



Evaluación de organismos entomopatógenos para el manejo del picudo de la platanera (*Cosmopolites sordidus*) en condiciones de campo

Ana Piedra-Buena Díaz • Estrella Hernández Suárez
Mihaela Paris • Marta Pomposo Medina
Santiago Perera González



Evaluación de organismos entomopatógenos para el manejo del picudo de la platanera (*Cosmopolites sordidus*) en condiciones de campo



Se autoriza la reproducción sin fines comerciales, de este trabajo, citándolo como:
Piedra-Buena Díaz, A.; Hernández Suárez, E.; Paris, M.; Pomposo Medina, M.; Perera González, S. 2021. Evaluación de organismos entomopatógenos para el manejo del picudo de la platanera (*Cosmopolites sordidus*) en condiciones de campo. Informe Técnico N° 7 Instituto Canario de Investigaciones Agrarias. 40 p.

Este trabajo ha sido desarrollado dentro del proyecto FRUTTMAC (MAC2/1.1b/310), "Transferencia de I+D+i para el desarrollo de cultivos sostenibles de frutales tropicales en la región macaronésica"

Colección: Información técnica N°7 .

Autores: Ana Piedra-Buena Díaz, Estrella Hernández Suárez, Mihaela Paris, Marta Pomposo Medina, Santiago Perera González.

Edita: Instituto Canario de Investigaciones Agrarias ICIA.

Maquetación y diseño: Fermín Correa Rodríguez ICIA© Pedrosdigital

Autora foto portada: Ana Piedra-Buena Díaz

Impresión:

SSN. 2605-5503

DL. TF1025-2018

“Evaluación de organismos entomopatógenos para el manejo del picudo negro de la platanera (*Cosmopolites sordidus*) en condiciones de campo”

PIEDRA-BUENA DÍAZ, A. (1); HERNÁNDEZ SUÁREZ, E. (1); PARIS, M. (1); POMPOSO MEDINA, M. (1); PERERA GONZÁLEZ, S. (2)

- (1) Área de Entomología. Unidad de Protección Vegetal. Instituto Canario de Investigaciones Agrarias.
- (2) Unidad de Experimentación y Asistencia Técnica Agraria. Servicio Técnico de Agricultura y Desarrollo Rural. Cabildo Insular de Tenerife.

RESUMEN

El picudo negro de la platanera, *Cosmopolites sordidus*, es un insecto considerado actualmente la principal plaga de platanera en Canarias. Se trata de una plaga de difícil control que afecta al cormo, reduce el vigor de la planta, retarda la floración y aumenta la sensibilidad a otras plagas y enfermedades, provocando un debilitamiento general de la planta y problemas de “llenado” de la fruta. El control del picudo se ha basado durante mucho tiempo en la aplicación de productos químicos, con un uso intensivo de insecticidas y nematocidas, algunos de ellos muy tóxicos. Dentro de los métodos biológicos que pueden ser utilizados en la Gestión Integrada de Plagas se incluye a los organismos entomopatógenos. En este trabajo se evaluó el efecto de los productos comerciales Phoemyc+® (*Beauveria bassiana*) y Capsanem® (*Steinernema carpocapsae*) sobre las poblaciones de picudo y su daño en el cormo, así como sobre la altura, el perímetro del pseudotallo de las plantas y el número de manos en los racimos, en un cultivo comercial de platanera de producción ecológica. Además, se estudió la persistencia de estos organismos en el suelo tras un año de tratamientos, utilizando la metodología de trampas de *G. melonella*. Ambos tratamientos con entomopatógenos disminuyeron las poblaciones de picudo, en un 11,7% en el tratamiento con *B. bassiana*, y en un 17,1% en el tratamiento con *S. carpocapsae*, con respecto al testigo. En los parámetros de crecimiento (altura y perímetro del pseudotallo) sólo Capsanem® mostró diferencias

estadísticamente significativas con respecto al testigo, mientras que en el número de manos no se observaron diferencias entre los tres tratamientos. El nivel de daño en el cormo fue significativamente mayor en el tratamiento con Phoemyc+®, y significativamente menor en los cormos con aplicación de Capsanem®, con el testigo mostrando valores intermedios. En cuanto a la detección en suelo de los organismos aplicados, se encontró que había persistencia de los entomopatógenos varios meses después de los tratamientos, con mortalidad de larvas de *G. melonella* más alta en el tratamiento con Phoemyc+®, seguido de Capsanem®, que presentó valores apenas superiores a los registrados en el testigo. Los resultados generales obtenidos en este ensayo muestran que la aplicación de estos entomopatógenos no produce un efecto notable sobre los parámetros evaluados. Si además se suma el coste de estos productos y de la mano de obra necesaria para su aplicación, el uso de estos productos no constituye actualmente una opción atractiva para el agricultor. No obstante, dadas las indudables ventajas del control biológico desde el punto de vista ambiental, así como de seguridad alimentaria y para el aplicador, es necesario continuar trabajando en esta línea.

Palabras clave: *Beauveria bassiana*, gestión integrada de plagas, *Steinernema carpocapsae*.

■ INTRODUCCIÓN

El picudo negro de la platanera, *Cosmopolites sordidus* (Germar, 1824), es un insecto plaga de musáceas cultivadas y ornamentales (Fig. 1) originario del Sudeste asiático que puede llegar a ser muy limitante para los cultivos en condiciones subtropicales y tropicales (Gold y Messiaen, 2000; Sepúlveda-Cano et al., 2008; Robinson y Galán, 2012). Es (MAPA, 2006), es una plaga especialmente grave en las regiones donde ha sido introducida, mientras que en sus zonas de origen produce menos daños en los cultivos.



Figura 1. Picudo de la platanera, *C. sordidus*. (Foto: J.R. Estévez)

Con origen en Malasia e Indonesia, se encuentra distribuido por América del Sur, Central y Norte, África, Europa, sur de Asia, Australia, e islas del Atlántico y el Pacífico (Castrillón, 2004). En Canarias, este insecto se detectó por primera vez en 1945, en un foco en Gran Canaria, que fue eficazmente erradicado (Gómez-Clemente, 1947). No volvió a detectarse en el archipiélago hasta 1986, en la isla de Tenerife (Perera et al., 2018a). Actualmente está presente en cuatro de las siete islas y puede considerarse la principal plaga de platanera en las islas (Perera y Molina, 2002).

Los daños que produce se deben a la alimentación de las larvas en la “cabeza” o cormo de la planta, donde excavan galerías de hasta 8 mm de diámetro (Figs. 2 y 3). Su alimentación afecta a la emisión de raíces, mata a las raíces presentes, limita la absorción de nutrientes, reduce el vigor, retarda la floración y aumenta la sensibilidad a otras plagas y enfermedades provocando un debilitamiento general de la planta y problemas de “llenado” de la fruta, lo cual puede afectar a la producción en forma importante, así como al crecimiento de las plantas “hijas” del siguiente ciclo de cultivo.



Figura 2. Daños producidos por *C. sordidus* en platanera. Izquierda: Daño en planta joven de platanera. Derecha: Larvas de *C. sordidus* en corno de platanera (Fotos: COPLACA OPP).



Figura 3. Daños producidos por *C. sordidus* en platanera. Izquierda: Daños en pseudotallo de platanera, con larvas de *C. sordidus*. Derecha: Ataque severo de *C. sordidus* en platanera, con larva en una de las galerías (Fotos: COPLACA OPP).

Es una plaga de difícil control, debido al hábito nocturno del adulto y a lo complicado de detectar y acceder a los estadios inmaduros, por desarrollarse dentro del corno y pseudotallo de la planta (Sepúlveda-Cano et al., 2008).

El control del picudo se ha basado durante mucho tiempo en el control químico, mediante el uso intensivo de insecticidas y nematicidas de suelo con efecto insecticida. Estos productos incluían productos muy tóxicos, especialmente en las Antillas Francesas, donde se utilizaba clordecone (organoclorado), insecticidas organosfosforados y fernilpirazol (Chabrier et al., 2005). Esto ha acarreado la reducción de las poblaciones de organismos benéficos, problemas ambientales y de salud humana,

y ha provocado el desarrollo de resistencia por parte del picudo a la mayoría de los insecticidas (Gold y Messiaen, 2000; Robinson y Galán, 2012). Actualmente este tipo de productos están fuertemente restringidos en las zonas productoras de plátanos europeas. La concienciación sobre las consecuencias del uso de este tipo de productos ha ido aumentando a nivel mundial, y en consecuencia los esfuerzos para desarrollar estrategias de control se han orientado a la utilización de métodos de control biológicos y biotécnicos (Robinson y Galán, 2012). De hecho, actualmente (15/07/2021) en España sólo existen seis materias activas registradas ante el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA) para su uso frente a picudo de la platanera, dos de ellas de uso en agricultura ecológica basadas en *B. bassiana* y spinosina (MAPA, 2021a). En cuanto a los denominados “determinados medios de defensa fitosanitaria” se encuentran productos basadas en *S. carpocapsae*, y feromonas (MAPA, 2021b).

Dentro de los métodos biológicos que pueden ser utilizados en la Gestión integrada de plagas (GIP) se incluyen a los organismos entomopatógenos, que parasitan y causan la muerte de insectos (Perera González et al., 2018b). Sepúlveda-Cano et al. (2008) citan como entomopatógeno de *C. sordidus* al hongo *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin, y a nematodos del género *Steinernema*.

Beauveria bassiana (Balsamo) Vuillemin toma su nombre de Agostino Bassi, quien primero demostró de forma experimental, en 1835, la naturaleza infecciosa de la enfermedad denominada “muscardina blanca” de los gusanos de seda (Vega y Blackwell, 2005). Este hongo tiene un amplio rango de hospederos que incluye moscas blancas, moscas de la fruta, trips, araña roja, pulgones, coleópteros, lepidópteros, etc., e incluso se puede encontrar como endófito en algunas plantas (Devi et al., 2008; Rehner, 2009; Meyling et al., 2009, citados por Chartier, 2014). Es una de las especies más abundante y ampliamente distribuida en todo el mundo, tanto en zonas templadas como tropicales (Chartier, 2014). No requiere alta humedad relativa (85% en la zona de infección) y la muerte del hospedero se produce en 7-10 días (Aparicio et al.,

2014). En cuanto a eficacia, los estudios comparativos con otros hongos entomopatógenos, para diversos insectos, muestran que es generalmente el agente más eficaz (Alcalá et al., 1999; Liu et al., 2002).

Se han realizado numerosos ensayos de diferentes cepas de *B. bassiana* en diversas regiones productoras de plátanos de Sudamérica, Centroamérica, Uganda y España, para evaluar el efecto de la aplicación sobre el picudo negro de la platanera. Aunque en las pruebas de laboratorio los resultados llegan a alcanzar elevados porcentajes de mortalidad del picudo, en campo los resultados son variables (Batista Filho et al., 1987; Castiñeiras et al., 1990; Sirjusingh et al., 1992; Kaaya et al., 1993; Castrillón et al., 2002; Molina et al., 2007; Tinzaara et al., 2007; Perera et al., 2011; Perera et al., 2018b), en función de la patogenicidad de la cepa, la conservación y aplicación del producto, el estado de desarrollo del insecto plaga, la temperatura, la humedad y la radiación solar (Perera et al., 2018b). En España se han seleccionado cepas de *B. bassiana* con gran potencial como agentes de control biológico para el picudo rojo de la palmera, *Rynchophorus ferrugineus* Olivier, muy similar al picudo negro de la platanera, que han obtenido impactantes resultados incluso en ensayos realizados en condiciones de semicampo (Dembilio, 2010; Ricaño et al., 2013).

Por su parte, el nematodo entomopatógeno *Steinernema carpocapsae* (Weiser, 1955) presenta una relación simbiótica con la bacteria *Xenorhabdus nematophila* (Poinar & Thomas, 1965) Thomas & Poinar, 1979. La bacteria simbiote y el nematodo liberan toxinas e inhibidores en la hemolinfa de los insectos hospedantes, destruyendo sus hemocitos, lo cual reduce el pH de la hemolinfa y paraliza al hospedante, que muere cuando todos sus hemocitos han sido destruidos. También produce proteasas que digieren los tejidos del insecto y antibióticos que inhiben el crecimiento de posibles colonizadores secundarios (Sepúlveda-Cano et al., 2008). El estadio infectivo es el juvenil, que localiza a su presa de forma activa (García del Pino, 1994). En los ensayos de laboratorio con los nematodos entomopatógenos *S. carpocapsae* (Weiser, 1955), *S.*

feltiae (Filipjev, 1934), *Heterorhabditis atacamensis* (Edgington et al., 2011) y *H. bacteriophora* (Poinar, 1976), se alcanzan elevadas mortalidades de larvas de *C. sordidus* (Sepúlveda-Cano et al., 2008; Padilla-Cubas et al., 2010; Amador et al., 2015). Sin embargo, los resultados con adultos fluctúan notoriamente: Amador et al. (2015) no encontró efectividad sobre ellos al aplicar una cepa de *H. atacamensis*, mientras que Sepúlveda-Cano et al. (2008) reportan mortalidades de hasta 58% con *H. bacteriophora* y 40% con *S. carpocapsae*, y Carvajal (2009) encontró un 38% de mortalidad con la aplicación de *H. bacteriophora*. En ensayos en condiciones de campo, Chicas y Mojica (2016) reportan un 19% de mortalidad de picudos adultos en tratamientos con trampas de rolo y un 67% en tratamientos con mochila a la base del pseudotallo al aplicar *S. carpocapsae* y *H. bacteriophora*, sin diferencias significativas entre los dos nematodos entomopatógenos aplicados. Carvajal (2009) reporta resultados similares (61% de mortalidad de picudos adultos en campo) con la aplicación de *H. bacteriophora*. Se debe señalar que el adulto del picudo de la platanera es uno de los insectos más resistentes a los nematodos entomopatógenos, debido a la dificultad de éstos para entrar al hospedero. Sepúlveda-Cano et al. (2008) y Amador et al. (2015) citan trabajos que atribuyen esta baja susceptibilidad a la dureza de su exoesqueleto y el grosor de su cutícula, con articulaciones esqueléticas muy unidas y membrana interesquelética poco expuesta. También mencionan la facilidad del insecto para retirar a los nematodos entomopatógenos con las patas, y la protección de los posibles orificios de entrada: los espiráculos están cubiertos por los élitros, el aparato bucal del insecto es demasiado estrecho para el ingreso del nematodo y el ano se mantiene cerrado.

Este ensayo de campo se inició en marzo de 2019, en un cultivo de platanera bajo manejo ecológico, donde se aplicaron los organismos *B. bassiana* y *S. carpocapsae* para evaluar su eficacia a lo largo de un año. En este período se realizó el seguimiento poblacional de *C. sordidus* mediante el uso de trampas de feromonas. Al final del ensayo se midieron parámetros productivos y de crecimiento, y se realizó una valoración del daño por picudo sobre las plantas.

Adicionalmente, se realizó un estudio del suelo para saber si los organismos entomopatógenos aplicados durante el ensayo se habían instalado en el cultivo como agentes de control biológico.

■ OBJETIVO

Estudiar el efecto de la aplicación de los organismos entomopatógenos *Beauveria bassiana* y *Steinernema carpocapsae* sobre las poblaciones y daños en cormo de *Cosmopolites sordidus* y parámetros de producción y crecimiento de las plantas de platanera, así como sobre la persistencia de los entomopatógenos en el suelo, tras un año de tratamientos, en un cultivo comercial de platanera de producción ecológica.

■ MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en una finca situada en la zona de Guargacho, en el término municipal de Arona (Las Galletas), en el sur de la isla de Tenerife (Fig. 4). La parcela se encuentra bajo cubierta de malla, con sistema de riego por goteo. La variedad de platanera fue Gruesa Palmera®, con un marco de plantación de 1,40 m x 5 m, y el cultivo contaba con certificación de manejo ecológico.



Figura 4. Vista aérea del invernadero, con localización de la parcela de ensayo.

Diseño del ensayo y tratamientos

La parcela experimental total medía aproximadamente 9460 m^2 , la cual se dividió en 12 subparcelas de unos 600 m^2 , cada una con alrededor de unas 95 plantas. Para evitar el efecto borde, se dejó una fila entre bloques adyacentes en cada subparcela, y se evaluó la zona central, con superficie aproximada 300 m^2 , y unas 42 plantas. El diseño utilizado fue de bloques completos al azar con tres tratamientos (dos productos y el testigo) y cuatro repeticiones (Fig. 5).

Los productos comerciales empleados fueron Phoemyc+® y Capsanem® (Tabla 1). El primero de ellos es una preparación de *Beauveria bassiana* cepa 203 sobre granos de arroz ($3,3 \times 10^9$ conidios/g producto), en proceso de registro para *Rhynchophorus ferrugineus* en palmera. La elección de Phoemyc+® como producto basado en *B. bassiana* en el momento de iniciar el ensayo, aunque no estaba registrado ante el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA), estuvo basada en que no habían productos registrados basado en este hongo para el picudo de la platanera y Phoemyc+® se había mostrado muy eficaz para el control de *C. sordidus* en ensayos realizados en condiciones de laboratorio (Piedra-Buena et al., 2017). Por otra parte, su formulación sobre granos de arroz sugería una mayor supervivencia y persistencia en campo con respecto a otros productos basado en *B. bassiana* con formulación líquida.

En cuanto a Capsanem®, es un preparado de aspecto pulverulento, que contiene individuos de *Steinernema carpocapsae*, a razón de 250 millones por bolsa de 115-120 g. Este producto se encuentra registrado ante el MAPA para el control de *C. sordidus*.

Tabla 1. Características de los tres tratamientos evaluados

Nombre comercial	Materia activa	Presentación	Dosis aplicada	Empresa	Observaciones
Phoemyc+®	<i>Beauveria bassiana</i> aislado 203 - $3,3 \times 10^9$ conidios / g producto	Bolsa de 10 kg	25 g / planta	Glen Biotech S.L.	En proceso de registro
Capsanem®	<i>Steinernema carpocapsae</i> 250 millones indiv. / bolsa	Caja con 2 bolsas (115-120 g c / u)	2 millones individuos /planta	Koppert Biological Systems, S.L.	Registrado como determinados Medios de Defensa Fitosanitaria
Testigo					

Se realizaron dos aplicaciones de Phoemyc+® separadas unos 6 meses y tres aplicaciones de Capsanem® separadas aproximadamente 3 meses entre sí, siguiendo en ambos casos las recomendaciones de las empresas fabricantes (Tabla 2). Antes de cada aplicación se retiraron los restos vegetales (“farulla”) de alrededor de la planta para favorecer el contacto del producto con el suelo. Las dosis por planta fueron de 25 g de Phoemyc+®, y de 2 millones de nematodos (2 litros de caldo, preparado con una concentración de 100 millones de individuos por hectolitro) en el caso de Capsanem®, en cada una de las aplicaciones (Figura 6).



Figura 6. Tratamiento con Phoemyc+®. Izquierda: Preparación de las dosis de producto. Derecha: Producto distribuido alrededor de la planta,

Tabla 2. Fechas de los tratamientos

Producto	1ª Aplicación	2ª Aplicación	3ª Aplicación
Phoemyc+®	2/04/19	22/10/19	...
Capsanem®	16 y 23/04/19	12/07/19	30/10/19

La aplicación de ambos productos se realizó en el suelo alrededor de la planta en un radio de 30-40 cm (Fig. 6). En el caso de Phoemyc+® la distribución fue manual, mientras que para aplicar Capsanem® se utilizó una motobomba hidráulica de gasolina a membrana de baja presión, marca Honda, con depósito de 100 litros. En forma previa al ensayo se probaron diferentes presiones

y boquillas, verificando la viabilidad de los nematodos del caldo en el laboratorio tras cada prueba, bajo lupa binocular. En función de los resultados obtenidos en estas pruebas de viabilidad, la presión empleada en la aplicación en campo de los nematodos fue de 10 atm, y se utilizó una boquilla de 1,3 mm. Este producto también se pulverizó sobre la cabeza y pseudotallo de la abuela, madre e hijo hasta una altura de aproximadamente 30-40 cm, y tanto antes como después de la aplicación se efectuó un riego abundante para favorecer la incorporación de los nematodos en los primeros centímetros del suelo.

Una vez efectuados los tratamientos, se volvió a cubrir el suelo con material vegetal como estaba previamente, tanto para mantener la humedad, que favorece la supervivencia de los organismos entomopatógenos, como para evitar la emergencia de flora espontánea que pueda competir con el cultivo.

Se colocó un sensor de temperatura y humedad relativa modelo OM-92 (marca OMEGA) para el registro de dichas variables a intervalos de 30 minutos durante la duración del ensayo.

Seguimiento de las poblaciones de picudo

Cada 14 días se recogieron los picudos capturados en las trampas, tanto en las numeradas correspondientes a cada parcela experimental como en las trampas situadas en los bordes. Se llevó un registro del número de individuos en las trampas de las parcelas experimentales de cada tratamiento.

Evaluación del crecimiento y la producción de las plantas de platanera

Para evaluar el crecimiento se seleccionaron plantas de cada subparcela con racimos emitidos el mismo mes y se midió el perímetro del pseudotallo a 1 metro de altura y la altura de la planta desde el suelo a la “V” o emisión de la última hoja. También se registró el número de manos por piña o racimo. En total se

recogieron datos de 210 plantas, lo que representa entre el 33% y el 49% de las plantas correspondientes a cada tratamiento.

Evaluación del nivel de daño en el cormo

El daño ocasionado por *C. sordidus* se valoró mediante el “pelado” del rizoma con machete, entre los 40-60 días después de la última aplicación de entomopatógenos. Esto permite observar las galerías realizadas por las larvas de picudo en la base de la planta y compararlas con una escala visual del grado de daño. Este daño se valora en función de la superficie ocupada por galerías de picudo en los cortes realizados (Fig. 7).

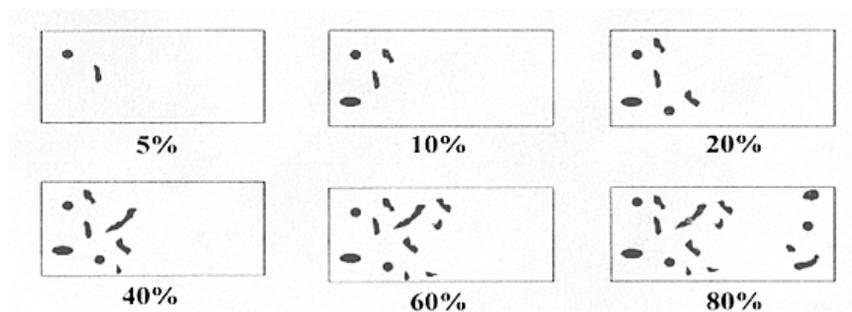


Figura 7. Valoración de daños ocasionados por *C. sordidus* mediante el método de pelado del cormo, según escala desarrollada por el Cabildo Insular de Tenerife (Méndez, 2010)

La selección de las plantas a evaluar se realizó teniendo en cuenta que tuvieran el racimo recién cosechado (máximo 1 mes después). En total se evaluaron 79 plantas: 29 en el tratamiento con *B. bassiana*, 26 en el tratamiento con *S. carpocapsae* y 24 en el testigo.

Para calcular el coeficiente de infestación del tratamiento (C.I.) según Vilardebó (1973), se aplicó la fórmula siguiente que correlaciona la valoración del corte transversal al cormo con el pelado de la periferia del cormo (Méndez, 2010):

$$\text{C.I. (\%)} = \frac{(0,82 * \Sigma \text{ de todos los porcentajes})}{n^{\circ} \text{ plantas muestreadas}}$$

El criterio que se aplica es que si el C.I. es inferior al 15% se considera que el ataque es ligero, mientras que si es superior al 15% se considera intenso y se debe intervenir (Vilardebó, 1973).

Detección en suelo de los organismos entomopatógenos aplicados

Para detectar la persistencia en el suelo de los organismos aplicados en cada tratamiento, se realizó una evaluación aproximadamente al año de haber iniciado el ensayo de entomopatógenos (5 meses y medio después de la última aplicación; Tabla 2)

Recogida de muestras de suelo

Para la toma de muestras se utilizó una barrena tipo holandesa, recogiendo dos submuestras compuestas por subparcela de tratamiento (total 24 submuestras). Cada submuestra estaba constituida por 10 tomas de suelo en la zona de aplicación de los productos alrededor del pseudotallo, a una profundidad de 10-15 cm, incluyendo la capa superficial. Las muestras se identificaron y se mantuvieron refrigeradas hasta el momento de su análisis en laboratorio.

Ensayo en laboratorio

A los 6 días de la recogida de las muestras de suelo, éstas fueron sometidas a la metodología de “trampas” de *Galleria melonella* (Lepidoptera: Pyralidae), cuyas larvas se usan para detectar organismos entomopatógenos, debido a su elevada susceptibilidad a éstos (Zimmerman, 1986).

Se hicieron dos repeticiones del ensayo, con un intervalo de 7 días entre uno y otro. La metodología consistió en disponer

muestras de 200 g de suelo en tarrinas de plástico de 250 ml. La tierra se humedeció y se colocaron larvas en los últimos estadios de desarrollo, previos a la pupación, a razón de 10 larvas por recipiente, en posición vertical (Fig. 8, izquierda). Las tarrinas se taparon y se mantuvieron en oscuridad a 24 ± 1 °C y 60-70 % HR durante 6 días. En la repetición del ensayo se mantuvo la misma muestra de tierra, y se colocaron 10 nuevas larvas.



Figura 8. Procedimiento de trapeo con larvas de *Galleria melonella*. Izquierda, tarrinas con suelo y larvas de *G. melonella*. Derecha, separación de larvas de *G. melonella* vivas y muertas.

A los 6 días de colocación de las larvas, se separaron las vivas de las muertas. Las larvas vivas se colocaron en placas de Petri durante 48-72 horas, y si morían en este período, se seguía el procedimiento para larvas muertas. Las larvas muertas se lavaron por inmersión, sacudiéndolas en un vasito o pocillo con agua del grifo y se colocaron en placa de Petri de 140 mm sobre papel de filtro humedecido (Fig. 8, derecha) y se mantuvieron en oscuridad a 24 ± 1 °C y 60-70 % HR durante 20-25 días. En este período se realizaron revisiones periódicas para observar la emergencia de juveniles de nematodos y/o la presencia de micelio característico de *Beauveria*, eliminando las larvas con síntomas de infección por bacterias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Seguimiento de las poblaciones de picudo

En la Fig. 9 se observa la evolución de las capturas en función del tratamiento aplicado, a lo largo del año que duró el ensayo (16/04/2019-28/04/2020).

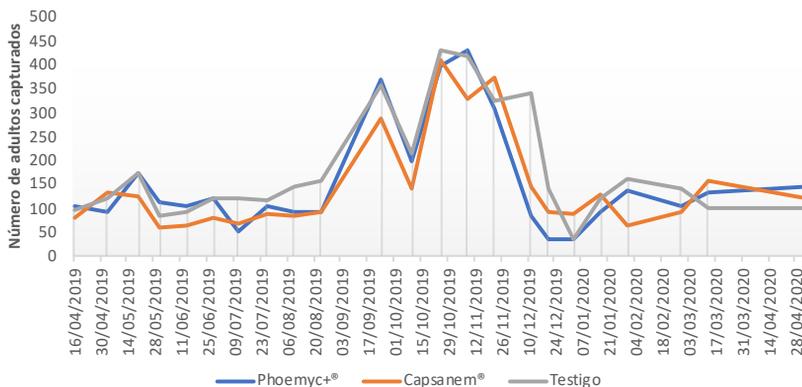


Figura 9. Evolución del número total de capturas en cada uno de los distintos tratamientos.

Se puede observar que la evolución de las capturas fue similar en los tres tratamientos a lo largo del año de seguimiento del ensayo, con un pico en otoño, que se extiende desde principios de septiembre a finales de diciembre, y tiene su máximo en la segunda quincena de octubre. Esta evolución coincide con otros trabajos de dinámica poblacional de este insecto en Tenerife en los que los máximos de población se producían en el periodo entre octubre y marzo (Martínez et al., 2007; González de Chaves et al., 2008). En el Anexo I se presentan los parámetros climáticos registrados a lo largo del ensayo. La variación poblacional del picudo no parece tener relación con las temperaturas ni con la humedad relativa.

En cuanto a la comparación entre el número de capturas en los tres tratamientos, el número total de individuos recogidos en las trampas de las parcelas experimentales del testigo fue de 4112 adultos, en las de Phoemyc+® fue de 3519 adultos, y en los tratados con Capsanem®, de 3303 adultos. El análisis estadístico mostró que no existen diferencias significativas entre los tres tratamientos (Tabla 3). Aunque los ensayos de campo con nematodos entomopatógenos de otros autores reportan eficacias más elevadas (Schmitt et al., 1992; Carvajal, 2009), los resultados son obtenidos en períodos de 7 a 54 días tras la aplicación, a diferencia de este ensayo, en que se presentan resultados 4 meses después del último tratamiento. En cuanto a ensayos en campo con aplicaciones de *B. bassiana*, los resultados son dispares: mientras que Castrillón et al. (2002) reportan una disminución significativa de las poblaciones de picudo negro, Delgado Reyes (2000) y Perera et al. (2011, 2018) no encontraron diferencias significativas entre las capturas de las parcelas tratadas con el hongo y las parcelas testigo.

Tabla 3. Datos promedio del número de capturas por parcela de tratamiento durante la duración del ensayo y porcentaje de reducción con respecto al testigo.

Tratamiento	N	Número de capturas ± ES	Porcentaje de eficacia
Phoemyc+®	4	879,7 ± 54,4	11,7%
Capsanem®	4	825,7 ± 60,6	17,1%
Testigo	4	996,2 ± 150,9	
p		0,2542 ns	
%CV		1,84	

Los datos han sido sometidos para su análisis estadístico a una transformación de $\log(x+1)$. El dato promedio proviene de la suma de las capturas de las cuatro trampas de cada parcela experimental durante la duración del ensayo. CV: Coeficiente de variación.

Evaluación del crecimiento y la producción de las plantas de platanera

Los resultados de la evaluación de la altura, perímetro del pseudotallo y número de manos se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Datos promedio de los parámetros de crecimiento y producción evaluados, según el tratamiento aplicado.

Trata- miento	N	Altura planta ± ES (cm)	Perímetro pseudotallo ± ES (cm)	Número de manos ± ES
Phoemyc+®	72	262,6 ± 2,2 b	82,8 ± 1,1 b	13,1 ± 0,20
Capsanem®	83	272,5 ± 2,1 a	87,5 ± 1,0 a	13,5 ± 0,19
Testigo	55	264,3 ± 2,6 b	83,3 ± 1,3 b	13,1 ± 0,23
p		0,0032	0,0038	0,1966 ns
%CV		7,5	11,2	12,8

Valores medios seguidos de la misma letra no son estadísticamente diferentes según la prueba de rango múltiple de Tukey ($p < 0,05$). Para la variable número de manos se ha utilizado la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis. CV: Coeficiente de variación.

Se puede observar que los valores son muy similares entre los tratamientos, aunque se encuentran diferencias estadísticamente significativas para la altura y el perímetro del pseudotallo, que fue mayor en el tratamiento con Capsanem® con respecto al tratamiento con Phoemyc+® y al testigo en ambos parámetros. Por su parte, el número de manos no mostró diferencias entre los tres tratamientos.

Evaluación del nivel de daño en el cormo

En la Tabla 5 se muestran los datos medios obtenidos tras la evaluación del daño por picudo mediante el pelado del cormo y comparación con la escala visual con valores entre 0 y 100, así como los coeficientes de infestación calculados en base a estos datos.

Tabla 5. Nivel medio de daño en el cormo y coeficiente de infestación por picudo, según el tratamiento aplicado.

Tratamiento	N	Nivel de daño \pm ES	Coeficiente de infestación
Phoemyc+®	29	37,4 \pm 3,8 a	30,7
Capsanem®	26	25,2 \pm 3,4 b	20,7
Testigo	24	27,1 \pm 3,5 ab	22,2
p		0,0403	
%CV		40,02	

Los datos han sido sometidos para su análisis estadístico a una transformación de arcsen raiz(x). Valores medios seguidos de la misma letra no son estadísticamente diferentes según la prueba de rango múltiple de Tukey ($p < 0,05$). CV: Coeficiente de variación.

El análisis estadístico muestra diferencias significativas en el nivel de daño en el cormo entre los diferentes tratamientos: Capsanem® es significativamente menor con respecto a Phoemyc+®, mientras que el testigo presenta un valor intermedio entre ambos. Al calcular el coeficiente de infestación, sin embargo, todos los valores fueron superiores al 15%, lo cual indica que, según el criterio establecido por Vilardebó (1973), se considera que el daño ocasionado por picudo es intenso en todos los tratamientos.

Detección en suelo de los organismos entomopatógenos aplicados

La observación de las larvas de *G. melonella* en cada revisión permitió determinar, por una parte, el número de individuos muertos y, por otra parte, el organismo causal más probable de dicha muerte. La Fig. 10 y la Tabla 6 presentan los datos recogidos en las observaciones, mientras que la Fig. 11 muestra larvas con el micelio característico de *Beauveria* (Fig. 11, izquierda), así como larvas con nematodos (Fig. 11, derecha).

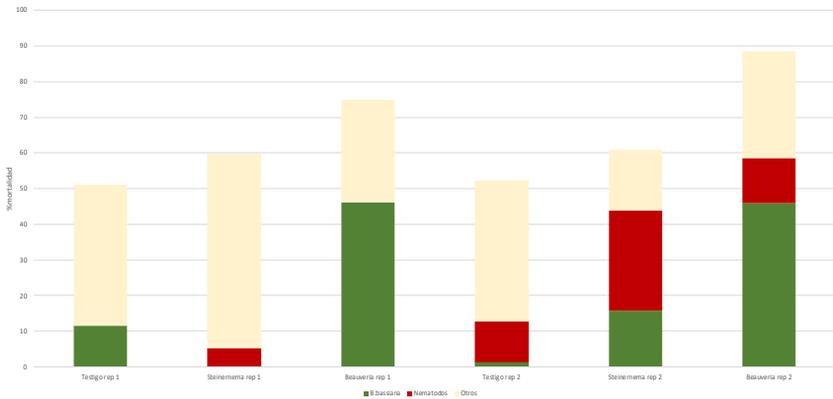


Figura 10. Porcentaje de mortalidad de larvas de *G. melonella* en cada repetición y tratamiento, señalando la proporción de las causas de muerte consideradas.



Figura 11. Aspecto de las larvas muertas de *G. melonella*. Izquierda, larvas con micelio de *Beauveria*. Derecha, presencia de nematodos sobre las larvas (también observables sobre el papel húmedo).

En la Tabla 6 se puede observar la mortalidad, y la proporción de cada una de las causas de las muertes en los diferentes tratamientos. La mortalidad en el testigo fue elevada, de 51,9% de media (51,2% en el primer ensayo y 52,3% en el segundo, datos no mostrados). En el tratamiento con Capsanem® la mortalidad fue similar al testigo: 60,4% en promedio (59,6% en el primer ensayo y 61,0% en el segundo, datos no mostrados), mientras que el tratamiento con

Phoemyc+® presentó la mortalidad más alta: 83,5% en promedio (75% en el primer ensayo y 88,5% en el segundo, datos no mostrados). Sin embargo, dada la variabilidad de los resultados, el ANOVA de todos los datos no encontró diferencias significativas entre los tratamientos para el porcentaje de mortalidad ($P > 0,05$).

Tabla 6. Porcentaje de mortalidad de larvas de *G. melonella* en cada tratamiento.

Tratamiento	N° de individuos analizados	% de mortalidad	Causa de la muerte					
			% sobre total			% sobre muertos		
			B*	N*	Otras	B*	N*	Otras
Phoemyc+®	139	83,5 ± 29,8	46,04	7,91	29,50	55,17	9,48	35,34
Capsanem®	139	60,4 ± 23,3	9,35	18,71	32,37	15,48	30,95	53,57
Testigo	129	51,9 ± 30,3	4,65	7,75	39,53	8,96	14,93	76,12
p		0,1559 ns						
%CV		33,32						

*B: *Beauveria*; N: nematodos. CV: Coeficiente de variación.

La ausencia de diferencias estadísticamente significativas en la mortalidad entre los diferentes tratamientos podría deberse al largo período de tiempo transcurrido entre la aplicación de los productos y el muestreo de suelos para realizar el ensayo con trampas de *G. melonella*, aunque también concuerda con los resultados obtenidos en los restantes parámetros evaluados en este trabajo. A pesar de ello, la mayor proporción de larvas muertas por nematodos en el tratamiento con Capsanem® y por *Beauveria* en el tratamiento con Phoemyc+®, sobre todo, con respecto a las subparcelas testigo, sugiere una cierta persistencia en el suelo de los entomopatógenos aplicados.

Cabe destacar la importancia de efectuar una repetición del ensayo para evaluar correctamente el efecto de los nematodos. Mientras que en el primer ensayo sólo aparecen larvas muertas por nematodos en el tratamiento con Capsanem® (8,9% del total de

larvas muertas en ese tratamiento), en la repetición del mismo se observan en los tres tratamientos (Fig. 12). La proporción de larvas muertas por nematodos pasa de 0% a 22,2% en el testigo, de 8,9% al 45,9% en el tratamiento con Capsanem® y de 0% al 14% en el tratamiento con Phoemyc+®. Sin embargo, esto sólo afectó a la mortalidad total en el tratamiento con Phoemyc+®, que pasó de 75% a 88,5% en la repetición.

Estos valores de mortalidad sólo tienen utilidad como indicadores de la presencia de los entomopatógenos en suelo, y no pueden extrapolarse de larvas de *G. melonella* a adultos de *C. sordidus*. En primer lugar, porque se trata de insectos muy diferentes (*G. melonella* es un lepidóptero, mientras que *C. sordidus* es un coleóptero), pero también por la diferencia en susceptibilidad de los estadios inmaduros con respecto al adulto, como se ha señalado anteriormente en la introducción.

■ CONCLUSIONES

- La eficacia de los tratamientos con entomopatógenos sobre las poblaciones de *C. sordidus* fue baja con respecto al testigo: 11,7% en el tratamiento con *B. bassiana*, y 17,1% en el tratamiento con *S. carpocapsae*.
- La altura y el perímetro del pseudotallo fueron significativamente mayores en el tratamiento con Capsanem® con respecto al tratamiento con Phoemyc+® y al testigo, que no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre sí.
- Los tratamientos aplicados no afectaron significativamente el número de manos del racimo.
- La aplicación de Capsanem® redujo significativamente el nivel de daño en el cormo con respecto a Phoemyc+®, mientras que el testigo mostró valores intermedios entre ambos tratamientos. Los tratamientos aplicados no influyeron sobre los valores del coeficiente de infestación de las plantas por picudo, que fueron superiores al 15% en todos los bloques, lo cual se considera daño intenso.

- La detección en el suelo de los organismos aplicados mostró que hay persistencia de ambos entomopatógenos, al causar más mortalidad de larvas de *G. melonella* en sus respectivas parcelas experimentales de tratamiento que, en las restantes, con los valores más altos en el tratamiento con Phoemyc+®, mientras que la mortalidad en el tratamiento con Capsanem® no difería con la del testigo.

En este trabajo se han contemplado tanto parámetros relativos al insecto (capturas en trampas de feromonas y daño en el cormo de la planta) como a la persistencia de los entomopatógenos aplicados (ensayo con larvas de *G. melonella*), e indicadores de crecimiento y producción de la planta, en un ensayo de un ciclo de cultivo (13 meses). Los resultados generales obtenidos en este ensayo muestran que la aplicación de estos entomopatógenos produce un efecto poco notable sobre los parámetros evaluados. Si además se suma el coste de estos productos y de la mano de obra necesaria para su aplicación, la aplicación de estos productos no constituye actualmente una opción atractiva para el agricultor. No obstante, dadas las indudables ventajas del control biológico desde el punto de vista ambiental, así como de seguridad alimentaria y para el aplicador, es una línea de trabajo que se seguirá investigando.

■ AGRADECIMIENTOS

A Herederos de Francisco Ortega S.L. por permitirnos realizar este ensayo en su finca. A Carlos Melguizo Gotera, encargado de la finca, por su colaboración y buena disposición a lo largo de la realización del ensayo. A los compañeros que hicieron el trabajo duro en campo, José Martínez Molina, Bruno Herrera Dorta, y Alejandro Rodríguez Rodríguez. A la Dra. Raquel Campos-Herrera, investigadora del Instituto de Ciencias de la Vid y el Vino del CSIC (Logroño, La Rioja, España) por su asesoramiento experto en el trabajo de evaluación de la persistencia, y por ceder y enviar gratuitamente las larvas de *G. melonella* utilizadas en dicho ensayo. Al personal del ICIA que colaboró en parte del trabajo de laboratorio, Laura Suárez Baute y Vanesa Martín. A Rafael López-

Follana, de la empresa Glen Biotech S.L., por su apoyo en la identificación de *Beauveria*. A quienes cedieron sus fotos para este trabajo, José Ramón Estévez y Coplaca OPP.

■ REFERENCIAS

- Alcalá de Marcano, D.; Marcano A. J. y Morales, M. 1999.** Patogenicidad de *Beauveria bassiana* y *Paecilomyces fumosoroseus* sobre adultos de picudo de la batata *Cylas formicarius elegantulus* Summers (Curculionidae). Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ), Universidad de Zulia, Maracaibo, Venezuela 16, 52-63.
- Amador, M.; Molina, D.; Guillén, C.; Parajeles E.; Jiménez, K. y Lorío, L. 2015.** Utilización del nemátodo entomopatógeno *Heterorhabditis atacamensis* CIANE-07 en el control del picudo del banano *Cosmopolites sordidus* en condiciones in vitro. Agronomía Costarricense, 39(3), 47-60.
- Aparicio, V.; Rodríguez, M.P.; Cabrera, F.J.; Acebedo, M.M.; García, A.B.; Trujillo, M.E. y Méndez, C.M. 2014.** Integrated production in Andalusia: protected horticultural crops. En: Tello Marquina, J.C.; Camacho Ferre, F. (coord.). Organisms for the control of pathogens in protected crops. Cultural practices for sustainable agriculture. Ed. Fundación Cajamar, Almería, España. pp. 13-42.
- Batistas Filho, A.; Paiva L.M., Myazaki, Y.; Bastos B.C. y Oliveira, D. 1987.** Control biológico do moleque da bananeira (*Cosmopolites sordidus* Germar 1824) pelo uso de fungos entomopatógenos no laboratorio. Biologico (Brasil) 53 (1/6), 1-6.
- Carvajal Armijo, O.A. 2009.** Control del picudo del plátano *Cosmopolites sordidus* (Germar) (Coleóptera, Curculionidae) por el nematodo *Heterorhabditis bacteriophora* (Heterorhabditidae). Tesis Ing. Agr., Valle del Yeguaré, Honduras. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano (Honduras). 19 p.

- Castrillón Arias, C. 2004.** Situación actual del picudo negro del banano (*Cosmopolites sordidus* Germar) (Coleóptera: Curculionidae) en el mundo. Actas del Taller 'Manejo convencional y alternativo de la Sigatoka negra, nemátodos y otras plagas asociadas al cultivo de Musáceas', pp. 125–138, 11–13 August 2003. INIBAP, Guayaquil, Ecuador.
- Castrillón, C.; Urrea, C.F.; Cardona, J.E.; Zuluaga, L.E.; Morales, H. y Alzate, G. 2002.** Potencial del hongo nativo entomopatógeno *Beauveria bassiana*, como un componente de manejo integrado del Picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) en Colombia. En: Acorbat. Memorias XV reunión. Realizada en Cartagena de Indias, Colombia, 27 de octubre al 02 de noviembre 2002. p. 278-283.
- Castiñeiras, A.; López, M.; Calderón, A.; Cabrera, T. y Luján, M. 1990.** Virulencia de 17 aislamientos de *Beauveria bassiana* y 11 de *Metarhizium anisopliae* sobre adultos de *Cosmopolites sordidus*. Ciencias y Técnicas en la Agricultura (Cuba) 13(3), 45-51.
- Chabrier, C.; Hubervic, J.; Jules Rosette, R. y Quénéhervé, P. 2005.** Evaluation of two oxamyl formulations for nematode and weevil control in banana fields in Martinique. Nematropica 35(1), 11-21.
- Chartier Fitzgerald, V. 2014.** Screening of entomopathogenic fungi against citrus mealybug (*Planococcus citri* (Risso)) and citrus thrips (*Scirtothrips aurantii* (Faure)). MSc Thesis, Rhodes University, Grahamstown, South Africa. 111 pp.
- Chicas, N. y Mojica, E. 2016.** Evaluación de *Heterorhabditis bacteriophora* y *Steinernema carpocapsae* mediante dos métodos de aplicación para el control de *Cosmopolites sordidus* (German) en plátano. Trabajo de Fin de Grado Ing. Agr. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano (Honduras). 14 p.

- Delgado Reyes, W. E. 2000.** Control microbial del picudo negro *Cosmopolites sordidus* (Germar, 1824) usando hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana* (Bals vuill) y *Metarhizium anisopliae* (Metsch sorokin) en el cultivo de plátano. Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria, Nicaragua.
- Dembilio, O.; Quesada-Moraga, E.; Santiago-Alvarez, C. y Jacas, J.A. 2010.** Potential of an indigenous strain of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* as a biological control agent against the Red Palm Weevil, *Rhynchophorus ferrugineus*. Journal of Invertebrate Pathology, 104(3), 214-221.
- Edgington, S.; Buddie, A.; Moore; D.; France, A.; Merino, L.; y Hunt; D. 2011.** *Heterorhabditis atacamensis* n. sp. (Nematoda: Heterorhabditidae), a new entomopathogenic nematode from the Atacama Desert, Chile. Journal of Helminthology, 85(4), 381-394. doi:10.1017/S0022149X10000702
- García del Pino, F. 1994.** Los nematodos entomopatógenos (Rhabditida: Steinernematidae y Heterorhabditidae) presentes en Cataluña y su utilización para el control biológico de Insectos. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona. 88 p.
- Gold, C.S. y Messiaen, S. 2000.** El picudo negro del banano *Cosmopolites sordidus*. Plagas de Musa-Hoja divulgativa nº 4. INIBAP. Montpellier, Francia. 4 p. Disponible en: https://www.biodiversityinternational.org/fileadmin/user_upload/online_library/publications/pdfs/696_ES.pdf (consultado el 20/06/2020).
- Gómez-Clemente, F. 1947.** El picudo de la platanera (*Cosmopolites sordidus* Germar). Boletín de Patología Vegetal y Entomología Agrícola 15, 311-332.

- González de Chaves, L.M.; Carnero, A.; Padilla, A.; Pérez, J.F. 2008.** Seguimiento de las poblaciones de picudo en diferentes fincas de la isla de Tenerife. Trabajo Final de Carrera. Escuela de Ingeniero Técnico Agrícola-Universidad de La Laguna.
- Kaaya, G.P.; Seshu-Reddy, K.V.; Kokwaro, E.D. y Munyinyi, D.M. 1993.** Pathogenicity of *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* and *Serratia marcescens* to the banana weevil *Cosmopolites sordidus*. *Biocontrol Science and Technology* 3, 177-187.
- Liu, H.; Skinner, M.; Parker, B.L. y Brownbridge, M. 2002.** Pathogenicity of *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* (Deuteromycotina: Hyphomycetes) and other entomopathogenic fungi against *Lygus lineolaris* (Hemiptera:Myridae). *Journal of Economic Entomology* 95(4), 675-681.
- MAPA. 2016.** Guía de Gestión Integrada de Plagas en el cultivo de la platanera. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. España. 101 p.
- MAPA. 2021a.** Formulados existentes para el Picudo de la Platanera. Registro de Productos Fitosanitarios. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Online: <https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/sanidad-vegetal/productos-fitosanitarios/registro/productos/forexi.asp?e=0&plagEfecto=565> (consultado el 15/07/21).
- MAPA. 2021b.** Consulta de determinados medios de defensa fitosanitaria para el control de *Cosmopolites sordidus*. Registro de Determinados Medios de Defensa Fitosanitaria. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Online: <https://www.mapa.gob.es/app/omdfocb/ResBusCon.aspx?id=es> (consultado el 15/07/21).
- Martínez, M.; Carnero, A.; Padilla, A.; Miralles, F.; González, A. 2007.** Dinámica poblacional de *Cosmopolites sordidus* en la isla de Tenerife. Trabajo Final de Carrera. Escuela de Ingeniero Técnico Agrícola-Universidad de La Laguna.

- Méndez, C. 2010.** Estudio de la incidencia de *Cosmopolites sordidus* en Tenerife. Informe Técnico interno. Cabildo de Tenerife.
- Molina, D.M.; Carnero, A.; Padilla, A. y Fariña, J. 2007.** Ensayo de semicampo con diferentes organismos entomopatógenos para el control de picudo de la platanera. Trabajo Fin de Carrera de Ingeniero Técnico Agrícola-Universidad de La Laguna.
- Padilla-Cubas, A.; Carnero Hernández, A. y García del Pino, F. 2010.** Laboratory efficacy against neonate larvae of the banana weevil *Cosmopolites sordidus* of two indigenous entomopathogenic nematode species from the Canary Islands (Spain). *International Journal of Pest Management* 56 (3), 211-216. DOI: 10.1080/09670870903377576.
- Perera, S. y Molina, M.J. 2002.** Plagas y enfermedades de la platanera en Canarias y su control integrado. Coplaca. 63 p.
- Perera, S.; Suárez, T.; Padilla, M. y Carnero, A. 2011.** Evaluación de distintos métodos de aplicación de un formulado comercial de *Beauveria bassiana* para el control de picudo de la platanera *Cosmopolites sordidus* en Tenerife (Islas Canarias). 15.
- Perera González, S., Díaz González, Y. y Linares Quintero, A. M. 2018a.** Estudio comparativo de feromonas de picudo negro de la platanera (*Cosmopolites sordidus*). AgroCabildo, Cabildo de Tenerife. Disponible online: http://www.agrocabildo.org/publica/Publicaciones/agec_666_picudo.pdf
- Perera González, S.; Rodríguez Serrano, M. y Padilla Cubas, A. 2018b.** Ensayo de eficacia de hongos entomopatógenos en el control del picudo de la platanera (*Cosmopolites sordidus*) en condiciones de campo. Información Técnica. Cabildo de Tenerife. 13 p. Disponible en: http://www.agrocabildo.org/publica/Publicaciones/subt_651_picudo.pdf (consultado el 8/06/2020).

- Piedra-Buena Díaz, A.; Perera González, S.; Ramos Cordero, C. 2017.** Evaluación de productos comerciales con *Beauveria bassiana* para el control del picudo de la platanera (*Cosmopolites sordidus*) en condiciones de laboratorio. Información Técnica. Cabildo de Tenerife. 10 p. Disponible en: http://www.agrocabildo.org/publica/Publicaciones/subt_617_picudo.pdf.
- Ricaño, J.; Güerri-Agulló, B.; Serna-Sarriás, M.J.; Rubio-Llorca, G.; Asensio, L.; Barranco, P. y López-Llorca, L.V. 2013.** Evaluation of the pathogenicity of multiple isolates of *Beauveria bassiana* (Hypocreales: Clavicipitaceae) on *Rhynchophorus ferrugineus* (Coleoptera: Dryophthoridae) for the assessment of a solid formulation under simulated field conditions. Florida Entomologist 96(4), 1311-1324.
- Robinson, J. y Galán Saúco, V. 2012.** Plátanos y bananas. Ed. Mundi-Prensa. 336 pp.
- Schmitt, A. T.; Gowen, S. R. y Hague, N. G. M. 1992.** Baiting techniques for the control of *Cosmopolites sordidus* Germar (Coleoptera: Curculionidae) by *Steinernema carpocapsae* (Nematoda: Steinernematidae). Nematropica 22, 159-163. <https://journals.flvc.org/nematropica/article/view/64038>
- Sepúlveda-Cano, P.A.; López-Núñez, J.C. y Soto-Giraldo, A. 2008.** Efecto de dos nematodos entomopatógenos sobre *Cosmopolites sordidus* (Coleoptera: Dryophthoridae). Revista Colombiana de Entomología 34 (1), 62-67.
- Sirjusingh, C.; Kermarrec, A.; Mauleon, H.; Lavis, C. y Etienne, J. 1992.** Biological control of weevils and whitegrubs on bananas and sugarcane in the Caribbean. Florida Entomologist 75(4), 548-562.
- Tinzaara, W.; Gold, C.S.; Dicke, M.; van Huis, A.; Nankinga, C.M.; Kagezi, G.H. y Ragama, P.E. 2007.** The use of aggregation pheromone to enhance dissemination of *Beauveria bassiana* for the control of the banana weevil in Uganda. Biocontrol Science and Technology 17 (1-2), 111-124.

- Vega, F.E. y Blackwell, M. 2005.** Insect-Fungal Associations: Ecology and Evolution. Oxford University Press. 350 pp. ISBN: 9780195166521.
- Vilardebó, A. 1973.** Le coefficient d'infestation, critère d'évaluation du degré d'attaques des bananeraies par *Cosmopolites sordidus* Germ. le charançon noir du bananier. Fruits 28(5):417-426.
- Zimmermann, G. 1986.** The "Galleria" bait method for detection of entomopathogenic fungi in soil. Journal of Applied Entomology 102, 213-215.

ANEXO I

Registros de variables climáticas a lo largo del ensayo

