

UNIVERSIDAD NACIONAL
FACULTAD CIENCIAS DE LA TIERRA Y EL MAR
ESCUELA DE CIENCIAS AGRARIAS

***Beauveria bassiana* en el manejo de tecla (*Strymon megarus* Godart,
1824) en piña (*Ananas comosus*)**

Trabajo Final de Graduación bajo la modalidad de artículo científico para optar por el grado de
Licenciatura en Ingeniería Agronómica

Estudiante

Aníbal Rodríguez Rojas

Tutor

M. Sc. Walter Peraza Padilla

Asesores

M.Sc. Luis Diego Gamboa Picado

M.Sc. Esteban Loría Solano

Campus Omar Dengo

Heredia, Costa Rica, 2020

***Beauveria bassiana* en el manejo de tecla (*Strymon megarus* Godart, 1824) en piña (*Ananas comosus*)**

Aníbal Rodríguez Rojas

Trabajo final de graduación modalidad artículo científico sometido a consideración del tribunal examinador de la Escuela de Ciencias Agrarias para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Agronómica

**Trabajo final de Graduación presentado como requisito parcial para optar al grado
de Licenciatura en Ingeniería Agronómica**

Tribunal Examinador

M.Sc. Allan González Herrera
Representante Decanato, FCTM

Dr. Evelio Granados Carvajal
Director Escuela de Ciencias Agrarias

M. Sc. Wálter Peraza Padilla
Director de Tesis

M.Sc. Luis Diego Gamboa Picado
Asesor

M.Sc. Esteban Loría Solano
Asesor

Aníbal Rodríguez Rojas
Sustentante

***Beauveria bassiana* en el manejo de tecla (*Strymon megarus* Godart, 1824) en piña (*Ananas comosus*)¹**

***Beauveria bassiana* on the management of Tecla (*Strymon megarus* Godart, 1824) on pineapple (*Ananas comosus*)**

Aníbal Rodríguez-Rojas², Walter Peraza-Padilla³

Resumen

Introducción. El incremento en la producción de piña (*Ananas comosus*) exige al mercado frutas de buena calidad con menor impacto ambiental y mínimo uso de productos químicos. **Objetivo.** Determinar la dosis efectiva del hongo *B. bassiana* y la formulación adecuada como bioinsecticida para el manejo de tecla (*S. megarus*) en el cultivo de piña. **Materiales y métodos.** La investigación se realizó de febrero a abril de 2019 en una finca en Río Jiménez, Guácimo, Limón, Costa Rica. Se estableció un diseño de parcelas irrestricto al azar con medias repetidas en el tiempo con siete tratamientos y cinco réplicas por tratamiento. En cada réplica se tomó el dato de 25 frutos de piña. Se aplicaron y evaluaron los siguientes tratamientos: tres dosis de *B. bassiana* WP (1,0; 2,0 y 3,0 kg ha⁻¹), dos tratamientos de *B. bassiana* a 3 kg ha⁻¹, uno con coadyuvante y otro en formulación miscible en aceite (OL), un testigo absoluto sin aplicación de insecticida y un insecticida biológico Turex 3.8 WP (*Bacillus thuringiensis*) a 1,0 kg ha⁻¹. De cada tratamiento se realizaron cinco aplicaciones por aspersión, la primera al momento de establecer el ensayo, 50 días después de la inducción floral del cultivo y las otras con siete días de intervalo entre aplicaciones (del día 50 al día 92). **Resultados.** Todos los tratamientos mostraron una menor incidencia de daño viejo (gomosis) comparado con el testigo absoluto. Solo el testigo comercial (*B. thuringiensis*) y el tratamiento de *B. bassiana* de 1 kg ha⁻¹ mostraron una incidencia de daño menor al 5 %, durante todo el periodo de evaluación sin diferencias significativas entre ellos, pero sí con el resto de los tratamientos. **Conclusión.** La

¹ Esta investigación formó parte de los resultados del trabajo final de graduación de Licenciatura en Agronomía del primer autor. Universidad Nacional (UNA). Costa Rica.

² Universidad Nacional de Costa Rica, Escuela de Ciencias Agrarias, Heredia, Costa Rica. anirod80@hotmail.com

³ Universidad Nacional, Laboratorio de Nematología, Heredia, Costa Rica. Apartado Postal 86-3000. walter.peraza.padilla@una.cr (<https://orcid.org/0000-0003-4651-5555>).

Rojas-Rodríguez y Peraza-Padilla: *Beauveria bassiana* contra *Strymon megarus* en piña.

aplicación de *B. bassiana* disminuyó la incidencia del daño ocasionado por tecla lo cual podría ser una alternativa amigable con el ambiente.

Palabras clave: hongo entomopatígeno, manejo biológico, *Ananas comosus*, insecto, barrenador del fruto.

Abstract

Introduction. The increase in pineapple production demands good quality fruits from the market with less environmental impact and minimal use of chemical products. **Objective.** Evaluate biological efficacy of *Beauveria bassiana* fungus and the damage caused by tecla (*S. megarus*), one of the main pests in pineapple cultivation. **Materials and methods.** This research was developed from February to April 2019 in a farm at Río Jiménez, Guácimo, Limón, Costa Rica. A random unrestricted plot design was established with repeated means over time, with seven treatments and five replicates per treatment. Data from 25 pineapple fruits was taken in each replica. The following treatments were applied and evaluated: three doses of *B. bassiana* WP (1.0, 2.0 and 3.0 kg ha⁻¹), two treatments of *B. bassiana* at 3 kg ha⁻¹, one with adjuvant and the other one in an oil-miscible formulation (OL), an absolute management without insecticide application, and a commercial product constituted by the biological insecticide Turex 3.8 WP (*Bacillus thuringiensis*), at a dose of 1.0 kg ha⁻¹. Five spray applications of each treatment were made. The first one, at the beginning of the trial, 50 days after floral induction of the crop, and the others with a seven-day interval between applications (from day 50 to 92). **Results.** All treatments showed a reduction of old damage (gummosis) incidence in comparison to the absolute management. Only the commercial management (*B. thuringiensis*) at 1 kg ha⁻¹ *B. bassiana* treatment showed a damage incidence lower than 5 % during the whole evaluation period, without significant differences between them but with the rest of the treatments. **Conclusion.** The application of *B. bassiana* decreased the incidence of damage caused by tecla, which could be used an eco-friendly alternative.

Keywords: entomopathogenic fungus, biological management, *Ananas comosus*, insect, fruit borer.

Introducción

En el 2017 la producción mundial de piña fue de 27,4 millones de toneladas en donde los principales países productores en millones de toneladas anuales fueron: Costa Rica (3,0), Filipinas (2,6), Brasil (2,2), Tailandia (2,1) e India (1,8) (Centro de Exportación e Inversión de la República Dominicana, 2017). Costa Rica es el principal exportador de piña fresca a nivel mundial, por lo que esta fruta tiene un papel muy importante en la generación de empleos. El impacto económico del sector piñero en 2015 representó el 31 % del PIB Agrícola y parte del 8 % del PIB total para el país (Cámara Nacional de Productores y Exportadores de Piña, 2021).

Las exportaciones de piña en Costa Rica cayeron \$ 56 millones de dólares, pasó de \$ 944 millones de dólares en 2019 a \$ 888 millones de dólares en 2020. La baja en los precios internacionales, las dificultades climáticas y los altos costos de producción fueron las causas de esta disminución. No obstante, los principales países donde se exportó esta fruta en 2020 fueron Estados Unidos (51 %), Holanda (11 %), España, Italia y Reino Unido (7 %), Bélgica (6 %), Rusia (3 %) y, Canada (1 %) (Promotora de Comercio Exterior de Costa Rica, 2020).

Costa Rica se caracterizó por tener dos cultivos de importancia como lo fueron el café y el banano. Sin embargo, desde hace 50 años se empezó a desarrollar el cultivo de la piña en distintas regiones del país. La producción se destinaba principalmente para el mercado nacional y una pequeña parte en la industrialización de pulpas, enlatados y mermeladas (Cámara Nacional de Productores y Exportadores de Piña, 2021).

Los primeros pasos en la exploración a mercados internacionales iniciaron en 1986 con la variedad Cayenna Lisa y luego con la Champaca. A partir del año 2001, los esfuerzos de exportación se enfocaron en posicionar la variedad Golden o “Piña Dorada”, lo que ubicó a Costa Rica en un nivel diferenciado mundialmente en la producción de piña. A mediados de los años ochenta, con la llegada de la subsidiaria de Del Monte Fresh, Pineapple Development Corporation (PINDECO), la producción orientada a la exportación aumentó.

Costa Rica tiene 45 000 hectáreas dedicadas a la producción de piña, la mayoría se ubican en la Zona Norte con 19 600 hectáreas, lo que equivale al 49 % del área cultivada; el Atlántico con 11 600 hectáreas (29 %) y, por último, el Pacífico con 8 800 hectáreas, lo que representa el 22 % del área cultivada. Se calcula que existen unos 170 productores y esta actividad económica genera 28000 empleos directos y 105 000 empleos indirectos

Rojas-Rodríguez y Peraza-Padilla: *Beauveria bassiana* contra *Strymon megarus* en piña.

relacionados con la producción y exportación de esta fruta (Cámara Nacional de Productores y Exportadores de Piña, 2021).

De acuerdo con el informe de Comercio Exterior del Sector Agropecuario 2016-2017, el cultivo del banano junto con el cultivo de la piña fueron las principales actividades con mayor participación en el valor de exportación del sector agrícola, y aseguró respectivamente un 36,6 % y 33,5 % del total de las exportaciones agrícolas (Mora, 2018). Los destinos de estas exportaciones fueron los Estados Unidos y Europa.

Uno de los principales insectos plaga en el cultivo de la piña es el barrenador del fruto, conocido como tecla (*S. megarus* Godart, 1824) (Lepidoptera, Lycaenidae) (Coto & Saunders, 2004; Sanches, 2005). Esta plaga puede generar daños importantes al fruto de la piña después de la inducción floral, y completa su etapa de vulnerabilidad a los cien días después de la floración. Estos lepidópteros en su estado adulto depositan los huevecillos en las flores de la piña y cuando eclosionan, las larvas penetran por el canal estilar donde se alimentan y causan un daño en forma de galerías en la pulpa externa (Jiménez, 1999).

En Brasil Sanches (2005) reportó daños de hasta un 80 % en las plantaciones, mientras que, en estudios realizados en Costa Rica, Bermúdez (2005) reportó una incidencia del 60 % de frutos evaluados. Debido al riesgo de exposición de las plantaciones ante la agresividad de *S. megarus*, el manejo a nivel comercial se ha visto limitado al uso de insecticidas químico-sintéticos, con aplicaciones de carbaryl, diazinón o dimetoato (Maldonado, 1997).

La tecla actúa como vector de bacterias, hongos y virus fitopatógenos. Además, genera secuelas posteriores a la cosecha de las frutas. Un bioplaguicida a base de estructuras de resistencia de un hongo entomopatógeno como *B. bassiana* podría ser vital para el manejo de las poblaciones del insecto sin el uso de agroquímicos que pueden afectar el ambiente (Alvarado et al., 2007).

Costa Rica se encuentra dentro de los países con mayor uso de plaguicidas por hectárea de producción. Solo en 2006, se utilizaron cerca de 1 800 000 Kg de ingrediente activo (ia) importado (Ramírez et al., 2009). Actualmente, la tendencia de las fincas dedicadas a la producción de piña es buscar alternativas amigables con el ambiente mediante la utilización de paquetes de fitoprotección. Sin embargo, estos productos alternos deben cumplir una serie de características al igual que los químicos, entre las que destacan una mejor eficiencia y bajos costos del producto. De esta manera, se pretende incursionar en la utilización de productos biológicos a base de hongos que ayuden no solo al manejo de las plagas de manera integral, sino que también contribuyan a disminuir las

cargas de insecticidas sintéticos utilizados, lo que se convierte en prioridad para muchos productores.

El hongo entomopatógeno *B. bassiana*, pertenece a la clase Sordariomycetes y tiene la capacidad de parasitar a más de 200 especies de insectos. Posee la facultad de actuar mediante una fase saprofítica y patogénica. Esta última a través de una etapa de adhesión con la cual logra que la espora (conidio) se deposite sobre la superficie de un insecto y germine. Luego, se fija sobre la superficie de la larva donde desarrolla el tubo germinativo mediante un apresorio (órgano sujetador) (Kaya & Tanada, 1993; Crespo et al., 2007). Esta etapa requiere de una humedad relativa y temperatura adecuadas para que pueda desarrollarse. En estudios realizados por Ortíz et al. (2021), determinaron para una serie de hongos entomopatógenos, incluido *B. bassiana*, que la actividad biológica fue mayor cuando la humedad relativa osciló entre 81 a 92 %. También observaron que, a temperaturas menores de 16,3 °C los conidios demoraron más de un día en germinar, mientras que a temperaturas superiores a 28,5 °C tardaron menos de un día en desarrollarse. Luego el hongo inicia la penetración del antagonista a través de las partes blandas del insecto por medio de la presión sobre la superficie de contacto y la acción de enzimas como proteasas, quitinasas y lipasas que provocan la muerte del insecto (Monzón, 2001).

B. bassiana es un hongo de interés comercial por su actividad entomopatógena al parasitar un gran número de artrópodos. Entre las plagas que maneja se encuentran: la mosca blanca (*Bemisia tabaci*), el picudo del chile (*Anthonomus eugenii*), el escarabajo de la papa (*Leptinotarsa decemlineata*), el picudo de la caña de azúcar (*Metamazius hemipterus*), el gorgojo de la caña de azúcar (*Sphenophorus levis*), el barrenador gigante de la caña de azúcar (*Castnia licus*), el picudo del plátano (*Cosmopolites sordidus*) y diferentes especies de chinches y saltamontes (Carballo & Guaharay, 2004).

B. bassiana ha sido usado en distintos países para el manejo de la broca del café (*Hypothenemus hampei*), y se utilizan diversas metodologías de aplicación y formulaciones para aumentar la efectividad del hongo. Los resultados obtenidos algunas veces han cumplido o superado las expectativas, mientras que en ocasiones no se logran valores de mortalidad como se esperan. En una evaluación realizada por Alvarado et al. (2007) con insecticidas naturales, se observó un manejo del daño del 33 % de *S. megarus* con *B. bassiana* en comparación a un 54 % con respecto al testigo absoluto. El desarrollo de distintas formulaciones y concentraciones puede hacer la diferencia a la hora de aplicar este microorganismo en campo y en ambientes protegidos. El objetivo de esta investigación fue determinar la dosis efectiva del hongo *B. bassiana* y la formulación

Rojas-Rodríguez y Peraza-Padilla: *Beauveria bassiana* contra *Strymon megarus* en piña.

adecuada como bioinsecticida para el manejo de tecla (*S. megarus*) en el cultivo de piña en una finca en Río Jiménez, Guácimo, Limón, Costa Rica.

Materiales y métodos

Condiciones del ensayo

La investigación se llevó a cabo en La Estación Experimental de Biotech Cr Grm S.A., ubicada en Río Jiménez, Guácimo, Limón, Costa Rica, en los meses de febrero a abril del año 2019. Las coordenadas del sitio fueron 10°15'41.2" N, 83°41'15.3" W y se ubicó en la zona de vida de bosque muy húmedo pre-montano (Bolaños et al., 2005). La estación meteorológica de Río Jiménez del Instituto Meteorológico Nacional (IMN) reportó en un periodo de trece años, un acumulado 3610 mm anuales de lluvia, y un promedio de temperatura de 25,0 °C y 90 % de humedad relativa (Gómez, 2003).

Selección del cultivo y del cultivar

La variedad de piña (*Ananas comosus*) usada fue MD-2 (“piña dorada”), la cual fue desarrollada mediante avances en biotecnología por Del Monte Fresh a través de la subsidiaria Pineapple Development Corporation (PINDECO), empresa que se dedica a la producción del cultivo de piña con calidad de exportación. Este material es más susceptible al daño mecánico y al ataque de plagas y patógenos con respecto a otros cultivares, pero se compensa por tener un ciclo productivo más corto, con altos niveles de producción, tamaño y calidad (Brenes, 2007).

Las parcelas se establecieron en la finca experimental de Biotech Cr Grm S.A., en un lote “forzado” o sometido a inducción de la floración en enero del 2019. Se utilizó un material de siembra “guía” a una densidad de 70 000 plantas por hectárea. El área de siembra total de la parcela fue de 0,30 ha de las cuales se utilizaron 11 m² y 60 plantas por parcela para un total de área destinada para el ensayo de 385 m². Cada parcela recibió su respectivo ciclo de fertilización, así como de fitoprotección en etapa de desarrollo del cultivo, lo que permitió las condiciones de desarrollo adecuadas para ser sometido a la inducción floral e iniciar con la etapa fenológica de desarrollo de fruto necesario para las evaluaciones.

Diseño y establecimiento del ensayo

El ensayo de eficacia biológica se estableció con un diseño de parcelas irrestricto al azar con medidas repetidas en el tiempo, con siete tratamientos y cinco réplicas por tratamiento (Cuadro 1). En cada réplica se tomó el dato de 25 piñas. Cada réplica constó de tres camas de 2,20 m de ancho x 5 m de largo con 1 m de buffer entre parcelas. Todos los tratamientos se aplicaron por aspersion en un volumen equivalente a 2000 L ha⁻¹, en cinco ocasiones, a los 50, 57, 64, 71 y 78 días después del forzamiento (ddf). Las aplicaciones finalizaron a los 78 días ya que en esta etapa se encuentran los últimos pétalos de la flor que coinciden con el periodo más susceptible de la planta de piña. Tecla afecta al cultivo en la etapa de floración y es independiente de dónde se ubique la planta de piña en el campo.

Para determinar la influencia de los tratamientos sobre las variables de respuesta estudiadas (presencia de daño que ocasiona la plaga, número de daño en cada fruto, presencia y cantidad de larvas y huevos), se realizó un análisis de varianza (ANOVA) con un diseño en parcelas divididas bajo la teoría de modelos lineales mixtos.

El modelo base utilizado fue:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \gamma_j + \delta_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Con: $i = 1 \dots 7$, $j = 1 \dots 7$, $k = 1 \dots 5$

Con

Y_{ijk} : Variable de respuesta del i -ésimo tratamiento, j -ésima días después de aplicado y k -ésima réplica.

μ : Media general

α_i : Efecto de la i -ésimo tratamiento

γ_j : Efecto de la j -ésima fecha de evaluación

δ_{ij} : Efecto adicional (interacción para la combinación de los niveles i de tratamiento y j de fecha.

ε_{ijk} : Término de error que se distribuye normal independiente con media cero y varianza constante.

Al ser evaluaciones en el tiempo y dado que la unidad observacional se midió durante las distintas fechas, los errores se correlacionaron para poder cumplir con el supuesto de independencia. Se incluyó el ajuste de sujeto dentro del modelo como efecto aleatorio o ajuste de una estructura de correlación. Se comprobaron los supuestos del ANOVA con gráficos diagnósticos (cuantiles de los términos de error, gráficos de residuos y gráficos de residuos predichos).

Se escogió el modelo en función de los criterios de Akaike (AIC) y de información Bayesiano (BIC). En las variables donde existieron diferencias estadísticas entre los tratamientos, se realizaron comparaciones de medias por medio de la prueba de Di Rienzo, Guzmán y Casanoves (DGC) ($p \leq 0,05$) con la formación de grupos excluyentes y no transición entre tratamientos. Para el análisis de datos se utilizó el programa estadístico Infostat versión 2020.

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos aplicados para evaluar la eficacia biológica del bioinsecticida *B. bassiana* en piña (*Ananas comosus*). Río Jiménez, Guácimo, Limón, Costa Rica. 2019.

Table 1. Description of the applied treatments to evaluate biological efficacy *B. bassiana* bioinsecticide on pineapple. Río Jiménez, Guácimo, Limón, Costa Rica. 2019.

| Tratamiento | Producto | Dosis (UFC/ha) | Dosis (P.C.*/ha) |
|-------------|--|------------------------|------------------|
| 1 | Testigo absoluto | - | - |
| 2 | <i>Beauveria bassiana</i> WP | 4,0 x 10 ¹² | 1,00 kg |
| 3 | <i>Beauveria bassiana</i> WP | 8,0 x 10 ¹² | 2,00 kg |
| 4 | <i>Beauveria bassiana</i> WP | 1,2 x 10 ¹³ | 3,00 kg |
| 5 | <i>Beauveria bassiana</i> WP + Coadyuvante | 1,2 x 10 ¹³ | 3,00 kg |
| 6 | <i>Beauveria bassiana</i> OL** | 1,2 x 10 ¹³ | 3,00 kg |
| 7 | Turex 3.8 WP*** (i.a. <i>Bacillus thuringiensis</i>) | - | 1,00 kg |

*PC = Producto comercial formulado. / * PC = Commercial formulated product.

**OL= Formulacion miscible en aceite. / ** OL = Oil miscible formulation.

*** Producto con registro oficial (3547) de uso en CR para el manejo de *S. megarus* en el cultivo de piña. / *** Product with official registration (3547) for use in CR for management of *S. megarus* in pineapple cultivation.

Momento y frecuencia

El daño ocasionado por tecla se conoce como “gomosis” y en las primeras horas de la lesión ocasiona un exudado de color blanquecino y ámbar de consistencia gomosa y pegajosa llamado “daño fresco”, el cual, al poco tiempo de entrar en contacto con el aire, se endurece y oscurece dando lugar a lo que se conoce como “daño viejo”.

Las evaluaciones de las variables de huevos y larvas no arrojaron datos que permitieran realizar un análisis y correlacionar los tratamientos, ya que en la mayoría de las evaluaciones su presencia fue irregular; no obstante, si se observó el daño que evidenció la presencia de la plaga. Además, en las evaluaciones se prestó especial interés a frutos con daño viejo; por ser los de mayor importancia para esta investigación, debido a que como se mencionó anteriormente, el daño fresco se transforma en poco tiempo en daño viejo y están correlacionados.

Asimismo, la estimación de la proporción de fruta con daño viejo que ocasiona *S. megarus* es esencial para estimar la proporción de fruta con calidad de exportación, así como para dirigir las estrategias de manejo de la plaga hacia otros estadios como huevos o adultos.

El periodo de susceptibilidad de la planta de piña por ataque de *S. megarus* inicia desde la apertura floral con la presencia de sus respectivos pétalos florales, los cuales se pueden observar desde los 45 a los 50 días después de forzamiento hasta alcanzar la etapa de flor seca (senescencia de los pétalos) la cual se alcanza entre los 90 y los 100 días después del forzamiento. Este evento fisiológico, depende de las condiciones geográficas y climáticas. Por lo anterior, se efectuaron siete evaluaciones; la primera se realizó al día 50 y finalizo en el día 92, es decir, una evaluación previa antes de cada aplicación, y luego una posterior a cada aplicación, separadas por siete días cada una. Se realizó una evaluación final a los 100 días después de la inducción floral (forza).

Resultados

Todos los tratamientos evaluados, mostraron una menor incidencia de daño viejo (gomosis) comparado con el testigo absoluto (Figura 1). Sin embargo, solo el tratamiento 7 (testigo comercial *B. thuringiensis*) y el tratamiento 2 (*B. bassiana* 1 kg ha⁻¹) mantuvieron la incidencia de daño menor al 5 % durante todo el período de evaluación sin diferencias significativas entre ellos, pero sí con el resto de los tratamientos.

Se determinó en el muestreo realizado a los 50 días después de la inducción floral y antes de realizar las aplicaciones, la ausencia de huevos, larvas o daños ocasionados por tecla, lo que coincidió con el estado de desarrollo prematuro de la flor. En la evaluación realizada a los 57 días después de la inducción floral para la cuantificación de gomosis, se observó que los tratamientos mostraron comportamientos muy homogéneos con un porcentaje de daño viejo por debajo al 5 %.

A los 64 días después de la inducción hubo un aumento en la incidencia de daño viejo en el tratamiento 1 (testigo absoluto), donde alcanzó valores de incidencia del 21,6 %, mientras el resto de los tratamientos mostraron valores por debajo al 4,8 % a excepción del tratamiento en formulación OL experimental, que alcanzó en ese momento un 7,2 %.

El testigo absoluto continuó en aumento de incidencia de daño hasta llegar a un 44,8 % a los 78 días después de la inducción floral y se mantuvo por encima del 40 % en el resto del periodo de la evaluación (hasta los 92 días después de la inducción). La afectación observada en el testigo absoluto coincidió con el ciclo de vida del insecto y el estado de floración del fruto de la piña, con la aparición de los pétalos desde los 60 hasta los 100 días. Durante este periodo existe más mayor susceptibilidad para el ataque de la plaga; aunado a las condiciones geográficas y climáticas del sitio donde se llevó a cabo dicho ensayo.

Los resultados para la evaluación de gomosis de manera general mostraron que el tratamiento 7 (testigo comercial *B. thurigiensis*) y el tratamiento 2 (*B. bassiana* 1 kg ha⁻¹) mantuvieron una incidencia de gomosis por debajo al 5 % durante todo el periodo de evaluación, mientras que los tratamientos 3 y 4 (2 kg ha⁻¹ y 3 kg ha⁻¹ respectivamente) mostraron una incidencia de daño máxima cercana al 15 %, y alcanzó su mayor incidencia de daño a los 92 días después de la inducción floral; no obstante, mantuvo un manejo superior al 40% en comparación al testigo absoluto

En el caso del tratamiento 6 (*Beauveria bassiana* OL), fue una formulación que se encontraba en fase experimental. Desde los 50 a los 71 días, mostró un manejo diferenciado con respecto al testigo absoluto, pero después de los 78 días posteriores a la inducción floral mostró una tendencia muy similar al tratamiento 1 (testigo absoluto) sin presentar diferencias estadísticas significativas.

El tratamiento 5 (*B. bassiana* 3 kg ha⁻¹ más coadyuvante) no mostró diferencias con respecto a la misma dosis sin coadyuvante, tratamiento 4. Ambos tratamientos mantuvieron una incidencia de daño muy similar desde los 50 a los 64 días después de la inducción floral, cercana al 7 %, sin diferir del comportamiento mostrado del resto de los

tratamientos a excepción del tratamiento 1 (testigo absoluto), donde a partir de los 71 días la incidencia de daño se incrementó. Posteriormente, ambos tratamientos alcanzaron valores de 16,8 % a los 85 días y presentaron una incidencia máxima de 28,8 % y 32,8 % respectivamente a los 92 días después de la inducción floral (Figura 1).

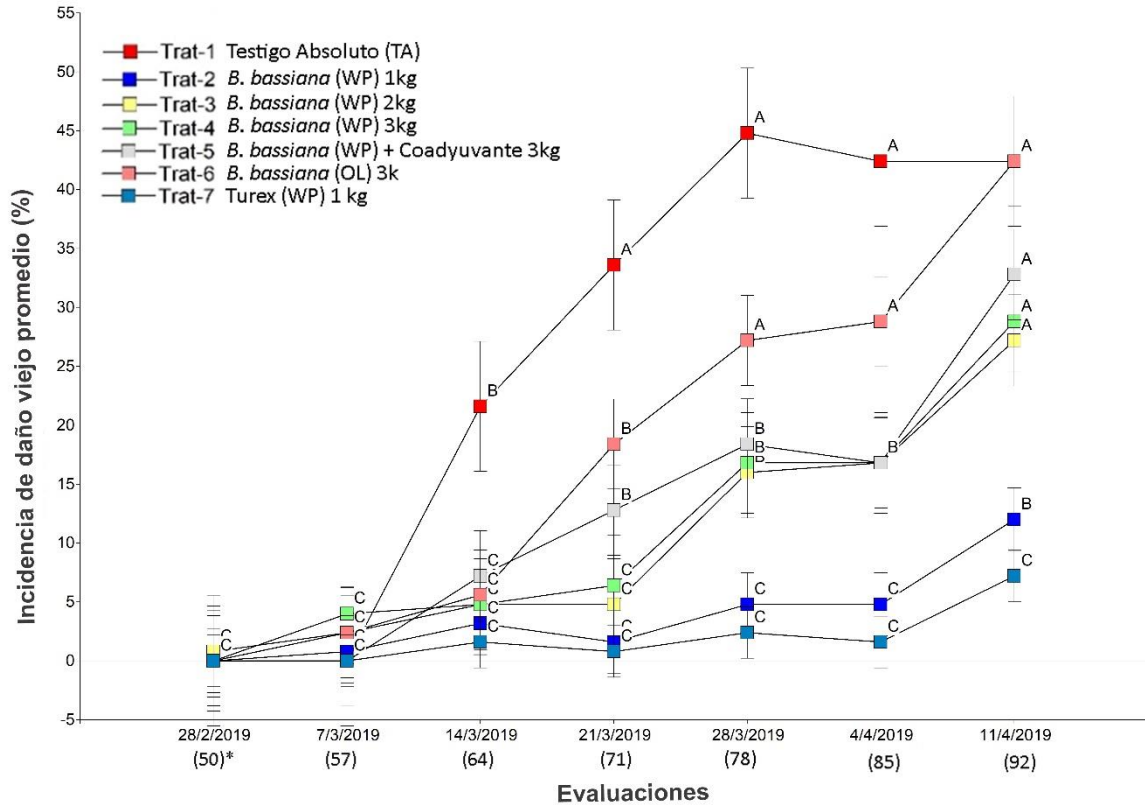


Figura 1. Gráfico de puntos de las medias de incidencia (%) de daño viejo (gomosis) por tratamiento ocasionado por tecla (*S. megarus*). Río Jiménez, Guácimo, Limón, Costa Rica. 2019.

Medias con letra común son no diferentes estadísticamente ($p > 0,05$). *ddf= Días después de forzamiento.

Figure 1. Point graph of the incidence means (%) of old damage (gummosis) by treatment caused by tecla (*S. megarus*). Río Jiménez, Guácimo, Limón, Costa Rica. 2019.

Common letter means are not statistically different ($p > 0.05$). *daf = Days after forcing.

Los datos de daño fresco mostraron una menor incidencia con respecto al testigo absoluto, situación igualmente observada en los datos de daño viejo (Figura 2). Todos los tratamientos evidenciaron diferencias significativas en cuanto al porcentaje de incidencia de daño fresco por tecla, con respecto al tratamiento 1 (testigo absoluto). Se apreció un incremento de incidencia de daño fresco desde los 64 días después de la inducción floral

hasta los 71 días en el tratamiento 1 (testigo absoluto), etapa en la cual la mayor disponibilidad de pétalos florales hace que sea más susceptible al ataque por el insecto.

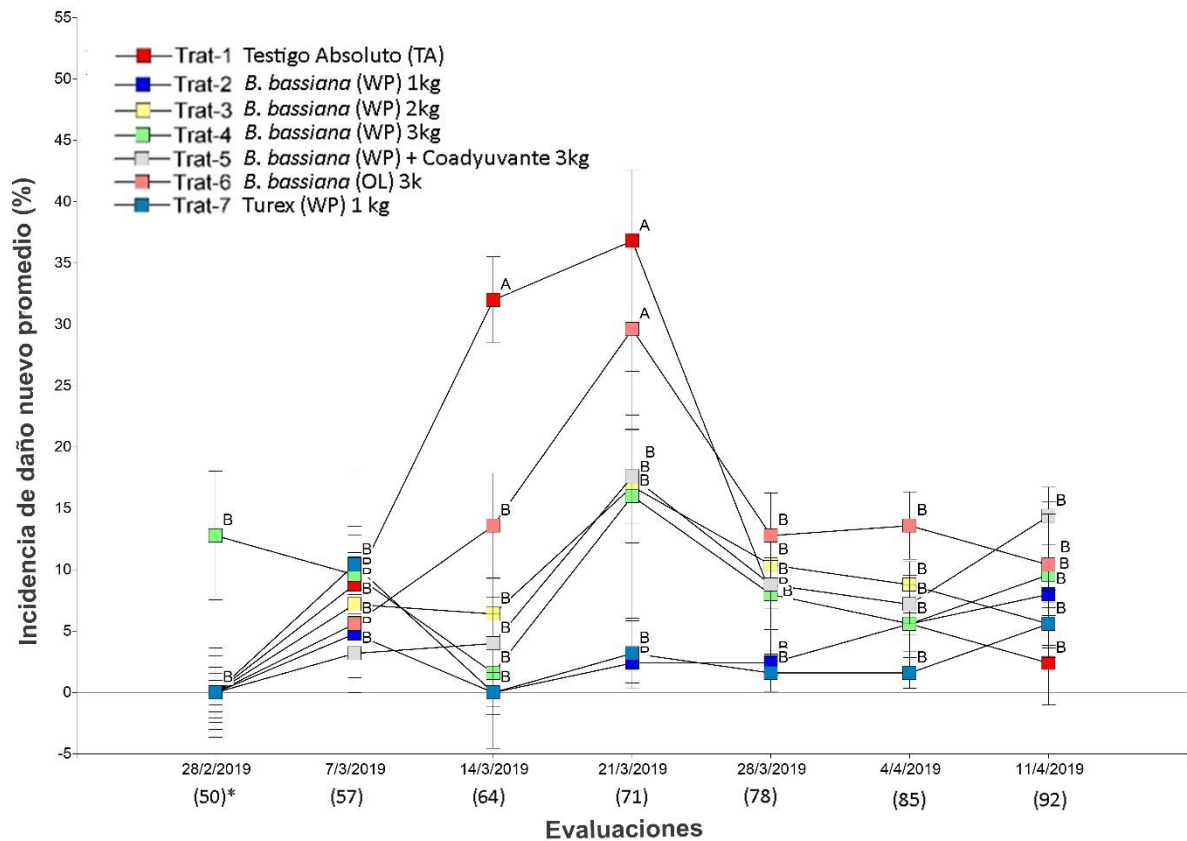


Figura 2. Gráfico de puntos de las medias de incidencia (%) de daño fresco por tratamiento ocasionado por tecla (*S. megarus*). Río Jiménez, Guácimo, Limón, Costa Rica. 2019. Medias con letra común son no diferentes estadísticamente ($p > 0,05$). *ddf= Días después de forzamiento.

Figure 2. Point graph of the incidence means (%) of fresh damage by treatment caused by tecla (*S. megarus*). Río Jiménez, Guácimo, Limón, Costa Rica. 2019. Common letter means are not statistically different ($p > 0.05$). *daf = Days after forcing.

En el tratamiento 1 (testigo absoluto) la incidencia del daño alcanzó valores cercanos al 35 % mientras que el resto de los tratamientos mostraron diferencias significativas positivas con respecto al testigo absoluto, pero no así entre ellos (Figura 2). Es importante mencionar que se mantuvo la tendencia de los mejores tratamientos en cuanto a la incidencia de daño fresco en el tratamiento 7 (Turex WP testigo comercial *B. thurigiensis*) y el tratamiento 2 (*B. bassiana* 1 kg ha⁻¹), sobre el efecto positivo del manejo de daño viejo.

Discusión

Los tratamientos a base de *B. bassiana* (WP) (tratamientos 2, 3, 4 y 5) mostraron diferencias significativas al reducir la incidencia de daño ocasionado por tecla en comparación con el tratamiento 1 (testigo absoluto). En el caso del tratamiento 6 (base de *B. bassiana* OL) presentó problemas de estabilidad al ser una formulación experimental en base aceite, lo cual pudo influir de manera inadecuada en el manejo de la plaga en comparación con el resto de los tratamientos con formulación WP. Sobre este tema, estudios realizados por Díaz y Forero (1997) y Marino (2001), determinaron que en los bioinsecticidas formulados a base de polvos mojables (WP), la materia activa se encuentra dispersa en un vehículo inerte sólido, por lo tanto, presenta mayor fluidez y estabilidad de sus componentes a diferencia de otras formulaciones. Una de las principales desventajas de los productos microbiológicos para el manejo de plagas es el efecto negativo de las condiciones ambientales, lo cual afecta su estabilidad y eficacia (Martínez (2010). No se descarta que alguna de estas circunstancias limitara o restringiera el efecto de las formulaciones sobre el manejo de la plaga.

En cuanto a la formulación de insecticidas biológicos deben cumplir una serie de requisitos esenciales relacionados con la estabilidad física y biológica durante el almacenamiento, evitar la evaporación, incrementar la cobertura y adherencia en el follaje, mejorar la dispersión, la suspensibilidad, aumentar la resistencia a las condiciones ambientales (lluvia, temperatura, radiación, etc.) y facilitar la aplicación (Martínez, 2010).

Los mejores tratamientos fueron el tratamiento 7 (testigo comercial Turex *B. thurigiensis*) y el tratamiento 2 (*B. bassiana* 1 kg ha⁻¹), en los cuales la incidencia de daño se mantuvo por debajo del 5 % durante todo el período de evaluación sin tener diferencias significativas entre ellos. Estos resultados coinciden con lo determinado por Alvarado et al. (2007) y Bermúdez (2005), donde el tratamiento de *B. thurigiensis* mantuvo tendencias de incidencia de daño menores con respecto a otros tratamientos.

Esta investigación obtuvo mejores resultados que los reportados por Alvarado et al. (2007) con *B. bassiana*, ya que la formulación utilizada en este ensayo presentó una concentración de 4×10^{12} Unidades Formadoras de Colonias (UFC) mayor que la utilizada por Alvarado y colaboradores que fue de 2×10^9 .

Además, se logró hacer la aplicación entre los cinco y 12 días después de la oviposición, donde el lepidóptero en su estado larval tiene mayor exposición y aún no ha barrenado para ingresar al interior del fruto. En esta fase del ciclo, el insecto se encuentra

expuesto al contacto con *B. bassiana* que actúa por contacto a diferencia de *B. thurigiensis* cuyo efecto es por ingestión (Baró y Massó, 2013). Esto coincide con la fase patogénica de *B. bassiana* descrita por Kaya y Tanada, (1993) y Crespo et al. (2007), donde determinaron que la fijación del hongo ocurre sobre la superficie del insecto y luego penetra a través de sus partes blandas, lo cual sería difícil que ocurra en la etapa de huevo o cuando la larva ha ingresado al interior del fruto.

En el periodo de enero y abril que se realizó el ensayo, hubo condiciones óptimas para el desempeño de los controladores biológicos utilizados. De acuerdo con Gómez (2003), los meses de enero, febrero, marzo y abril los promedios de temperatura variaron entre 24,5 y 26,5 °C. Asimismo, la humedad relativa promedio estuvo en un rango de 87 a 90 %. Estos valores climatológicos coinciden con la mayor eficacia de algunos hongos entomopatógenos probados por Ortiz et al. (2021). Datos acumulados de 13 años en la región, mostraron que para los meses restantes (mayo a diciembre) se observó medias de humedad superiores al 91 %, e incluso al 93 % como fue el caso de julio. Lo anterior indica que los resultados obtenidos podrían presentar variaciones relacionadas a las condiciones ambientales de la región.

Conclusiones

Las aplicaciones de *B. bassiana* lograron contener el avance de la infestación de la plaga y se observó una disminución significativa de la incidencia de daño ocasionado por tecla en los tratamientos en los que se utilizó el biocontrolador.

Se determinó que el hongo *B. bassiana* es eficaz para el manejo biológico del insecto plaga tecla (*S. megarus*), por lo cual podría ser una alternativa en el manejo de plagas y en la disminución de la carga química utilizada en el cultivo de la piña.

Ante la falta de información para el manejo de tecla en la producción de piña, es importante validar este tipo de ensayos tanto en otras épocas del año, como también en regiones con condiciones ambientales distintas. Por un lado, se podrá determinar el comportamiento del insecto, y por otro, la eficacia del agente de control biológico.

Agradecimientos

Los autores desean expresar su agradecimiento a la empresa Biotech Cr Grm S.A., por todo el apoyo brindado en el desarrollo de esta investigación, además al M. Sc.

Rojas-Rodríguez y Peraza-Padilla: *Beauveria bassiana* contra *Strymon megarus* en piña.

Alejandro Vargas Martínez por su ayuda en la elaboración e interpretación del análisis estadístico utilizado y a la M. Sc. Irena Hilje Rodríguez por la revisión del documento.

Referencias

Baró, B. D. y Massó, V. E. (2013). Efectos provocados por *Bacillus thuringiensis* cepa-13 sobre *Chrysopa* exterior en condiciones de laboratorio. *Fitosanidad*, 17(1) 25- 30. <https://www.redalyc.org/pdf/2091/209128776004.pdf>

Bermúdez, R. F. (2005). *Manejo del daño por Strymon basilides (Lepidóptera: Lycaenidae) en la piña*. Tesis de Licenciatura, Universidad EARTH. Repositorio Campus UE. <https://e10306uk.eos-intl.net/E10306UK/EARTH/Details/Record.aspx?IndexCode=1&TaskCode=1555513&HitCount=1&CollectionCode=2&SortDirection=Ascending&CurrentPage=1&CurrentLinkCode=ME10306UK|6892167|1|24005149&SelectionType=0&SearchType=1&BibCode=ME10306UK|6892167|1|24005149>

Cámara Nacional de Productores y Exportadores de Piña (CANAPEP). (14 de septiembre de 2021). *¿Por qué la producción de piña en Costa Rica es un sector esencial para la economía?* <https://canapep.com/produccion-pina-costa-rica-sector-economia/>

Centro de Exportación e inversión de la República Dominicana (CeI-RD). 2017. *Perfil: Producto Piña*. https://prodominicana.gob.do/Documentos/BC_PERFIL%20PRODUCTO%20-%20pi%C3%B1a_V6.pdf

Coto, D., y Saunders, J. (2004). *Insectos plagas de cultivos perennes con énfasis en frutales de América Central*. CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR). <http://hdl.handle.net/11554/2549>

Crespo, R., Juárez, M. P., & Piedrini, N. (2007). Biochemistry of insect epicuticle degradation by entomopathogenic fungi. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 146(1-2), 124-137. <https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2006.08.003>

Rojas-Rodríguez y Peraza-Padilla: *Beauveria bassiana* contra *Strymon megarus* en piña.

Díaz, A & Forero, M. (1997). Producción y purificación del complejo espora cristal de *Bacillus thuringiensis* HD 137 con actividad contra *Spodoptera frugiperda*. Bogotá, Colombia. Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Colombia. Repositorio Campus UNC.
http://168.176.5.96/F/8JDC4FM715LMQNTYEM6AV7IGQE9GQC6EBBQH8R6VG124INP75A-23720?func=full-set-set&set_number=006320&set_entry=000001&format=999

Sanches, N. F. (2005). Manejo integrado da broca-do-fruto do abacaxi. Cruz das Almas, Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. *Abacaxi em Foco*, 36(2).
<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (1 de octubre de 2019). *Costa Rica, el mayor exportador de piña del mundo, aumenta su venta en 2011*. <http://www.fao.org/in-action/agronoticias/detail/es/c/508875/>

Gómez, V. O. (2003). Estudio semidetallado de suelos para palma aceitera en los cantones de Guácimo y Pococí, provincia de Limón. Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/P30-9475.pdf>

Inclán, D. J., Alvarado, E., y Williams, R. N. (2007). Evaluación de cuatro insecticidas naturales para el manejo de Tecla, *Strymon megarus* (Godart) (*Lepidoptera: Lycaenidae*), en el cultivo de piña. *Tierra Tropical*, 3(2), 199-210.

Jiménez, J. (1999). *Cultivo de la Piña*. Editorial Tecnológica. Cartago, CR. 220 p.

Kaya, H. K., & Tanada, Y. (1993). *Insect pathology*. San Diego: Academic Press.

Maldonado, Y. (1997). *Manual de identificación de plagas, enfermedades y deficiencias en el cultivo de la piña*. Estación Experimental La Jota. Bolivia. 40 p.

Marino C. F. (2001). *Caracterización y evaluación de la estabilidad biomanejadora y microbiológica de preformulados granulados a base del hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* para el manejo de la chiza *Ancognatha scarabaeoides**.

Rojas-Rodríguez y Peraza-Padilla: *Beauveria bassiana* contra *Strymon megarus* en piña.

Bogotá. Tesis de Pregrado, Universidad Javeriana. Repositorio Campus UJ.
<https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/10057>

Martínez, C. L. C. (2010). *Desarrollo de un protocolo de formulación con hongos entomopatógenos para el manejo de Demotispa neivai Bondar (Coleoptera: Chrysomelidae)*. Tesis de Posgrado, Universidad Nacional de Colombia. Repositorio Campus UNC. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/70447>

Monzón, A. (2001). Producción, uso y manejo de calidad de hongos entomopatógenos en Nicaragua. *Manejo Integral de Plagas*, 63, 95-103. <http://www.bionica.info/biblioteca/Monzon2001HongoEntomopatogenos.pdf>

Mora, R. S. (2018). *Informe de comercio exterior del sector agropecuario 2016-2017*. Secretaria Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria. http://www.sepsa.go.cr/docs/2018-004-informe_Comercio_Exterior_Sector_Agropecuario_2016-2017.pdf

Ortíz, M., Alatorre, R., Valdivia, R., Ortíz, A., Medina, R., y Alejo, G. (2021). Efecto de la temperatura y humedad relativa sobre el desarrollo de los hongos entomopatógenos. *Revista Bio Ciencias*, 12(8), 42-53. <http://revistabiociencias.uan.edu.mx/index.php/BIOCIENCIAS/article/viewFile/14/12>.

Promotora de Comercio Exterior de Costa Rica. (2019). *Anuario estadístico 2020*. <https://www.procomer.com/exportador/documentos/anuario-estadistico-2019/>

Ramírez, F., Chaverri, F., de la Cruz, E., Wesseling, C., Castillo, L., y Bravo, V. (2009). *Importación de Plaguicidas en Costa Rica periodo 1977-2006*. https://www.researchgate.net/publication/312912074_Importacion_de_plaguicidas_en_Costa_Rica_perodo_1977-2006