcus jackbeardsleyi* (Pseudococcidae) infecting rambutan. *Serangga*. 25: 1–11.
- González-Castillo, M., Aguilar, C. N., & Rodríguez-Herrera, R. (2012). Control de insectos-plaga en la agricultura utilizando hongos entomopatógenos: retos y perspectivas. *Revista científica de la Universidad Autónoma de Coahuila*, 4(8), 42-55.
- González-Hernández, H., Johnson, M. W., & Reimer, N. J. (1999). Impacto de *Pheidole megacephala* (F.)(Hymenoptera: Formicidae) en el control biológico de *Dysmicoccus brevipes* (Cockerell)(Homoptera: Pseudococcidae). *Control biológico*, 15(2), 145-152.
- González-Maldonado, M. B., Gurrola-Reyes, J. N., & Chaírez-Hernández, I. (2015). Biological products for the control of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Revista colombiana de Entomología*, 41(2), 200-204.
- Gopal, G. S., Venkateshalu, B., Nadaf, A. M., Guru, P. N., & Pattepur, S. (2021). Management of the grape mealy bug, *Maconellicoccus hirsutus* (Green), using entomopathogenic fungi and botanical oils: a laboratory study. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 31(1), 1-8.
- Granara de Willink, M. C., Scatoni, I. B., Terra, A. L., & Frioni, M. I. (1997). Cochinillas harinosas (Homoptera, Pseudococcidae) que afectan plantas cultivadas y silvestres en Uruguay: Listas actualizadas de plantas hospederas. *Agrociencia-Sitio en Reparación*, 1(1), 96-99.
- Granara De Willink, M. C., & Claps, L. E. (2003). Scale insects (Hemiptera: Coccoidea) present in ornamentals in Argentina. *Neotropical Entomology*, 32(4), 625-637.
- Gratereaux-Báez, W. V. (2009). Potencial del uso de hongos entomopatógenos para el control de cochinilla (*Dysmicoccus brevipes*) en producción orgánica de piña (*Ananas comosus*).

- Guerra-Maldonado, G. (2021). El aceite de Neem (*Azadirachta indica* A. Juss) una alternativa a los insecticidas químicos. *Hombre, Ciencia y Tecnología*, 25(1), 122-129.
- Gutiérrez, C. G., & Maldonado, M. G. (2010). Uso de bioinsecticidas para el control de plagas de hortalizas en comunidades rurales. *Ra Ximhai: Revista científica de sociedad, cultura y desarrollo sostenible*, 6(1), 17-22.
- Gutiérrez, C., Fereres, A., Reina, M., Cabrera, R., & González-Coloma, A. (1997). Efectos conductuales y subletales de terpenos inferiores estructuralmente relacionados en *Myzus persicae*. *Revista de Ecología Química*, 23(6), 1641-1650.
- Hernández, I. M., & Martínez, M. D. L. A. (2012). *Dysmicoccus brevipes* Cokerell (Hemiptera: Pseudococcidae) nuevo informe para *Hedychium coronarium* Koenig, Flor de la Mariposa, en Cuba. *Revista de Protección Vegetal*, 27(1), 54-55.
- Hernández-Díaz Ordaz, N., Pérez, N., & Toledo, J. (2010). Pathogenicity of three strains of entomopathogenic fungus on *Anastrepha obliqua* adults (Macquart) (Diptera: Tephritidae) under laboratory conditions. *Acta zoológica mexicana*, 26(3), 481-494.
- Hernández-Velázquez, V. M., Cervantes Espíndola, Z., Villalobos, F. J., García, L. L., & Peña Chora, G. (2011). Aislamiento de hongos entomopatógenos en suelo y sobre gallinas ciegas (Coleoptera: Melolonthidae) en agroecosistemas de maíz. *Acta zoológica mexicana*, 27(3), 591-599.
- Hughes, G., & Samita, S. (1998). Análisis de los patrones de la enfermedad del marchitamiento de la cochinilla de la piña en Sri Lanka. *Enfermedad de las plantas*, 82(8), 885-890.
- Humber, R. A. (2008). Evolution of entomopathogenicity in fungi. *Journal of invertebrate pathology*, 98(3), 262-266.

- Ibarra, E. O., Ramírez, G. H., & Ibarra, I. H. O. (2021). Composición nutricional y compuestos fitoquímicos de la piña (*Ananas comosus*) y su potencial emergente para el desarrollo de alimentos funcionales. *Boletín de Ciencias Agropecuarias del ICAP*, 7(14), 24-28.
- Ismail, A. R., Dzolkifli, O., Ooi, T. L., & Ahmad, S. (1998). Oleoquímicos a base de palma, como ingredientes inertes en formulaciones de plaguicidas. *Revista Palmas*, 19(2), 59-65.
- Jahn, G. C. (1993). Gray pineapple mealybugs, *Dysmicoccus neobrevipes* Beardsley (Homoptera: Pseudococcidae), inside closed pineapple blossom cups.
- Jahn, G.C., & Beardsley, J. W. (1998). Muestreo de presencia/ausencia de cochinillas, hormigas y depredadores principales en la piña. *Revista de Protección Vegetal en los Trópicos*, 11(1), 73-79.
- Jiménez Martínez, E. (2021). Plagas de cultivos. Universidad Nacional Agraria, Managua, (Nicaragua). Pág. 125.
- Junta, N. I. I. R. (2003). Manual sobre productos Neem & Allied. Asia Pacifico Business Press Inc.
- Lacey, L. A., Frutos, R., Kaya, H. K., & Vail, P. (2001). Insect pathogens as biological control agents: do they have a future? *Biological control*, 21(3), 230-248.
- Lacey, L. A., Grzywacz, D., Shapiro-Ilan, D. I., Frutos, R., Brownbridge, M., & Goettel, M. S. (2015). Insect pathogens as biological control agents: back to the future. *Journal of invertebrate pathology*, 132, 1-41.
- Lee, K., Chung, S. J., & Chung, G. (2005). Effectiveness of bionatrol on control of two spotted spider mites (*Tetranychus urticae*), aphids (*Aphis gossypii*), and whiteflies (*Trialeurodes vaporariorum*) on greenhouse grown English cucumber (*Cucumis ssp. kasa*). *J. Kor. Soc. Hort. Sci*, 46, 241-245.
- Leiva, A. P. D. (2013). Ámbito de recomendación de aditivos o coadyuvantes en pulverizaciones agrícolas.

- Lemawork, S. (2008). Evaluation of entomopathogenic fungi and hot water treatment against enset root mealybug, *Cataenococcus ensete*, Williams and Matile-Ferrero (Homoptera: Pseudococcidae) on enset (Doctoral dissertation, MSc thesis, Department of plant sciences, Awassa college of agriculture, School of Graduate Studies Hawassa University, Awassa, Ethiopia).
- Lemawork, S., Azerefegne, F., Alemu, T., Addis, T., & Blomme, G. (2011). Evaluation of entomopathogenic fungi against *Cataenococcus ensete* [Williams and Matile-Ferrero (Homoptera: Pseudococcidae)] on enset. *Crop Protection*, 30(4), 401-404.
- Lezama-Gutierrez, R., Molina Ochoa, J., Rebolledo Domínguez, O., Trujillo de la Luz, A., González Ramírez, M., & Briceño Robles, S. (1997). Evaluation of entomopathogenic fungi (Hyphomycetes) against *Anthonomus fulvipes* (Coleoptera: Curculionidae) in organically grown barbados cherry trees. *Vedalia (México)*.
- Lozano-Gutiérrez, J., Reyes López, W., Ortiz Ramírez, H., & Patricia, M. (2019). Mortalidad de *Bactericera cockerelli* Sulc 1909 (Hemiptera: Triozidae) con aceite de soya en cultivo de jitomate. *Entomología agrícola*, 6, 248-252.
- Manjushree, G., & Chellappan, M. (2019). Evaluation of entomopathogenic fungus for the management of pink mealybug, *Dysmicoccus brevipes* (Cockerell) (Hemiptera: Pseudococcidae) on pineapple in Kerala. *Journal of Entomology and Zoology studies*, 7, 1215-1222.
- Martínez I.; Jiménez E.; Sánchez J. (2020). Estrategias para el manejo integrado de la plaga cochinilla harinosa (*Dysmicoccus brevipes*) y la maleza Tuquito (*Rottboellia cochinchinensis*) en el cultivo de piña (Var. MD-2). Universidad de Panamá. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Recuperado el día 16 de Agosto de 2021: <https://mip-lpv-400.blogspot.com/>.

- Martínez, M. D. L. A., Surís, M., & Blanco, E. (2006). Fauna de chinches harinosas (Hemiptera: Pseudococcidae) asociada a plantas de interés: III. Árboles frutales. *Revista de protección vegetal*, 21), 109-113.
- Mau R. FL.; Martin J.L (2007). *Dysmicoccus brevipes* (Cockerell). Department of Entomology. Honolulu, Hawaii. Recuperado el 12 de Agosto de 2021 de http://www.extento.hawaii.edu/kbase/crop/Type/d_brevip.htm.
- Mau, R.F.L., & Kessing, J.L.M (2007). *Dysmicoccus brevipes* (Cockerell) Pink Pineapple mealybug.
- Mellín-Rosas, M. A., Sánchez-González, J. A., Cruz-Ávalos, A. M., Montesinos-Matías, R., & Arredondo-Bernal, H. C. (2016). Patogenicidad de Cepas de Hongos Entomopatógenos sobre *Diaphorina citri* Kuwayama 1 en Condiciones de Laboratorio. *Southwestern Entomologist*, 41(3), 791-800.
- Mirabal-Rodríguez, R., García-González, M. T., Castellanos-González, L., Fernández-Cancio, Y., & Pérez-Reyes, N. (2018). Nuevos pseudocócidos (Hemiptera: Pseudococcidae) y sus hospedantes para la provincia de Sancti Spíritus, Cuba. *Revista Colombiana de Entomología*, 44(2), 193-196.
- Miranda-Vindas, A., & Blanco Metzler, H. (2013). Control de *Dysmicoccus brevipes* (Hemiptera: Pseudococcidae), en el fruto de piña, San Carlos, Costa Rica. *Agronomía costarricense*, 37(1), 103-111.
- Mohamed, G. S. (2016). Virulence of entomopathogenic fungi against the vine mealy bug, *Planococcus ficus* (Signoret) (Hemiptera: Pseudococcidae). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 26(1), 47.
- Mongue-Munoz A. (2018), Guía para la identificación de las principales plagas y enfermedades en el cultivo de la piña.
- Moreno-Cañas G. R. (2017). Bioinsecticida: alternativa para eliminación de piojo blanco en cultivos de piña. *Revista Universitaria Científica*. 20 (2): 20-25.

- Nájera-Rincón, M. B., Martínez, M. G., Crocker, R. L., Hernández-Velázquez, V., & del Bosque, L. R. (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.
- Nava-Pérez, E., García-Gutiérrez, C., Camacho-Báez, J. R., & Vázquez-Montoya, E. L. (2012). Bioplaguicidas: una opción para el control biológico de plagas. *Ra Ximhai*, 8(3), 17-29.
- Obando, J. A., Bustillo, A. E., Castro, U., & Mesa, N. C. (2013). Selection of strains of *Metarhizium anisopliae* to control *Aeneolamia varia* (Hemiptera: Cercopidae). *Revista Colombiana de Entomología*, 39(1), 26-33.
- Ochoa-Martínez, D. L., Uriza-Ávila, D. E., Rojas-Martínez, R. I., & Rodríguez-Martínez, D. (2016). Detección de Pineapple mealybug wilt-associated virus 1 y 3 en México. *Revista mexicana de fitopatología*, 34(2), 131-141.
- Oparaeke, A. M., Dike, M. C., & Amatobi, C. I. (2005). Evaluation of botanical mixtures for insect pests management on cowpea plants. *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics (JARTS)*, 106(1), 41-48.
- Ortiz-Urquiza, A., & Keyhani, N. O. (2013). Action on the surface: entomopathogenic fungi versus the insect cuticle. *Insects* 4: 357–374.
- Pacheco-Hernández, M., Reséndiz Martínez, J., & Arriola Padilla, V. J. (2019). Organismos entomopatógenos como control biológico en los sectores agropecuario y forestal de México: una revisión. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 10(56), 4-32.
- Palma-Jiménez, M., & Blanco-Meneses, M. (2017). Morphological and molecular identification of *Dysmicoccus brevipes* (Hemiptera: Pseudococcidae) in Costa Rica. *Journal of entomology and zoology studies*, 5(2), 1211-1218.

- Palma-Jiménez, M., Blanco-Meneses, M., & Guillén-Sánchez, C. (2019). Las cochinillas harinosas (Hemiptera: Pseudococcidae) y su impacto en el cultivo de Musáceas. *Agronomía Mesoamericana*, 30(1), 281-298.
- Pandey, R. R., & Johnson, M. W. (2006). Enhanced production of pink pineapple mealybug, *Dysmicoccus brevipes* (Hemiptera: Pseudococcidae). *Biocontrol Science and Technology*, 16(4), 389-401..
- Pérez-Salgado, J., Ángel-Ríos, M. D., Arteaga-Deloya, A., Hernández-Castro, E., Damián-Nava, A., Carretera, A. D. C. N. U., & Rancho, C. P. (2013). Hongos entomopatógenos y extractos vegetales contra escama blanca (*Aulacaspis tubercularis* Newstead) en cultivo de mango en San Luis La Loma, municipio de Tecpan de Galeana, Gro. México. *Entomología Mexicana*, 12(1), 452-455.
- Petty, G. J., & Tustin, H. (1992, November). Ant (*Pheidole megacephala* F.)-mealybug (*Dysmicoccus brevipes* Ckll.) relationships in pineapples in South Africa. In *International Pineapple Symposium 334* (pp. 387-396).
- Portilla, A. A. R., & Cardona, F. J. S. (2004). Coccoidea de Colombia, con énfasis en las cochinillas harinosas (Hemiptera: Pseudococcidae). *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 57(2), 2383-2412.
- Ramírez, E. G., Pacheco, R. P., Enríquez, B. L. L., & Marín, L. P. (2013). Patogenicidad de *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana* sobre mosca blanca (*Bemisia tabaci*). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, (6), 1129-1138.
- Ramírez, H. G., Granja, A. Z., Aguila, E. T., & Cantoral, M. T. (2014). Manual de producción y uso de hongos entomopatógenos. *Laboratorio de entomopatógenos SCB-SENASA*.
- Ramos, I. A. Q., Maya, M. F., Martínez, A. S., & Carvajal, L. M. H. (2011). *Paecilomyces* sp. Como alternativa de control de la cochinilla.
- Rodríguez, M., Vásquez, M., & Araya, A. (2012). Guía de identificación y manejo integrado de plagas y enfermedades en piña. *Banacol*, 5, 265-267.

- Rodríguez, R., Becquer, R., Pino, Y., López, D., Rodríguez, R. C., Lorente, G. Y., & González, J. L. (2016). Producción de frutos de piña (*Ananas comosus* (L.) Merr.) MD-2 a partir de vitroplantas. *Cultivos tropicales*, 37, 40-48.
- Rodríguez-Dos Santos, A., & del Pozo Núñez, E. (2003). Aislamiento de hongos entomopatógenos en Uruguay y su virulencia sobre *Trialeurodes vaporariorum* West. *Agrociencia-Sitio en Reparación*, 7(2), 71-78.
- Rohrbach, K. G., Beardsley, J. W., German, T. L., Reimer, N. J., & Sanford, W. G. (1988). Marchitamiento de cochinillas, cochinillas y hormigas en la piña. *Enfermedad de las plantas (EE.UU.)*.
- Romelio R.; Becquer R.; Pino Y.; López D.; Rodríguez R. C.; Lorente G. G. Y.; Izquierdo R. E.; Gonzales J. L. (2016). Producción de frutos de piña (*Ananas comosus* (L.) Merr.) MD-2 a partir de vitro plantas. *Cultivos tropicales*. 37: 40-48.
- Rosas-García, N. M., Alba-Moreno, I. M., Mireles-Martínez, M., & Villegas-Mendoza, J. M. (2019). Evaluación de la compatibilidad del proceso de germinación de *Metarhizium anisopliae* con aceites esenciales. *Acta universitaria*, 29.
- SADER. (2021). Crece 16.2% producción de piña en México durante 2020. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). Fecha de consulta: 08 de agosto 2021. <https://www.gob.mx/agricultura/>.
- SAGARPA. (2015). Guía de síntomas y daños de cochinilla harinosa de la piña, *Dismicoccus brevipes* Cockerell 1893. Pag. 5. Recuperado el 22 de Diciembre de 2020: <https://www.bing.com/>
- Sánchez, E. R., Calderón, A. T. R., Cupul, W. C., Alejo, J. C., & Rosales, R. M. (2009). Patogenicidad de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuillemin sobre estados inmaduros de mosquita blanca (*Bemisia tabaci* Genn.). *Fitosanidad*, 13(2), 89-93.
- Sánchez-Pérez, L., Rodríguez-Navarro, S., Marín-Cruz, V. H., Ramos-López, M. Á., Ramos, A. P., & Barranco-Florido, J. E. (2016). Assessment of *Beauveria*

- bassiana* and Their Enzymatic Extracts against *Metamasius spinolae* and *Cyclocephala lunulata* in Laboratory. *Advances in Enzyme Research*, 4(03), 98.
- Shah, P. A., & Pell, J. K. (2003). Entomopathogenic fungi as biological control agents. *Applied microbiology and biotechnology*, 61(5), 413-423.
- SIAP. (2022). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola en México 2021. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Recuperado Julio de 2021: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>.
- Silva-Uribe, N. A. (2011). Efectos de micotoxicidad de fungicidas sobre formulados de los entomopatogenos *Paecilomyces fumosoroseus* y *Beauveria bassiana* utilizados contra la mosquita blanca (*Bemisia argentifolii*) (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Nuevo León).
- Soto, A. S., Gutiérrez, C. G., Maldonado, M. B. G., Roldán, H. M., & Wong, L. J. G. (2006). Toxicidad de blastosporas de *Beauveria bassiana* (VUILL) contra palomilla del manzano *Cydia pomonella* L. (Lepidoptera: tortricidae). *Folia Entomológica Mexicana*, 45(2), 195-200.
- Surulivelu, T., Banu, J. G., Rajan, T. S., Dharajothi, B., & Amutha, M. (2012). Evaluation of fungal pathogens for the management of mealybugs in Bt cotton. *Journal of Biological Control*, 26(1), 92-96.
- Tamayo-Mejía, F. (2009). Control biológico de *Sphenarium purpurascens* (Charpentier) y *Melanoplus differentialis* (Thomas)(Orthoptera: Acrididae) con *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin. *Vedalia*, 13(2), 85-90.
- Tanwar, R. K., Jeyakumar, P., & Monga, D. (2007). Mealybugs and their management Technical Bulletin 19, September, 2007. *National Centre for Integrated Pest Management LBS Building, Pusa Campus, New Delhi*, 110(12), 1-10.
- Torres-Ávila, A., Aguilar Ávila, J., Santoyo Cortés, V. H., Uriza Ávila, D. E., Zetina Lezama, R., & Rebolledo Martínez, A. (2018). La piña mexicana frente al reto de la innovación. Avances y retos en la gestión de la innovación.

- Trampe, J. D. J. L., & Morales, F. (2017). Uso de los aceites esenciales en el control de plagas. *Artrópodos y Salud Ene.-Jun*, 7(1), 44-53.
- Ugalde-Trejos, R. (2010). Evaluación a nivel de campo de la patogenicidad de microorganismos benéficos sobre poblaciones de cochinilla harinosa *Dysmicoccus brevipes* (Hemíptera: Pseudococcidae), en el periodo posterior a la inducción floral del cultivo de piña (*Ananas comosus* (L.) MERR), en Finca Indaco Horquetas SA.
- Valero-Jiménez, C. A., Debets, A. J., van Kan, J. A., Schoustra, S. E., Takken, W., Zwaan, B. J., & Koenraadt, C. J. (2014). Natural variation in virulence of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* against malaria mosquitoes. *Malaria journal*, 13(1), 1-8.
- Vásquez, O. L. (2000). Manejo de cochinilla (*Dysmicoccus brevipes*) en el cultivo de piña orgánica en la zona del Lago de Yojoa, Honduras.
- Vélez-Izquierdo, A., Espinosa-García, J. A., Uresti-Gil, J., Jolalpa-Barrera, J. L., Rangel-Quintos, J., & Uresti-Duran, D. (2020). Estudio técnico-económico para identificar áreas con potencial para producir piña en el trópico húmedo de México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 11(7), 1619-1632.
- Villanueva-Jiménez, Juan A., López-Collado, José, González-Hernández, Alejandro, & Arredondo-Bernal, Hugo C. (2009). Parasitismo natural e inducido de *Anagyrus kamali* sobre la cochinilla rosada en brotes de teca, en Bahía de Banderas, Nayarit. *Agrociencia*, 43(7), 729-738.
- Villegas, C., Zabala, G. A., Ramos, A. A., & Benavides, P. (2010). Identificación y hábitos de cochinillas harinosas asociadas a raíces del café en Quindío.
- Villegas-Rodríguez, F., Díaz-Gómez, O., Casas-Flores, J. S., Monreal-Vargas, C. T., Tamayo-Mejía, F., & Aguilar-Medel, S. (2017). Actividad de dos hongos entomopatógenos, identificados molecularmente, sobre *Bactericera cockerelli*. *Revista Colombiana de Entomología*, 43(1), 27-33.

- Yeo, H., Pell, J. K., Alderson, P. G., Clark, S. J., & Pye, B. J. (2003). Laboratory evaluation of temperature effects on the germination and growth of entomopathogenic fungi and on their pathogenicity to two aphid species. *Pest Management Science: formerly Pesticide Science*, 59(2), 156-165.
- Zambrano, V., Luis, M. L. S., Peña, A. S., & Rodriguez, I. (2016). Regulación biológica de *Dysmicoccus brevipes* (cockerell), en café coffea arábica. I en la finca el porvenir del municipio junín del estado táchira. *Universidad & Ciencia*, 5(2), 188-199.
- Zart, M., de Macedo, M. F., Rando, J. S. S., Doneze, G. S., Brito, C. P., de Souza Poletto, R., & Alves, V. S. (2021). Performance of entomopathogenic nematodes on the mealybug, *Dysmicoccus brevipes* (Hemiptera: Pseudococcidae) and the compatibility of control agents with nematodes. *Journal of Nematology*, 53.
- Zimmermann, G. (2008). The entomopathogenic fungi *Isaria farinosa* (formerly *Paecilomyces farinosus*) and the *Isaria fumosorosea* species complex (formerly *Paecilomyces fumosoroseus*): biology, ecology and use in biological control. *Biocontrol science and technology*, 18(9), 865-901.