



Universidad
de La Laguna

Trabajo de Fin de Grado

El picudo en platanera, tratamientos pasados,
actuales y futuros para su combate.

The banana weevil, past, current and
future treatments.

Henriette Heidrich

4º Grado en Biología

Curso 2018/2019

Tutores: Francisco J. Valdés González y David Jiménez Arias
(Departamento de Fisiología Vegetal)

ÍNDICE

Contenido

RESUMEN	2
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN.....	3
OBJETIVOS	5
1. <i>Cosmopolites sordidus</i>	5
1.1. Taxonomía de <i>Cosmopolites sordidus</i>	5
1.2. Origen y distribución.....	5
1.3. Descripción	6
1.4. Ciclo de vida	6
1.5. Sintomatología en la platanera	7
2. Estrategias seguidas frente a <i>Cosmopolites sordidus</i>	9
2.1. Control cultural	9
2.2. Control químico	9
2.3. Control etológico.....	11
2.3.1. Trampas	11
2.3.2. Materias activas de las trampas.....	14
2.4. Control biológico.....	16
3. Charla con expertos de Canarias	21
4. Propuestas para el futuro	24
DISCUSIÓN.....	25
CONCLUSIONES.....	26
CONCLUSIONS.....	26
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27

RESUMEN

El plátano es, en importancia, el cuarto cultivo a nivel mundial, siendo el arroz, el trigo y el maíz los de mayor relevancia. Su cultivo se lleva a cabo en las regiones tropicales del planeta y es exportado al resto de los países, siendo importante en la economía de países de zonas tropicales y en las Islas Canarias. Así, en 2017, a nivel mundial la producción de plátanos registrada fue de aproximadamente 113.280.302 toneladas de fruta, de las cuáles 437.782 toneladas (aproximadamente 4%) se cosecharon en Canarias.

Sin embargo, la producción potencial del cultivo es mucho más alta, ya que la platanera se ve afectada por diversas plagas que generan graves pérdidas económicas. Entre ellas, queremos destacar *Cosmopolites sordidus* Germar, 1824, el picudo negro de la platanera, que ocasiona pérdidas que pueden superar el 40% de la cosecha en los países donde está presente este cultivo, y por ello queremos revisar la información publicada sobre el tema.

Con el fin de controlar sus poblaciones, actualmente se emplean distintas estrategias como es el control cultural, el uso de productos químicos, el control biológico mediante organismos considerados enemigos naturales de *Cosmopolites sordidus*, o el trampeo masivo mediante feromonas de agregación, siendo este último la principal estrategia para reducir las poblaciones del picudo negro de la platanera en Canarias.

ABSTRACT

The banana is, in importance, the fourth crop worldwide, with rice, wheat and corn the most relevant. Its cultivation is carried out in the tropical regions of the planet and it is exported to the rest of the countries, being important in the economy of countries of tropical zones and in the Canary Islands. In 2017, worldwide recorded banana production was approximately 113,280,302 tons of fruit, of which 437,782 tons (approximately 4%) were harvested in the Canary Islands.

However, the potential production of the crop is much higher, since the banana tree is affected by various pests, generating serious economic losses. Among them, we would like to highlight *Cosmopolites sordidus* Germar, 1824, the banana weevil borer, which can cause losses that exceed 40% of the harvest in those countries where this crop is present and therefore we want to review the information published on the subject.

Currently, in order to control their populations, different strategies are used, such as cultural control, the use of chemicals, biological control by organisms considered natural

enemies of *Cosmopolites sordidus*, or mass trapping with pheromones, the latter being the main strategy to reduce the populations of the banana weevil borer in the Canary Islands.

INTRODUCCIÓN

El plátano, en importancia, es el cuarto cultivo alimentario más importante del mundo, después del arroz, el trigo y el maíz, cultivado en las regiones tropicales del planeta, desde donde es exportado al resto de países. Según Food and Agriculture Organization (FAO, 2004), se considera la fruta fresca más exportada del mundo en cuanto a volumen y valor, contribuyendo a la economía de muchos países de bajos ingresos y déficit de alimentos, como con Ecuador, Honduras y Filipinas. En el año 2017, a nivel mundial la producción de plátanos se eleva a aproximadamente 113.280.302 toneladas de fruta, de las cuáles 437.782 toneladas se cosecharon en Canarias, principalmente en Tenerife, La Palma y La Gomera (ASPROCAN, 2019).

El cultivo del plátano era uno de los pilares de la economía canaria, debido a las exportaciones al mercado de la Unión Europea (EU) y a la Ley de Régimen Económico y Fiscal de Canarias, que establece la reserva exclusiva del mercado peninsular para el plátano canario. Sin embargo, hoy en día, a causa de la competencia de las grandes multinacionales norteamericanas que comercializan el banano de Centroamérica, los plátanos son destinados, principalmente, a la Península, al mercado interior y, en último lugar, al extranjero (Florido y Carmona, 2001). La competencia del mercado es uno de los principales motivos por los que el plátano ya no representa un papel tan protagonista en la economía como hace unos años, además de diversos factores urbanísticos, medioambientales, sociales y la rotación a otros cultivos menos exigentes (López-Cepero *et al.*, 2006).

Este cultivo es complejo, ya que la platanera es una planta exigente en cuanto a las condiciones de cultivo. Entre los requerimientos medioambientales de la platanera, cabe destacar las necesidades de una alta radiación solar y una temperatura óptima de 25-30° C, siendo este un factor abiótico relevante puesto que determina el ritmo de crecimiento y desarrollo de la platanera. Asimismo, requiere un alto nivel de humedad, lo que obliga emplear un potente sistema de riego capaz de satisfacer sus necesidades hídricas, unos 16-22 litros por planta y por día. No obstante, un exceso de humedad puede ser perjudicial, dado que favorece la aparición de determinadas patologías fúngicas. También se considera un factor limitante el viento, pues con una velocidad de más de 40 km/h pueden causar grandes destrozos (Nogueroles *et al.*, 2014).

Por otro lado, hay que prestar especial atención a los factores bióticos que inciden en este cultivo, como son las plagas, que causan la disminución de su rendimiento y, por tanto, su producción (Hölscher *et al.*, 2014). Además de bacterias como *Ralstonia solanacearum* Smith, 1896; virus como el virus de las estrías necróticas de la platanera (*Banana Streak Virus*); nemátodos como *Steinernema* spp.; y diversos hongos fitopatógenos como *Fusarium oxysporum cubense* W.C. Snyder & H.N. Hansen, 1940; destacan diferentes insectos que afectan negativamente a la platanera, de los cuales algunos se reflejan en la siguiente tabla (Tabla 1):

Principales insectos perjudiciales para la platanera				
Especie	Autor y fecha	Nombre común	Familia	Orden
<i>Chrysodeixis chalcites</i>	Esper, 1789	Lagarta de la platanera	Noctuidae	Lepidoptera
<i>Dysmicoccus grassii</i>	Leonardi, 1913	Cochinilla de la platanera	Pseudococcidae	Hemiptera
<i>Aleurodicus dispersus</i>	Russell, 1965	Mosca blanca espiral	Aleyrodoidae	Hemiptera
<i>Cosmopolites sordidus</i>	Germar, 1824	Picudo negro de la platanera	Curculionidae	Coleoptera

Tabla 1. Clasificación de los distintos insectos que afectan negativamente a la platanera. Entre ellos destacan hemípteros como *Dysmicoccus grassii* y *Aleurodicus dispersus*, lepidópteros como, por ejemplo, *Chrysodeixis chalcites*, y coleópteros como *Cosmopolites sordidus*, protagonista de este trabajo.

Cosmopolites sordidus es una de las plagas más importantes del plátano y otras musáceas en la mayoría de los países tropicales y subtropicales (Castrillón, 2004), llegando a ocasionar pérdidas de más del 40% de la cosecha (Gold y Messiaen, 2000). En Canarias está presente en las islas de Tenerife, La Palma, La Gomera y Gran Canaria, donde se considera la plaga principal del plátano canario, produciendo un considerable descenso de los ingresos (Perera y Molina, 2002).

La plaga se ha abordado desde múltiples frentes, mediante distintas estrategias químicas como es el uso de fenamifos; agentes biológicos, tales como la liberación de nemátodos y hongos entomopatógenos; y prácticas culturales, basadas sobre todo en la limpieza de las plantaciones y del material de trabajo (García y Suárez, 2012).

OBJETIVOS

El objetivo principal de este trabajo es revisar y estudiar el estado de las estrategias empleadas actualmente, en las diferentes regiones productoras de plátanos, para combatir *Cosmopolites sordidus*, el picudo negro de la platanera.

1. *Cosmopolites sordidus*

1.1. Taxonomía de *Cosmopolites sordidus*

Cosmopolites sordidus, también llamado gorgojo o picudo negro de la platanera, es un coleóptero oligófago perteneciente a la familia Curculionoidea (Tabla 2), conocido por colonizar las plataneras *Musa* spp. L.

Reino	Animalia
Filo	Arthropoda
Clase	Insecta
Orden	Coleoptera
Superfamilia	Curculionoidea
Familia	Dryophthoridae
Subfamilia	Rhynchophorinae
Género	<i>Cosmopolites</i>
Especie	<i>C. sordidus</i> Germar (1824)

Tabla 2. Posición taxonómica del picudo negro del plátano.

1.2. Origen y distribución

C. sordidus es originario del Sureste de Asia, concretamente de la región Indo-Malasia, desde donde se ha ido extendiendo, siguiendo una distribución pantropical. Actualmente, se puede encontrar en todas las regiones de cultivo de plátano, como ciertas regiones de África, Madagascar, América y algunas islas del Océano Índico y Atlántico, entre ellas, Canarias (Castrillón, 2004).

En Canarias fue observado por primera vez en Gran Canaria en 1945, de donde fue erradicado (Gómez-Clemente, 1947). Posteriormente, en 1986, se detectó en Tenerife desde donde se extendió consecutivamente a La Gomera, a La Palma en 2001, y a Gran Canaria en 2011 (Perera *et al.*, 2018).

1.3. Descripción

Morfológicamente, *Cosmopolites sordidus* es un escarabajo de tamaño reducido (9-16 mm) de color uniformemente negro con fuertes élitros ⁽¹⁾, aunque no tiene hábitos voladores, y se caracteriza por su pronunciada probóscide ⁽²⁾, popularmente conocida como pico (Fig. 1).



Figura 1. Imagen de un ejemplar adulto de *Cosmopolites sordidus* (Camacho, 2011).

Los gorgojos adultos son de hábitos nocturnos por lo que de día permanecen ocultos entre vainas foliares, en el pseudotallo de la platanera o en los residuos del cultivo, de los cuales se alimentan. Los picudos son atraídos por las sustancias volátiles emanadas de las plantas hospedadoras, por esto los rizomas cortados presentan una atracción especial (Tazán, 2003). Pueden permanecer en la misma planta por periodos de tiempo largos, pero si las condiciones lo permiten, se desplaza caminando por el suelo (raramente vuelan), pudiendo trasladarse hasta 60 metros en 5 meses, es decir, unos 12 metros por mes (Gold *et al.*, 2001).

1.4. Ciclo de vida

El picudo negro de la platanera presenta una estrategia del tipo “k” para la supervivencia nivel de especie, esto es, sus poblaciones suelen ser constantes en número y su tamaño cercano a la capacidad de carga del entorno. *Cosmopolites sordidus* se caracteriza por un prolongado periodo de vida de aproximadamente un año y una baja tasa de fecundidad, con una tasa de oviposición estimada de un huevo por semana (Gold y Messiaen, 2000).

La hembra pone su huevo en hoyos que previamente ha excavado con su pico, preferiblemente en la base de la platanera. En condiciones de temperatura favorables, a unos 25° C, los huevos eclosionan 7 días más tarde (García y Suárez, 2012). Las larvas emergentes se alimentan del tejido vegetal de la platanera, mientras completan su ciclo, pasando a través

(1) Élitros: alas externas rígidas y duras de los coleópteros.

(2) Probóscide: órgano bucal alargado que sirve para succionar alimentos.

de 5 etapas hasta alcanzar el estado de pupa. Durante este tiempo permanecen siempre en el interior de la platanera, hasta alcanzar finalmente el estado adulto después de alrededor de 5-7 semanas (Fig. 2). El desarrollo de los huevos no ocurre a temperaturas inferiores a los 12° C, por lo que no son tan frecuentes en plantaciones situadas en zonas con temperaturas inferiores a estas, como por ejemplo en plantaciones a una altitud elevada (Gold y Messiaen, 2000).

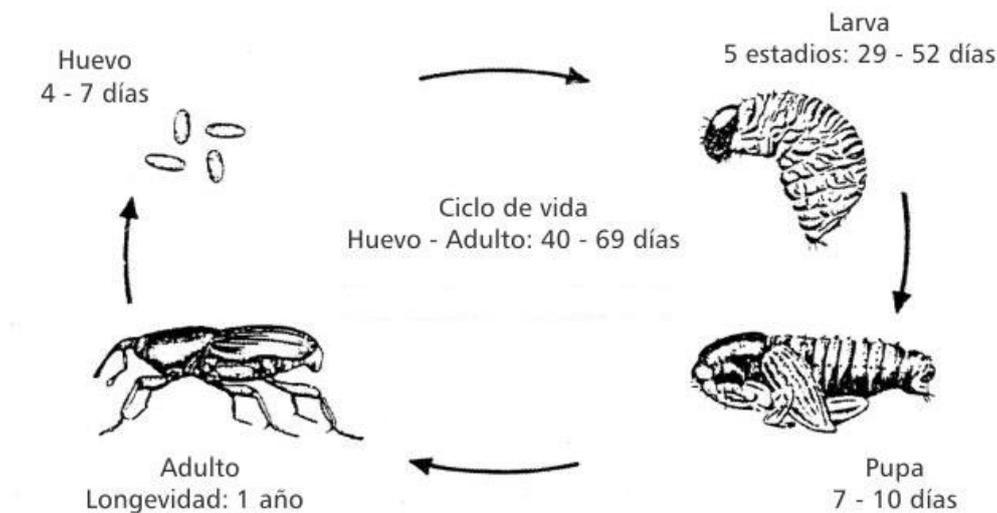


Figura 2. Ciclo de vida de *Cosmopolites sordidus*. Comienza con la puesta del huevo dentro del pseudotallo de la platanera. Tras unos días, se desarrolla la larva, que pasa por 5 estadios hasta alcanzar el estado de pupa. Se completa el ciclo tras 5-7 semanas, al alcanzar el estado adulto y abandonar el pseudotallo (ECONEX).

En cuanto a la dinámica poblacional, en Canarias, los estudios muestran resultados contradictorios. Pues, Gómez-Clemente (1947) encontró máximas de población en la época de invierno, al igual que Martínez-Santiago (2007) en los meses de noviembre a febrero, mientras, Hernández y Díaz (1993) observaron poblaciones más o menos constantes a lo largo de todo el año, sin picos poblacionales, de acuerdo con su estrategia de supervivencia de tipo “k”.

1.5. Sintomatología en la platanera

Las galerías excavadas por las hembras para la oviposición (Fig. 3), al encontrarse en la base del pseudotallo de la platanera, interfieren con la formación y el desarrollo radicular, limitando la absorción de nutrientes, reduciendo el vigor de las plantas y aumentando la susceptibilidad a plagas y enfermedades, generando pérdidas de más del 40% de la cosecha (Gold y Messiaen, 2000).

Las perforaciones realizadas por las hembras generan numerosos daños indirectos, puesto que son un foco de entrada para insectos como *Castniomera humboldti* Boisduval, 1918, cuyo método de infección es parecido al del picudo, y hongos fitopatógenos como *Fusarium oxysporum cubense* W.C. Snyder & H.N. Hansen, 1940, el responsable del mal de Panamá; y *Ralstonia solanacearum* Smith, 1896, que produce una enfermedad bacteriana conocida como “moko del plátano” (Nsemwa, 1991; Briceño y Ramírez, 2000), entre otros. Pues, dado que la planta está debilitada, a causa de las perforaciones producidas por *Cosmopolites sordidus*, es objetivo de todo tipo de organismos oportunistas.



Figura 3. Daños en el cormo provocados por la excavación de galerías para la oviposición de *Cosmopolites sordidus*, visto desde un corte horizontal y otro vertical (Gold y Messiaen, 2000; Perera *et al.*, 2018).

Para evitar la pérdida de la producción ocasionada por el picudo negro de la platanera, a lo largo de la historia en las distintas partes del planeta donde está presente este cultivo, se han desarrollado diversos métodos que serán objeto de estudio en este trabajo.

2. Estrategias seguidas frente a *Cosmopolites sordidus*

Los métodos de control para prevenir y combatir el ataque de *Cosmopolites sordidus* en las zonas de cultivo de plataneras son diversos y varían entre los diferentes países dependiendo de la legislación vigente, así como entre los distintos tipos de producción, ya sea comercial o para el consumo privado, según la mano de obra y los costes que supone el tratamiento.

2.1. Control cultural

El control cultural se refiere a un control preventivo que se realiza antes de la aparición de las plagas en el cultivo. Concretamente, se basa en la generación de condiciones menos favorables para el desarrollo y la supervivencia de las plagas, para así reducir la población de patógenos y los daños en el cultivo (Cisneros, 2014a).

Entre las distintas prácticas, además de la limpieza del suelo de la finca, el diseño estratégico de la plantación, el laboreo adecuado del suelo y la desinfección del material de trabajo, destaca la solarización del suelo, procedimiento anterior a la plantación de las plataneras. Esta técnica, llevada a cabo por primera vez en Canarias por Padilla y colaboradores (2010) dentro del proyecto Biomusa, se basa en el uso de plásticos que cubren el suelo de la finca creando una alta temperatura, superior a la óptima para la supervivencia de *C. sordidus*, reduciendo así las poblaciones del mismo.

2.2. Control químico

Este tipo de control se basa en el empleo de productos fitosanitarios para combatir las plagas de la platanera. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), un producto fitosanitario es aquella sustancia que sirve para prevenir o combatir cualquier plaga o enfermedad, que se considere perjudicial para la salud pública o la agricultura (Stadler, 1993).

Se trata de una de las estrategias más frecuentes, puesto que su acción se considera muy rápida y efectiva (Gold y Messiaen, 2000). Sin embargo, su aplicación supone un riesgo para la salud del agricultor y de los consumidores, además de la contaminación del medio ambiente. Por este motivo, la legislación de la Unión Europea implanta una serie de normas que regulan la comercialización y el uso de productos químicos.

En España, se establece la llamada Gestión Integrada de la Plaga (GIP), un marco de actuación para conseguir un uso sostenible de los productos fitosanitarios. Según el Artículo 3f) del Real Decreto 1311/2012, de 14 de septiembre, la GIP se define como:

El examen cuidadoso de todos los métodos de protección vegetal disponibles y posterior integración de medidas adecuadas para evitar el desarrollo de poblaciones de organismos nocivos y mantener el uso de productos fitosanitarios y otras formas de intervención en niveles que estén económica y ecológicamente justificados y que reduzcan o minimicen los riesgos para la salud humana y el medio ambiente. La gestión integrada de plagas pone énfasis en conseguir el desarrollo de cultivos sanos con la mínima alteración posible de los agroecosistemas y en la promoción de los mecanismos naturales de control de plagas. (Ministerio de la Presidencia, 2012).

En el caso de *Cosmopolites sordidus*, frecuentemente, se empleaban nematicidas con actividad insecticida e insecticidas específicos, aplicados en la base de la platanera. Entre estos destacan los insecticidas cicloclodiénicos, como el **aldrin** (C₁₂H₈Cl₆) y el **dieldrin** (C₁₂H₈Cl₆O), que tuvieron su auge hace unos años, dado que resultaron ser muy eficaces y de rápida acción. Sin embargo, hoy en día ya no están en uso, debido a las resistencias desarrolladas contra estos, además de las graves implicaciones ambientales que supone su uso (Gold y Messiaen, 2000).

También se empleaba en abundancia el **clorpirifos**, cuya fórmula química es C₉H₁₁Cl₃NO₃PS, un producto organofosforado que actúa por contacto, ingestión o inhalación, inhibiendo la acetilcolinesterasa provocando el colapso del sistema nervioso del insecto. Antiguamente, se aplicaba mediante una inyección o “pinchazo” al pseudotallo 15 días después de la cosecha, pero desde 2008 su uso está limitado, debido a su alta toxicidad (Ramos *et al.*, 2015). Pues, la exposición crónica se ha relacionado con efectos neurológicos y con trastornos del desarrollo y autoinmunes (López-Cepero y Puerta, 2014).

En cuanto a los productos fitosanitarios empleados actualmente en Canarias para combatir el picudo negro de la platanera, únicamente está permitido el tratamiento con productos organofosforados que contienen la sustancia activa **fenamifos** (Cabildo de Tenerife, 2018). El fenamifos, cuya fórmula química es C₁₃H₂₂NO₃PS, es un organofosforado sistémico con actividad insecticida por contacto o ingestión, que inhibe la acetilcolinesterasa generando el colapso del sistema nervioso del insecto. Se aplica al suelo, de tal modo que la sustancia activa puede ser absorbida por la planta gracias al agua de riego, matando así a la plaga ya introducida en el tejido radical. Únicamente está permitido el riego por goteo durante la etapa vegetativa, siendo el área de trabajo igual o menor a una hectárea (Cabildo de Tenerife, 2018).

Excepcionalmente, del 17 de mayo 2018 hasta el 10 de septiembre de 2018, se permitió el uso de productos químicos a base de **fofiazato** (C₉H₁₈NO₃PS₂) en plantaciones de plátano con sistema de riego por goteo, tanto en invernadero como al aire libre. Se trata un insecticida-nematicida específico organofosforado que actúa sobre los inhibidores de la acetilcolinesterasa, y se utiliza para controlar diversos nemátodos fitoparásitos y el picudo negro. (Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, 2018).

Sin embargo, el picudo negro ha mostrado una gran habilidad para desarrollar resistencias a la mayoría de los químicos, por lo que hoy en día se tiende a emplear extractos de origen biológico que sustituyen los plaguicidas. Entre ellos, cabe destacar el extracto de neem o azadiractina (*Azadirachta indica*) que protege los retoños jóvenes de los ataques y reducen la oviposición por el efecto repelente hacia los picudos negros adultos (Gold y Messiaen, 2000).

Durante el desarrollo de este trabajo se ha observado una especial atención prestada a diferentes estrategias que pueden aumentar la protección del cultivo frente a las plagas sin el uso de productos fitosanitarios. Pues, según el Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (2016), en el control de plagas y enfermedades se antepondrán siempre que sea posible, los métodos biológicos, biotecnológicos, culturales y físicos a los métodos químicos.

2.3. Control etológico

El control etológico de plagas se entiende como el uso de métodos de control que aprovechan las reacciones de comportamiento del animal, en respuesta a la presencia de estímulos de naturaleza química, física y/o mecánica (Sifuentes, 2016).

2.3.1. Trampas

Uno de los métodos de control etológico más comúnmente empleado para detectar o eliminar *C. sordidus* y establecer su ocurrencia estacional y cuantitativa en el cultivo, son las trampas (Cisneros, 2014b). Su funcionamiento se basa en la presencia de un soporte físico de origen natural, las trampas de pseudotallo, o artificial, las de doble maceta, que pueda retener a la plaga, y una sustancia activa que actúa como atrayente.

En cuanto a las características de la trampa, Reddy y colaboradores (2010) probaron el efecto del tipo de trampa, su color, tamaño y posición sobre el número de capturas de picudo. En sus resultados obtuvieron el mayor número de capturas empleando las trampas de tierra de

tamaño grande (40 x 25 cm y superiores), de tonalidades marrones, preferiblemente el color caoba, y localizadas a la sombra.

Las trampas de pseudotallo, también conocidas como tradicionales, se fundamentan en la atracción que presenta *C. sordidus* frente los rizomas y pseudotallos recién cortados. Entonces, dentro del cultivo se seleccionan plataneras ya cosechadas, para llevar a cabo diferentes cortes en sus pseudotallos, que se sirven de soporte físico y sustancia activa simultáneamente. Además, se pueden añadir a los cortes insecticidas o agentes entomológicos para disminuir la población de la plaga. Según la disposición de las cepas, existen distintos tipos de trampas (Medina y Vallejo, 2009):

- Método de las cepas en pie: las plantas se cortan a unos 40 a 50 cm de altura y se le aplican cortes al pseudotallo cerca de la base. Según la forma de este corte, existen tres variantes de cepas: (Fig. 4 A) el tipo cuña, donde el corte se realiza a un lado del pseudotallo en forma de cuña; (Fig. 4 B) tipo cepa sencilla, el corte se realiza de manera horizontal paralelo al suelo atravesando todo el tallo; y (Fig. 4 C) tipo cepa modificada en forma de “V”, donde el corte se realiza en forma de “V”.



Figura 4. Método de cepas en pie: tipo cuña (A), tipo cepa sencilla (B), tipo cepa modificada en forma de “V” (C), (Medina y Vallejo, 2009).

- Métodos de cepas en el suelo: los pseudotallos se cortan y se disponen en el suelo. Un ejemplo es el tipo sándwich (Fig. 5 A), en el que se le realizan cortes horizontales al pseudotallo para dar lugar a rodajas entre las que se colocan hojas de platanera para crear el clima conveniente para la plaga. También se puede cortar el pseudotallo de manera vertical dando lugar a trampas de tipo bisel (Fig. 5 B).

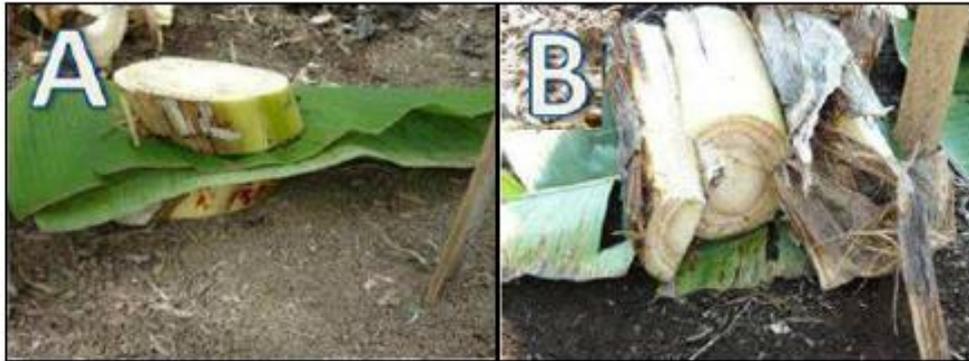


Figura 5. Método de cepas en el suelo: tipo sándwich (A), tipo bisel (B), (Medina y Vallejo, 2009).

Por otro lado, existen las trampas de origen artificial entre las que se distingue el siguiente método de captura:

- Método de la trampa de caída o Pitfall: consiste en la excavación de huecos en el suelo en los que se introduce a ras del suelo un recipiente plástico con una sustancia atrayente, como trozos de pseudotallo fresco o feromonas sintéticas, y se cubre con un embudo para impedir que los picudos capturados salgan nuevamente (trampa de doble maceta, Fig. 6 A). Desde 2018, existe un nuevo modelo de trampa, Stop Weevil (Fig. 6 B), dotado de rampas para el acceso del picudo, por lo que no se entierra en el suelo, sino que se coloca sobre la tierra, permitiendo el fácil desplazamiento de la trampa.



Figura 6. Método de trampa de caída: modelo tradicional de doble maceta (A), nuevo modelo Stop Weevil (B), (Perera *et al.*, 2018; ASAGA Canarias ASAJA, 2019).

2.3.2. Materias activas de las trampas

Entre las sustancias que se añaden a las trampas para obtener un mayor éxito a la hora de capturar y eliminar al picudo, destacan distintas sustancias odoríferas como la melaza y las esencias frutales. Aunque también se suelen emplear cebos tóxicos, que surgen de la combinación entre una sustancia atrayente y un plaguicida (Guzmán, 2019).

Además de estos atrayentes, frecuentemente se emplean feromonas, sustancias químicas emitidas por *C. sordidus* para comunicarse con los demás individuos de su especie y atraerse mutuamente. Se distinguen distintos tipos, como son las feromonas sexuales para atraer al sexo opuesto, las feromonas de agregamiento para generar concentraciones de picudos, otras para señalarles el camino a otros individuos...

Por primera vez en 1993, fue identificada por Budenberg y colaboradores, una feromona de agregación emitida por los machos de picudo negro, a partir de la cual se ha desarrollado la feromona sintética comercial de agregación llamada “Sordidine” ($C_{11}H_{20}O_2$) para su uso en agricultura mediante su colocación en trampas (Beauhaire *et al.*, 1995). Pues, se ha demostrado que el efecto de esta feromona es mayor que el empleo de tejidos de pseudotallo en la captura de picudos negros (De Graaf *et al.*, 2005).

Desde entonces se han hecho numerosos estudios con trampas cebadas con feromonas para la captura y reducción de las poblaciones del picudo negro. Alpizar y Rodríguez (2000) comprobaron la eficacia de las trampas con feromonas sintéticas frente a las tradicionales de sustancias atrayentes emitidas por los pseudotallos, consiguiendo una captura hasta 18 veces mayor mediante el uso de las primeras. Asimismo, Alpizar y colaboradores (2012), comprobaron que las poblaciones de picudos negros disminuyeron más del 75% en 10 a 12 meses, empleando trampas con feromonas.

En Canarias también se han llevado a cabo numerosos estudios acerca de la eficacia de las sustancias activas añadidas a las trampas para la captura de *Cosmopolites sordidus* (tabla 3):

Año	Autor	Estudio	Resultados
1998	Montesdeoca	Eficacia del trapeo de picudo negro mediante trampas cebadas con sordidina	Hasta 1200 adultos en 8 semanas de estudio
2007	Cabrera en convenio con ASPROCAN-FEU-ULL	Radio efectivo de la feromona sordidina	Para la captura masiva, las trampas con sordidina deben colocarse a una distancia de 10 metros
2009	Cabrera (2016)	Control de picudo con trampas de feromonas	Reducción de capturas del 94,4% entre febrero 2009 y febrero 2010
2015	Velázquez <i>et al.</i>	Estudio comparativo de la efectividad de distintas feromonas de picudo en distintas localizaciones en Tenerife	Mayor número de capturas con Phero-era®, excepto en el invernadero del sur, donde tuvo mayor éxito Cosmolure®
2018	Perera <i>et al.</i>	Estudio comparativo de feromonas durante 140 días en distintas localizaciones en Tenerife	Los tipos de feromonas actúan independientemente de la localización. Mayor número de capturas con Cosmolure®

Tabla 3. Estudios en Canarias sobre el trapeo masivo del picudo negro. Tras numerosos estudios, queda demostrada la eficacia de las trampas de feromonas con sordidina, en un radio de 10 metros. Además de comprobar mediante un estudio comparativo, la mayor efectividad de Cosmolure® frente a las otras casas comerciales.

Dada la eficacia mostrada por el empleo de trampas con feromonas de agregación, se ha propuesto el uso de trampas con estas sustancias activas como método para combatir el picudo negro. Pues, frente a los productos fitosanitarios, suponen un menor impacto medioambiental que los insecticidas sintéticos (Cubillo *et al.*, 2001) y son más efectivos a largo plazo, puesto que ya hay evidencias del desarrollo de resistencias a numerosos insecticidas (Gold y Messiaen, 2000).

2.4. Control biológico

Otro método de abordar la lucha contra la creciente población de *Cosmopolites sordidus* es el control biológico, que consiste en utilizar otros organismos vivos para controlar las poblaciones de plagas (Flint y Dreistadt, 1998). Esta estrategia tiene como valor añadido que se evita el uso de productos fitosanitarios y la contaminación del medioambiente, además de ofrecer independencia y sostenibilidad a los cultivadores.

En el control biológico, se distinguen tres estrategias básicas:

- La importación se basa en la introducción de enemigos naturales que atacan a la plaga, con el fin de producir un cambio ecológico permanente (Ramos *et al.*, 2015). Es una estrategia de control muy discutida, pues requiere un exhaustivo estudio ecológico para evitar daños colaterales provocados por la introducción de las nuevas especies.
- El control biológico por incremento consiste en aumentar artificialmente la población de enemigos naturales, con el fin de producir un mayor número de ataques y así reducir la población de la plaga. Según las características de la estrategia se distinguen dos tipos: la inoculación, con finalidad preventiva, y la inundación, una técnica curativa aplicada una vez causados los daños. Hoy en día, existen empresas, especializadas en este campo y tienen material a disposición a un coste aceptable para los agricultores (Mahr *et al.*, 2008).
- La estrategia de la conservación de los enemigos naturales es la más compleja, pues supone modificar las interacciones del agrosistema, de tal manera que se vea potenciada la eficacia de los enemigos naturales y se minimicen los factores que los afectan perjudicialmente. Para ello es necesario un buen conocimiento sobre los elementos que forman parte de este agroecosistema, sus requerimientos ecológicos y su relación con los demás ecosistemas (Ramos *et al.*, 2015).

Para las estrategias citadas, están disponibles numerosos enemigos naturales de *Cosmopolites sordidus*, como son los insectos depredadores generalistas que viven asociados a los desechos de la platanera. Se reportaron al menos 48 de ellos, de los cuales 38 se han podido identificar a nivel de especie, entre ellos abundan los coleópteros e himenópteros, y en menor cantidad dermápteros, hemípteros y dípteros. En la siguiente tabla (tabla 4) se reflejan algunas de los insectos citados como enemigos naturales de *C. sordidus* y el estado de desarrollo de la plaga cuando es atacada (Guzmán *et al.*, 2015).

Especie	Autor y fecha	Orden	Estado de desarrollo
<i>Hololepta quadridentata</i>	Olivier, 1789	Coleoptera	-
<i>Dactylosternum abdominale</i>	Fabricius, 1792	Coleoptera	Pupa
<i>Chrysopilus ferruginosus</i>	Wiedemann, 1819	Diptera	Larva
<i>Dactylosternum hydrophiloides</i>	MacLeay, 1825	Coleoptera	Larva
<i>Euborellia annulipes</i>	Lucas, 1847	Dermaptera	Huevo, larva
<i>Labia borellii</i>	Burr, 1911	Dermaptera	Huevo, larva

Tabla 4. Insectos enemigos naturales del picudo negro. La mayoría de los insectos depredadores de *C. sordidus*, principalmente coleópteros, atacan a la plaga en sus estados de desarrollo (pupa, larva), (Guzmán *et al.*, 2015).

Asimismo, existen otros organismos enemigos de *Cosmopolites sordidus* como son los hongos entomopatógenos, organismos capaces de producir una patogénesis letal en insectos. Esto lo consiguen gracias a enzimas específicas como proteasas y lipasas, que disuelven la epicutícula del insecto, permitiéndole penetrar en su interior corporal, provocando su muerte (Fernández y Paico, 2018).

Entre los hongos entomopatógenos empleados para controlar la población del picudo negro de la platanera, destaca *Beauveria bassiana*, un hongo ascomiceto mitospórico presente naturalmente en algunas plantas y el suelo, capaz de parasitar a insectos de distintas especies causando la denominada “enfermedad blanca de la muscardina”.

Su modo de acción consta de dos etapas: la fase infectiva y la fase saprofítica. En primer lugar, en la fase infectiva, las esporas entran en contacto con la superficie del insecto, dónde germinan y penetran en la epicutícula con ayuda de apresorios. Las hifas crecen a través de la procutícula y la epidermis, hasta alcanzar el hemocele, destruyendo las estructuras internas del insecto, mediante la secreción de una toxina peptídica específica llamada Beauvericina, con una fuerte acción insecticida que, finalmente, produce la muerte del huésped tras unos días (Fig. 7) (Valenzuela, 2002).

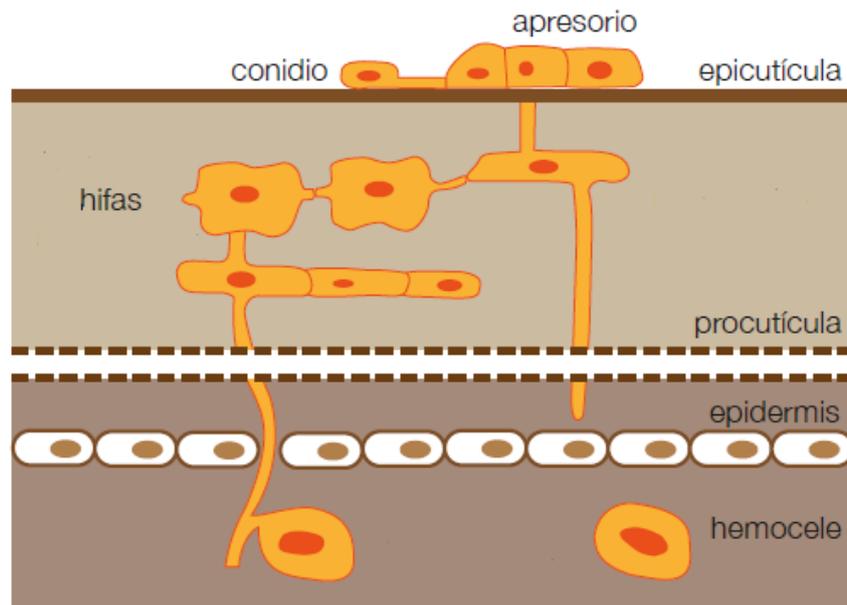


Figura 7. Mecanismo de infección de *Beauveria bassiana*. La fase infectiva consta de la disposición y germinación de las esporas en la superficie del insecto. Después, gracias a la formación de un apresorio, las hifas penetran en el interior del insecto hasta alcanzar el hemocele, atravesando la epicutícula, la procutícula y la epidermis (AgrichemBio, 2011)

Posteriormente, el hongo utiliza el cadáver para expandirse y desarrollarse. Si las condiciones ambientales son favorables, se inicia la fase saprofítica, donde nuevas esporas emergen del cadáver y se propagan, infectando así a nuevos insectos (Fig. 8, pág. 19). Una estrategia mixta para mejorar la difusión de *B. bassiana*, consiste en el empleo de feromonas de agregación como atrayentes (Tinzaara *et al.*, 2007).

Sin embargo, la eficacia del hongo en condiciones de campo es poco controlable, pues depende de una gran cantidad de factores, como son la patogenicidad de la cepa, el sustrato, conservación y aplicación del producto, el estadio de desarrollo del insecto, la temperatura, la humedad y la radiación solar (Perera *et al.*, 2011). Es por ello, por lo que numerosos estudios que comprueban la eficacia de *Beauveria bassiana* para infectar y controlar a *Cosmopolites sordidus* están realizadas en condiciones de laboratorio.

En Canarias, Piedra-Buena y colaboradores (2017) realizaron un estudio en condiciones de laboratorio, evaluando la efectividad de diferentes productos comerciales con *Beauveria bassiana* frente *C. sordidus*. Los productos más eficaces frente al picudo resultaron ser Phoemyc® aplicado mediante pulverización (65% de mortalidad), seguido de Naturalis® (55%), Phoemyc® utilizado en forma sólida (45%) y Botanigard® (40%) (tabla 5 y fig. 8).

Producto	Días después del tratamiento										
	3	4	6	7	8	9	10	11	17	21	22
Control	0	0	0	5	5	5	5	5	5	5	5
Bassi®	0	0	0	0	0	5	5	10	10	10	10
Botanigard®	0	5	5	10	10	15	15	20	35	40	40
Naturalis®	0	5	20	35	50	50	50	50	55	55	55
Phoemyc® pulv. agua	0	15	15	20	30	45	45	55	60	65	65
Phoemyc® pulv. Tween	0	0	0	0	10	10	10	10	25	25	25
Phoemyc® seco	0	0	0	0	15	15	15	15	30	45	45

Tabla 5. Mortalidad acumulada (%) en cada uno de los tratamientos aplicados. Entre los resultados obtenidos destaca la efectividad de Phoemyc® mediante pulverización, seguido de Naturalis® y Phoemyc® en seco (Piedra-Buena, 2017).

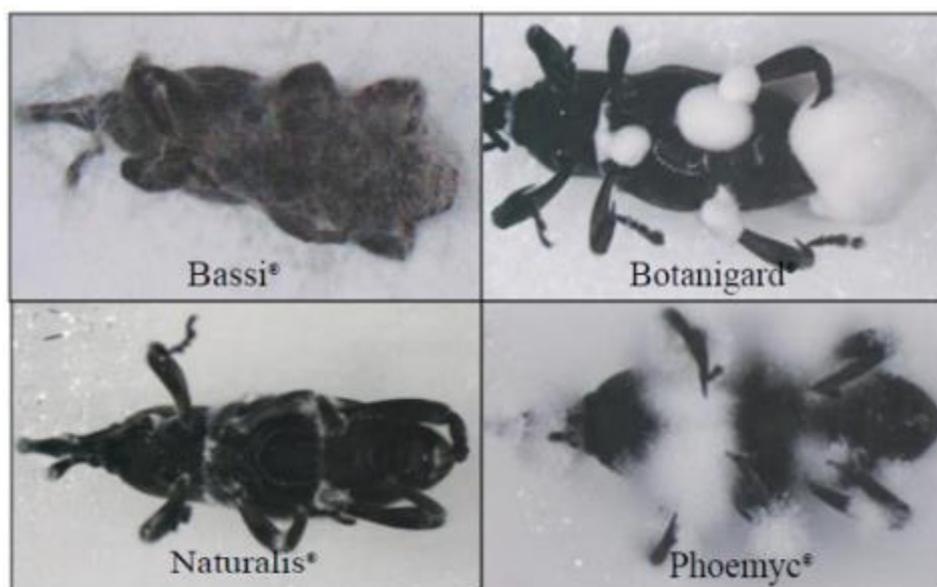


Figura 8. *Cosmopolites sordidus* infectados por *Beauveria bassiana* tras 14 días de incubación en oscuridad a 25° C. (Piedra-Buena, 2017).

Otro hongo entomopatógeno estudiado para comprobar su eficacia frente a *Cosmopolites sordidus* es *Metarhizium anisopliae*, cuyo modo de acción, al igual que el de *B. bassiana*, comienza con la adhesión de la espora a los tegumentos del insecto, pudiendo diseminarse con el desplazamiento del insecto. Seguidamente las hifas germinan, penetrando al interior del cuerpo, por medio de la presión mecánica que ejercen sobre la estructura, gracias a los apresorios, y por la liberación de proteasas, lipasas y quitinasas, que descomponen el tejido del huésped. Una vez en el interior del insecto, comienza a multiplicarse, colonizándolo completamente y provocando la muerte de este (Castillo, 2006).

No obstante, *M. anisopliae* en el control del picudo de la platanera en condiciones de campo no resulta efectivo. Pues, Perera y colaboradores (2018) no obtuvieron resultados significativos en la reducción de las poblaciones de *C. sordidus* en su ensayo de campo, ni contabilizaron picudos adultos infectados por el hongo.

También han sido empleados nemátodos entomopatógenos como *Steinernema* spp. o *Heterorhabditis* spp., organismos que establecen una relación simbiótica con bacterias gram-negativas, pertenecientes a los géneros *Xenorhabdus* y *Protorhabdus*, respectivamente (Griffin *et al.*, 2005). El ciclo de vida de los nemátodos comienza cuando, en estado larvario, parasitan al insecto, penetrando a través de los orificios corporales o la piel. Cuando estos nemátodos entomopatógenos se encuentren en el interior corporal, excretan las bacterias simbiotas al hemocele ⁽¹⁾ del insecto parasitado. Estas bacterias se propagan con rapidez, suprimen los sistemas de defensa y producen numerosos factores de virulencia como la citotoxina, provocando, finalmente, la muerte del huésped tras 24-48 horas. No obstante, los nemátodos se siguen nutriendo del tejido muerto del huésped, maduran y se reproducen, liberándose posteriormente, una gran cantidad de juveniles infectivos al ambiente, para infectar a nuevos huéspedes y continuar su ciclo de vida.

Varios autores han evaluado la acción de estos tratamientos biológicos, entre ellos, destaca Molina y colaboradores (2007) estudiaron en Canarias en condiciones de semicampo el efecto de una cepa autóctona de *Steinernema* spp. (nemátodo entomopatógeno) y *Metarhizium anisopliae* (hongo entomopatógeno), y un producto comercial de *B. bassiana*. Tras la aplicación de los tratamientos biológicos y al cabo de 77 días, se obtuvo que *Steinernema* spp. produjo una reducción de la infestación de un 46,5% con respecto al control, seguido de *B. bassiana* con un 22% de reducción y de *M. anisopliae* con un 17%.

Además, Cabrera *et al.* (2017), demostró que los hongos endófitos, microorganismos que viven en las plantas creando una asociación tipo planta-microbio, inoculados en las plataneras mejoran el desarrollo de sus tejidos (Machungo *et al.*, 2009) y les proporciona una mayor resistencia contra el picudo negro de la platanera (Paparú *et al.*, 2009).

(1) **Hemocele:** cavidad secundaria de los artrópodos, que forman un sistema lagunar y constituyen un aparato circulatorio abierto

Actualmente, se siguen estudiando las estrategias biológicas para controlar *Cosmopolites sordidus*, pues a pesar de conocer muchas cepas que ocasionan la mortandad de más del 90%, estos resultados se han obtenido en ensayos de laboratorio, bajo condiciones controladas y no en condiciones de campo, lo que es un paso pendiente de esta estrategia contra *C. sordidus* (Nogueroles *et al.*, 2014).

3. Charla con expertos de Canarias

Dado que en Canarias *Cosmopolites sordidus* está presente en Canarias y es considerado un problema a resolver por agricultores, técnicos y científicos de las islas, considerando de interés conocer sus impresiones de esta lucha en la luz de su experiencia.

Entrevista 1

Presentación: Fernando Pinacho Crisóstomo, Doctor en Química Orgánica e investigador del Instituto Universitario de Bio-Orgánica de la Universidad de La Laguna. Fundador de la empresa Ecobertura, que desarrolla y comercializa Medios de Defensa Fitosanitaria (MDF) en Canarias, con el fin de controlar diferentes plagas del cultivo. Entre los distintos medios, destaca la producción de feromonas, una solución natural y eficaz para facilitar una agricultura sostenible y rentable.

Ideas relevantes: Actualmente, con el uso de trampas de feromonas no es posible erradicar al picudo negro de la platanera, pero sí mantener sus poblaciones en un nivel inferior al umbral que genera pérdidas y, por tanto, mantener un cultivo rentable. Para un control efectivo, las trampas de feromonas se deben colocar en el cultivo cada 10 metros. En el caso de trabajar con trampas de doble maceta, que se deben enterrar a ras del suelo, existiendo la posibilidad de emplear también tubos de PVC del tamaño de la parte inferior de la trampa, sirviendo de soporte para la misma (Fig. 9). De tal manera, a lo largo del cultivo, cada 10 metros se coloca un tubo de PVC y, dentro del mismo, la trampa a ras de suelo. Así, tras examinar los resultados obtenidos en un primer muestreo, se pueden colocar trampas exclusivamente en aquellas zonas en las que persiste la plaga y, posteriormente, desplazarlas a las zonas de interés alojándolas en los tubos de PVC previamente enterrados.

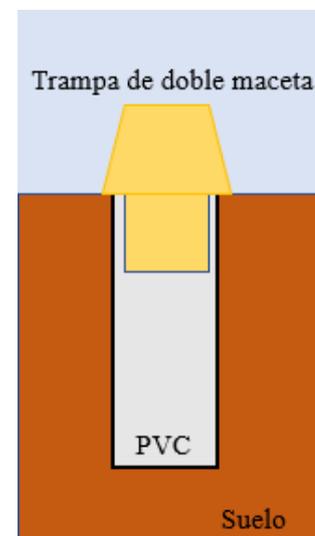


Figura 9. Trampa de doble maceta con un tubo de PVC como soporte.

Hoy en día, existen diferentes empresas que fabrican feromonas para combatir a *C. sordidus*, entre los distintos productos no existen diferencias significativas en cuanto a la efectividad para la atracción el picudo. Sin embargo, sí influye el tiempo y la intensidad de difusión de las mismas, siendo la difusión ideal la difusión de grado 0, esto es, aquella en la que la liberación de las feromonas se produce de manera continua y en cantidades estables. No obstante, aún no se ha conseguido elaborar ningún difusor con esta capacidad, es por ello, por lo que este es un campo que se encuentra en constante estudio.

Además, debido a la actual situación medioambiental en la que la contaminación y la generación de residuos no degradables son un grave problema, se está trabajando en la creación de difusores de material degradable, como es la celulosa o la caña de azúcar.

Entrevista 2

Presentación: Dr. Raimundo Cabrera Pérez, profesor en la Universidad de La Laguna, Departamento de Botánica, Ecología y Fisiología Vegetal, autor de numerosos artículos científicos y, junto Luis Vicedo Peinado, inventor de la trampa móvil.

Ideas relevantes: La trampa móvil tiene el beneficio de que el agricultor puede desplazarla fácilmente en toda su área de cultivo. Pues, gracias a las rampas que presenta a cada uno de los lados, puede ser alojada encima del suelo sin necesidad de ser enterrada, lo que facilita su manejo y supone un ahorro de mano de obra. Sin embargo, su precio en el mercado es de 16 €, una diferencia considerable frente a la trampa de doble maceta cuyo coste es de 7€.

Otro beneficio a considerar es la estructura de la trampa, que le permite a otros animales que hayan entrado por equivocación, salir de la misma sin que esto les suponga ningún riesgo. De tal manera, también es posible que los demás animales depredadores del picudo negro frecuenten los alrededores de las trampas, debido a la alta fluctuación del mismo por la zona. Esto puede ser un motivo por el cual, en algunos casos, el número de capturas descienda de manera considerable.

Entrevista 3

Presentación: Don Francisco Javier García Lázaro, dueño de la Ecofinca Platanológico en Puerto Naos, La Palma. Su finca se basa en el cultivo sostenible del plátano, empleando para su desarrollo y mantenimiento, principalmente, los recursos disponibles en la isla.

Ideas relevantes: Su finca existe desde hace 10 años, surgiendo a partir de un cultivo tradicional de plátanos, que con el paso de los años se ha convertido en un, cómo él lo llama, bosque comestible. Durante todo este periodo, no ha tenido problemas con *Cosmopolites sordidus*, regularmente coloca trampas de feromonas a lo largo de la finca con el fin de muestrear la plaga. Sin embargo, nunca ha conseguido capturar ningún ejemplar, ni tampoco ha detectado daños originados por él mismo.

En su opinión, el motivo por el cual el picudo negro de la platanera está ausente en esta finca ecológica, puede ser el complejo ecosistema que se ha generado en el terreno y la gran biodiversidad que se desarrolla en la finca.

Pues, en toda su extensión crecen, además de plataneras, plantas muy variadas como pueden ser *Ricinus communis*, *Stevia rebaudiana*, *Brassica oleracea* var. *italica* y *Asclepias* spp., que son el hogar y alimento para una diversa entomofauna auxiliar como, por ejemplo, mariposas, mariquitas, abejas... De tal manera, muchos de los insectos que se consideran plagas, por los daños que pueden llegar a ocasionar en la platanera, son controlados de manera natural por sus depredadores naturales, que se establecen de manera permanente en la finca, gracias al agroecosistema existente. Asimismo, estas plantas son un atractivo alimenticio para las plagas, evitando así daños en la platanera.

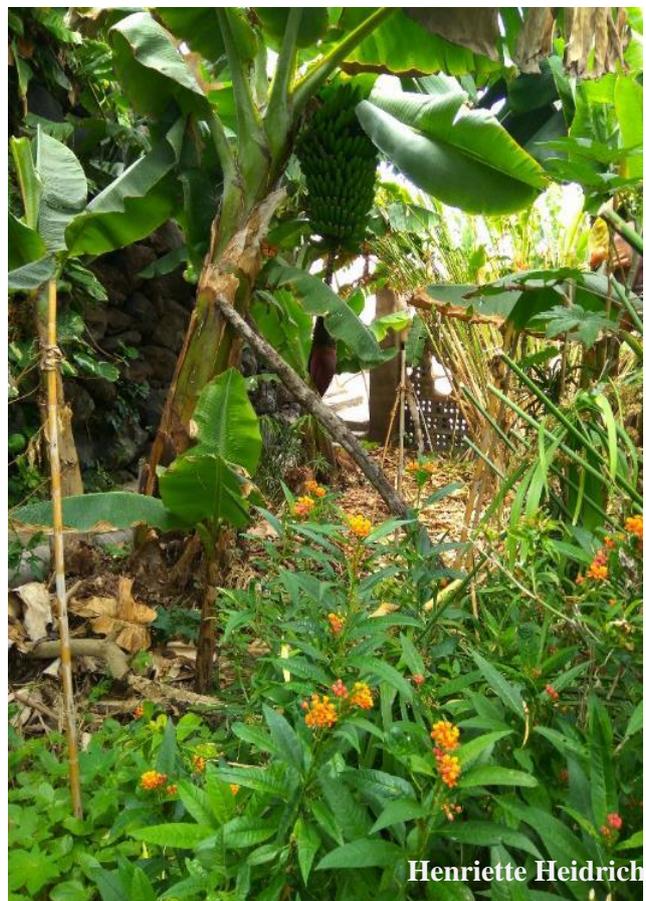


Figura 10. Agroecosistema en la Finca Platanológico. Entre plataneras también se encuentran *Asclepias* spp. y *Ricinus communis*, entre otras.

Además, los enemigos naturales de las plagas, se pueden emplear diversos métodos caseros y ecológicos para el control de las mismas. En la Ecofinca Platanológico, en los primeros años se presentaron poblaciones elevadas de moscas blancas en el cultivo, por lo que era necesario aplicar algún tratamiento para disminuir las poblaciones. En este caso, durante los dos primeros años, las hojas de las plataneras infectadas se lavaron con una mezcla de jabón potásico y un

macerado de ajo casero, y en el año consiguiente, exclusivamente con agua para retirar el insecto de las hojas. Desde entonces, las poblaciones de mosca blanca en la finca son tan reducidas que no ocasionan daños significativos al cultivo, gracias al agroecosistema establecido.

4. Propuestas para el futuro

Hoy en día, existen numerosas enfermedades y patógenos que afectan a las plantas, e ideas para poder combatirlos. Sin embargo, en la práctica estas propuestas presentan sus limitaciones, pues, en el caso de los productos químicos, estos suponen un riesgo para la salud humana y el medio ambiente. Asimismo, los métodos de controles biológicos también tienen sus desventajas, como es el elevado precio de los productos, la mano de obra... Es por ello, por lo que en la actualidad se están estudiando nuevas técnicas para reducir las pérdidas producidas por patógenos como *Cosmopolites sordidus*.

En 2018, Ghag y Ganapathi estudiaron la posibilidad de modificar el RNA de interferencia (RNAi) de la platanera para generar plantas más resistentes a las plagas. El RNAi es una secuencia de RNA capaz de silenciar secuencias de genes, que se encuentra de manera natural como mecanismo de defensa antiviral en las plantas. Las plagas y las plantas interactúan, por lo que es posible modificar genéticamente las plantas, de manera que sean capaces de expresar el constructo de RNAi en los transcriptos del patógeno, y así silenciar los genes responsables del crecimiento, desarrollo y patogenicidad de la plaga.

Por el momento, no hay estudios en campo suficientes para demostrar la efectividad del RNAi contra el picudo negro de la platanera. Sin embargo, en estudios in vitro se ha visto una gran reducción del crecimiento larvario y una mortalidad del 100% a los 21 días del tratamiento.

Por otro lado, en Camerún, los agricultores apuestan por el empleo de cenizas de plantas de caucho combinadas con terbufos, un organofosforado con actividad insecticida y nematicida, como tratamiento a las semillas de platanera para proteger a los retoños del picudo de la platanera, además de estimular el crecimiento de las plantas. Por ello, Okolle y colaboradores (2018), estudiaron en laboratorio y en campo, la eficacia de un pesticida botánico bioestimulante, en este caso las cenizas de madera combinada y la ceniza de los restos de manojo de palma, en combinación con un insecticida sintético convencional, el terbufos, como tratamiento aplicado en las semillas de platanera para controlar *C. sordidus* y estimular el crecimiento de estas.

Los tratamientos empleados fueron 5 g. de cenizas + 5 g. de terbufos, 10 g. de cenizas y 10 g. de terbufos, 30 g. de cenizas + 30 g. de terbufos, solo 20 g. de cenizas, y solo 20 g. de terbufos. Los resultados demostraron que los tratamientos con terbufos produjeron una mortalidad más elevada, mayor repulsión y menor número de larvas en el cormo, frente a los demás tratamientos. También, los tratamientos combinados de cenizas y terbufos consiguieron resultados significativos. Sin embargo, el tratamiento exclusivo de cenizas no se mostró ningún efecto de mortalidad sobre los insectos. Este experimento puede ser una base para posteriores orientados al empleo de materias combinadas para combatir *Cosmopolites sordidus*.

DISCUSIÓN

Tras estudiar las distintas estrategias empleadas a lo largo de los años para combatir *Cosmopolites sordidus*, cabe destacar que la elección de una estrategia u otra depende de varios factores, ya sea la finalidad del cultivo, es decir, si se trata de un cultivo comercial o para el consumo privado, la disponibilidad de mano de obra, los costes de los productos...

En Canarias, predomina el trapeo masivo mediante el uso de feromonas de agregación, en este caso la sordidina, destacando Cosmolure® como casa comercial más efectiva (Perera *et al.*, 2018). Pues, el número de capturas con este tipo de trampas es más elevado que el obtenido con las trampas tradicionales de tejidos vegetales de la platanera (De Graaf *et al.*, 2005). Asimismo, son de importancia para el mayor número de capturas de picudo, las características físicas de las trampas, obteniendo mejores resultados con trampas de tonalidades marrones (Reddy *et al.*, 2010), no obstante, no se encuentra bibliografía en la que se sigan empleando trampas con esta característica. Sin embargo, existen diversos inconvenientes en esta estrategia de control, puesto que, además de los costes y la mano de obra que supone este tipo de control, existen diversos factores que influyen en la efectividad de la trampa que aún no son posibles de controlar, como por ejemplo el tiempo de difusión de la feromona, por lo que se hace imprescindible la investigación y el estudio en este campo.

Actualmente, a nivel mundial, también cobra importancia el control biológico en el manejo de la plaga, a pesar de ello, los estudios realizados en este campo únicamente tuvieron éxito en condiciones de laboratorio. No obstante, dada la situación que se presenta con el control químico, los riesgos que supone para el ser humano y el medioambiente, además de la legislación vigente, se hace necesario desarrollar métodos compatibles con la agricultura sostenible (Nogueroles *et al.*, 2014).

CONCLUSIONES

1. *Cosmopolites sordidus*, una de las plagas más dañinas de la platanera, puede llegar a causar pérdidas de más del 40% de la cosecha.
2. En España, el Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente antepone los métodos biológicos, biotecnológicos, culturales y físicos a los métodos químicos para el control de plagas.
3. La casa comercial de feromonas más efectiva es Cosmolure®.
4. *Beauveria bassiana* es capaz de controlar *Cosmopolites sordidus* en condiciones de laboratorio.

CONCLUSIONS

1. *Cosmopolites sordidus*, one of the most damaging pests of the banana tree, can cause losses of more than 40% of the crop.
2. In Spain, the Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente puts biological, biotechnological, cultural and physical methods before chemical methods for pest control.
3. The most effective commercial pheromone trading house is Cosmolure ®.
4. *Beauveria bassiana* is able to control *Cosmopolites sordidus* under laboratory conditions.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AgricheBio (2011). *NATURALIS® -L. Beauveria bassiana* ATCC 74040. Agrichem S.A. Recuperado de: <http://agrighbio.com/wp-content/uploads/2016/12/NATURALIS-folleto-web.pdf> [06.06.2019].
- Alpizar, M. D. & Rodríguez V. (2000). *Feromonas y otros atrayentes de insectos en los cultivos de Costa Rica*. Guápiles, Costa Rica. Ministerio de Agricultura y Ganadería. S.p.
- Alpizar, M. D., Fallas, M., Oehlschlager, A. C., & Gonzalez, L. M. (2012). *Management of Cosmopolites sordidus and Metamasius hemipterus in Banana by Pheromone-Based Mass Trapping*. Journal of Chemical Ecology, 38(3), 245–252. <https://doi.org/10.1007/s10886-012-0091-0> [30.04.2019]
- ASPROCAN, (2019). *Estadísticas de producción y comercialización de Plátano de Canarias*. Disponible en: <https://platanodecanarias.es/asprocan-pdc/cifras/> [22.04.2019]
- Beauhaire, J., Ducrot, D.G., Malosse, C., Rocaht, D., Ndiege, I.O., Otieno, D.O. (1995). *Identification and synthesis of sordidin, a male pheromone emitted by Cosmopolites sordidus*. Tetrahedron Letters, 36, 1043-1046.
- Briceño, A. J., y Ramírez, W. (2000). *Diagnóstico de insectos Coleoptera asociados a las plantaciones de plátano en el sur del Lago de Maracaibo- Venezuela*. Rev. Forest. Venez., 44, 93-99.
- Budenberg, W.J., Ndiege, L.O. & Karago, F.W. (1993). *Evidence for volatile male-produced pheromone in banana weevil Cosmopolites sordidus*. Journal of Chemical Ecology, 19, 1905-1915.
- Cabildo de Tenerife (2018). *Anexo I: tabla de fitosanitarios autorizados para plagas y enfermedades en platanera*. Recuperado de: https://agusalpalma.es/wp-content/uploads/2019/01/subt_48_Anexo-I-1.pdf [07.05.2019]
- Cabrera Pérez, R. (2007). *Desarrollo de estrategias de control contra el picudo negro de la platanera Cosmopolites sordidus*. Convenio Asprocan-FEU-ULL. 136 pp.
- Cabrera Pérez, R. (2016). *Control de picudo negro de la platanera con trampas de feromonas*. Revista Agropalca n° 32. EneroMarzo 2016. Recuperado de: <http://www.palca.es/REVISTA%20AGROPALCA%2032.pdf> [25.05.2019]
- Cabrera Pérez, R., Giménez Mariño, C., Perera González, S. & Martín Toledo, T. (2017). *Inoculación de hongos endófitos en platanera: capacidad de clonización y edecto en la producción*. AgroCabildo, Cabildo de Tenerife. Recuperado de: http://www.agrocabildo.org/publica/Publicaciones/agec_630_hongos.pdf [26.05.2019]
- Castillo, Z. S. (2006). *Uso de Metarhizium anisopliae para el control biológico del salivazo (Aeneolamia spp. y Prosapia spp.) en pastizales de Brachiaria decumbens en El Petén, Guatemala*. [Tesis]. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 78p.
- Castrillón Arias, C. (2004). *Situación actual del picudo negro del banano (Cosmopolites sordidus Germar) (Coleoptera: 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.
- Cisneros, F. H. (2014a). *Control Cultural de Plagas*. AgriFoodGateway. Recuperado de: <https://hortintl.cals.ncsu.edu/sites/default/files/articles/control-cultural-de-plagas.pdf> [25.04.2019]
- Cisneros, F. H. (2014b). *Control Etológico*. AgriFoodGateway. Recuperado de: <https://hortintl.cals.ncsu.edu/sites/default/files/articles/control-etologico-de-plagas.pdf> [25.04.2019]

Cubillo, D., Laprade, S. & Vargas, R. (2001). *Manual técnico para el manejo integrado de insectos plaga del cultivo de banano*. Corporación Bananera Nacional San José – Costa Rica. 11 pp.

De Graaf, J., Govender, P., Schoeman, A. S. & Viljoen, A. (2005). *Efficacy of pseudostem and pheromone seasonal trapping of the banana weevil *Cosmopolites sordidus* in South Africa*. International Journal of Pest Management, 51:3, 209-218, DOI: [10.1080/09670870500228529](https://doi.org/10.1080/09670870500228529) [19.04.2019]

ECONEX, Feromonas y trampas. Recuperado de: <https://www.e-econex.net/es/para-plagas-agricolas/econex-cosmopolites-sordidus-90-dias-218.html> [19.05.2019]

FAO, (2004). *La economía mundial del banano 1985-2002*. ISBN 92-5-305057-8. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/y5102s/y5102s03.htm> [02.06.2019]

Fernández Gaitán, C. E. & Paico Marín, S. R. (2018). *Concentración mínima efectiva del entomopatógeno *Beauveria bassiana* expuesta a radiación UV-C sobre *Spodoptera frugiperda* y *Cosmopolites sordidus**. Tesis. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Flint, M. L. & Dreistadt, S. H. (1998). *Natural Enemies Handbook: The Illustrated Guide to Biological Pest Control*. University of California Press. ISBN 978-0-520-21801-7

Florido de la Nuez, C., & Carmona de Hanlon, E. (2001). Principales cultivos de exportación de Canarias. Boletín Económico De ICE, 1 (2713). Recuperado de: https://www.gevic.net/info/contenidos/mostrar_contenidos.php?idcomarca=1&idcon=831&idcap=206&idcat=21 [02.06.2019]

García Medina S. & Suárez Bordón S., (2012). *El picudo de la platanera*. Granja Agrícola Experimental. Pág. 59-61. Recuperado de: <http://anuariosatlanticos.casadecolon.com/index.php/GRANJA/article/view/9855/9350> [23.03.2019]

Ghag, S. B. & Ganapathi, T. R. (2019). *RNAi – mediated protection against banana diseases and pests*. Springer, 3 Biotech, 9:112. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13205-019-1650-7> [19.04.2019]

Gold, C.S. & Messiaen, S. (2000). *El picudo negro del banano *Cosmopolites sordidus**. Plagas de Musa. Hoja Divulgativa N° 4. Oct. 2000. INIBAP. Recuperado de: https://www.bioversityinternational.org/fileadmin/migrated/uploads/tx_news/The_banana_weevil_Cosmopolites_sordidus_696_ES.pdf [25.04.2019]

Gold, C.S., Pena, J. E., & Karamura, E. B. (2001). *Biology and integrated pest management for the banana weevil, *Cosmopolites sordidus* (Germar) (Coleoptera: Curculionidae)*. Int. Pest Manag. Rev 6:79-155.

Gómez-Clemente, F. (1947). *El picudo de la platanera (*Cosmopolites sordidus* Germar)*. Boletín de Patología Vegetal y Entomología Agrícola, 15:311-332.

Griffin, C. T., Boemare, N. E., Lewis, E. E., (2005). *Biology and behaviour*, pp. 47-64. En: Grewal, P. S., Ehlers, R. U. Capítulo 2: *Nematodes as biocontrol agents*. Shapiro-Ilan, D.I. Eds.

Guzmán Agurto, C. D. (2019). *Alternativas para el control de picudo negro (*Cosmopolites sordidus* G.) en el cultivo de banano convencional*. Trabajo de Titulación. Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias. Universidad Técnica de Machala.

Guzmán Larralde, A., González Hernández, A., Ángel Sahagún, C. A., Guigón López, C., Chavarín Palacio, C., et al. (2015). *Casos de Control Biológico en México*, Vol. 2. Cap. 14., 311-337 pp. Biblioteca Básica de Agricultura. Colegio de Postgraduados. ISBN: 978-607-715-258-3

- Hernández, M. & Díaz, S. (1993). *El picudo de la platanera*. Canarias Agraria, 22 pp.
- Hölscher, D., Dhakshinamoorthy, S., Alexandrov, T., Becker, M., Bretschneider, T. *et al.* (2014). *Phenalenone-type phytoalexins mediate resistance of banana plants (Musa spp.) to the burrowing nematode Radopholus similis*. Proceedings of the National Academy of Sciences, 111 (1), 105–110. <https://doi.org/10.1073/pnas.1314168110>
- López-Cepero, J., Puerta, M. & Rodríguez-Romero, A.S. (2006). *Factores limitantes de la producción de plátano ecológico en las Islas Canarias*. VII Congreso SEAE Zaragoza 2006. N° 78
- López-Cepero, J. & Puerta, M. (2014). *Manejo de plagas del suelo*. Nota Técnica de Coplaca OPP. Coplaca Santa Cruz de Tenerife. Recuperado de: https://www.researchgate.net/profile/Javier_Lopez-Cepero/publication/265345979_Manejo_de_Plagas_del_Suelo_en_Platanera-Banana_soil_pests_management/links/54097f290cf2187a6a6ecdaf/Manejo-de-Plagas-del-Suelo-en-Platanera-Banana-soil-pests-management.pdf [10.05.2019]
- Machungo, C, Losenge, T., Kahangi, E., Coyne, D., Dubois, T. & Kimenju, J. (2009). *Effect of endophytic Fusarium oxysporum on growth of tissue-cultured banana plants*. African Journal of Horticultura Science 2:160-167.
- Mahr, D. L., Whitaker, P. & Ridgway, N.M. (2008). *Biological control of insects and mites: An introduction to beneficial natural enemies and their use in pest management*. N. Central Reg. Ext. Publ. 481. ISBN: 978-0-9801401-1-8
- Martínez-Santiago, M. (2007). *Dinámica poblacional de Cosmopolites sordidus (Germar, 1824) (Coleoptera: Dryophthoridae) en la isla de Tenerife*. TFC ULL Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria.
- Medina Ramírez, C. & Vallejo Espinosa, L. F. (2009). *Métodos de muestreo para evaluar poblaciones de picudos del plátano (Coleoptera: Curculionidae, Dryophthorinae) en el departamento de Caldas-Colombia*. Recuperado de: <https://camilomedina.files.wordpress.com/2010/03/metodos-de-muestreo-para-picudos-del-platano2.pdf> [14.05.2019]
- Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (2016). *Guía para la Gestión Integrada de Plagas para el cultivo de la platanera*. ISBN: 978-84-491-1462-5 Recuperado de: https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/sanidad-vegetal/guiagiplatanera_tcm30-57944.pdf [30.04.2019]
- Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, (2018). *Resolución de autorización excepcional para la comercialización y el uso de los productos fitosanitarios formulados a base de fostiazato 10% [GR] P/P como insecticida-nematicida contra el picudo negro (Cosmopolites sordidus) y contra nemátodos fitoparásitos (Pratylenchus sp.) en la platanera*. Recuperado de: <http://www.blogtecnicoasprocan.com/2018/05/autorizacion-excepcional-del-fostiazato.html> [28.05.2019]
- Ministerio de la Presidencia (2012). *Real Decreto 1311/2012, de 14 de septiembre, por el que se establece el marco de actuación para conseguir un uso sostenible de los productos fitosanitarios*. Boletín Oficial del Estado «BOE» núm. 223. Recuperado de: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2012-11605> [30.04.2019]
- Molina, D.M., Carnero, A., Padilla, A. & Fariña, J. (2007). *Ensayo de semicampo con diferentes organismos entomopatógenos para el control de picudo de la platanera*. Trabajo Fin de Carrera. Universidad de La Laguna.

Montesdeoca, M. M. (1998). *Empleo de la hormona de agregación Sordidin como método de captura y lucha contra Cosmopolites sordidus Germar (Coleoptera: Curculionidae)*. Proyecto Fin de Carrera de Ingeniero Agrónomo. Centro Superior de Ciencias Agrarias. Universidad de La Laguna.

Nogueroles Andreu, C., López-Cepero, J., Rodríguez Serrano, M. (2014). *Cultivo ecológico de la platanera*. Sociedad Española de Agricultura Ecológica (SEAE). Serie: Producción Vegetal Ecológica. ISBN: 978-84-942437-2-1

Nsemwa, L. T. H. (1991). *Problems of banana weevil and nematodes in the Southern Highlands of Tanzania*. Fruits, 46, 541-542.

Okolle, J. N, Mongyeh, E. & Ndamukong, K. J. (2015). *Effects of insecticides with different modes of action in the control of banana weevils (Cosmopolites sordidus) in Cameroon*. Journal of the Cameroon Academy of Sciences, 12(1), 49–62.

Padilla Cubas, A., Molina Suárez, D., de Haro Brito, G. & Carnero Hernández, A. (2010). *La técnica de solarización como medida de control del picudo de la platanera (Cosmopolites sordidus)*. Instituto Canario de Investigaciones Agrarias, ICIA, Proyecto Biomusa. Recuperado de: <https://www.icia.es/biomusa/es/jornadas-y-actividades/segundas-jornadas-de-transferencia-de-idi/4-de-octubre-de-2012-tercera-sesion/92-12-30-la-tecnica-de-solarizacion-como-medida-de-control-del-p/file> [09.06.2019].

Paparu, P., Dubois, T., Coyne, D. & Viljoen, A. (2009). *Dual inoculation of Fusarium oxysporum endophytes in banana: effect on plant colonization, growth and control of the root burrowing nematode and the banana weevil*. Biocontrol Science and Technology. 19: 639-655.

Perera González, S. & Molina, M. J. (2002). *Plagas y enfermedades de la platanera en Canarias y su control integrado*. Cooperativa Platanera de Canarias (Coplaca). 63 p. ISBN: 84-86890-04-7

Perera González, S., Suárez Encinoso, T., Padilla Cubas, M. A. & Carnero Hernández, A. (2011). *Evaluación de distintos métodos de aplicación de un formulado de Beauveria bassiana para el control del picudo de la platanera Cosmopolites sordidus en Tenerife (Islas Canarias)*. Publicaciones del Servicio Técnico de Agricultura y Desarrollo Rural del Cabildo Insular de Tenerife, 15 p. Recuperado de: http://www.agrocabildo.org/publica/Publicaciones/subt_384_Evaluacionpicudoplatanera.pdf [22.04.2019].

Perera González, S., Díaz González, Y. & Linares Quintero, A. M. (2018). *Estudio Comparativo de feromonas de picudo negro de la platanera (Cosmopolites sordidus)*. AgroCabildo, Cabildo de Tenerife. Recuperado de: http://www.agrocabildo.org/publica/Publicaciones/agec_666_picudo.pdf [19.04.2019].

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*. AgroCabildo, Cabildo de Tenerife. Recuperado de: http://www.agrocabildo.org/publicaciones_detalle.asp?id=617 [24.04.2019].

Ramos Cordero, C., Perera González, S., Del Pino Pérez, M., Fuentes Barrera, E., Rizza Hernández, R. & Hernández Suárez, E. (2015). *Platanera. Gestión Integrada de Plagas*. Recuperado de: <https://www.icia.es/biomusa/en/documentos/grupos-de-trabajo/canarias/115-gestion-integrada-plagas-platanera/file> [01.06.2019].

Reddy, G. V. P., Cruz, Z. T. & Guerrero, A. (2010). *Development of an Efficient Pheromone-Based Trapping Method for the Banana Root Borer Cosmopolites sordidus*. Journal of Chemical Ecology. 35 (1). 111-117.

Sifuentes Cruz, M. (2016). *Guía sobre Manejo Integrado de Plagas - Control Etológico*. PSI SIERRA. Recuperado en: http://www.psi.gob.pe/wp-content/uploads/2016/03/Control_etologico.pdf [28.04.2019].

Stadler, T. (1993). *Guía de productos fitosanitarios para la República Argentina*. Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes, República Argentina. 1167 pp. Recuperado de: <https://www.mendoza.conicet.gov.ar/portal/enciclopedia/terminos/ProducFito.htm> [03.05.2019].

Tazán, L. (2003). *El cultivo de plátanos en el Ecuador: Características vegetativas y de producción de algunos cultivares e híbridos de plátano*. Editorial raíces. Guayaquil, Ecuador, 72 p.

Tinzaara, W., Gold, C.S., Dicke, M., Huis, A. van, Nankinga, C.M., Kagezi, G.H. & 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. Volumen 17 (1-2) p. 111-124.

Valenzuela, L. (2002). *Microorganismos entomopatógenos. Su uso en el control biológico de plagas de insectos*. Tesis, Universidad Autónoma de Chapingo, Dirección General de Patronato Universitario, Ciudad de Mexico.

Velázquez Barrera, M.C., Hernández Suárez, E., Carnero Hernández, A., Perera González, S. (2015). *Estudio comparativo de feromonas de picudo de la platanera (Cosmopolites sordidus) en Tenerife*. AgroCabilo, Cabilo de Tenerife. Recuperado de: http://www.agrocabilo.org/publicaciones_detalle.asp?id=565 [14.05.2019]