

# Capítulo III

Diagnóstico de limitantes sanitarias  
en el cultivo del plátano en Palermo,  
Santa María, Garzón y Timaná (Huila)



Edgar Herney Varón Devia, Eleonora Rodríguez Polanco, Ángela  
María Vargas Berdugo, Paula Andrea Bermeo Fúquene, Edinson  
Bayardo Parra Alferes, Edgar Mauricio Rico Sierra y Claudia  
Milena Flórez Cárdenas



## Introducción

En Colombia, la producción de plátano en 2021 alcanzó las 4.271.878 t; la mayor participación en la producción nacional se obtuvo en los departamentos de Arauca (20,8 %), Meta (9,5 %) y Antioquia (8,9 %) (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MADR], 2021). El departamento del Huila participó con el 2,43 % de la producción total, ubicándose como el quinto productor nacional, con 103.777 t cosechadas en 25.053 ha, con un rendimiento de 4,14 t/ha (Agronet, s.f.).

Una de las razones que explican el bajo rendimiento del cultivo (4,14 t/ha) en este departamento es que el plátano se encuentra establecido como acompañante del café, cultivo considerado como la actividad productiva principal y en el cual se realiza la mayor inversión económica en cuanto a la aplicación de tecnologías productivas [MADR], 2021). Lo mismo ocurre en otros departamentos productores (Cardona et al., 2017).

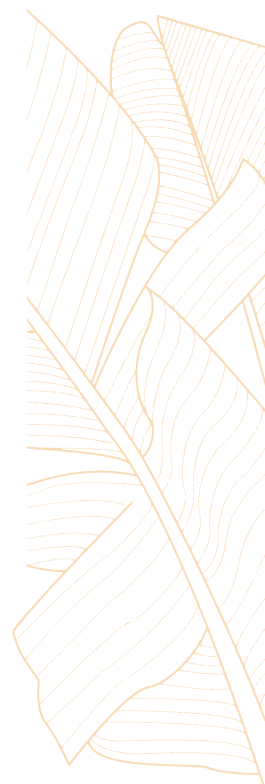
Entre las principales limitantes para la producción de plátano en el país se encuentran las enfermedades de importancia económica, entre estas la mancha foliar de sigatoka (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet var. *difformis*), el mal de Panamá (*Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*), el Moko del plátano (*Ralstonia solanacearum* [E. F. Smith] raza 2), la pudrición acuosa del tallo o bacteriosis (*Dickeya chrysanthemi*) (Instituto Colombiano Agropecuario [ICA], 2012) y, más recientemente, el incremento en la elefantiasis, cuyo agente causal en banano fue identificado como *Candidatus Phytoplasma asteris* (Aliaga et al., 2018). El incremento en la severidad de las enfermedades puede llegar a ocasionar pérdidas considerables en producción o incluso la muerte de las plantas,

lo cual compromete la sostenibilidad del cultivo, si no se llevan a cabo adecuadamente las medidas fitosanitarias y un manejo integrado.

Por su parte, las principales plagas del plátano en Colombia son los picudos del plátano (*Cosmopolites sordidus*, *Metamasius hemipterus* y *M. hebetatus*) y los defoliadores *Opsiphanes* sp. (Lepidoptera: Brassolidae), *Ceramidia* sp. (Lepidoptera: Syntomidae) y *Oiketicus* sp. (Lepidoptera: Psychidae) (Yepes, 2008). Para el manejo de estos problemas sanitarios, se implementan medidas con tres pilares fundamentales: la prevención, el monitoreo y la intervención (ICA, 2012).

Es importante tener en cuenta que el sistema productivo de plátano se propaga de forma vegetativa (asexual), por medio de colinos, cormos, cepas o hijos. Estos métodos de propagación exigen contar con semilla de calidad genética, física, fisiológica y sanitaria para evitar la propagación de enfermedades y plagas como bacteriosis, Moko, picudo negro, gusano tornillo, entre otras, como lo evidencia la Resolución 3180 de 2009 del ICA, concerniente a la producción de material vegetal en el país (ICA, 2012). En este sentido, la correcta identificación de los problemas sanitarios ocasionados por plagas y enfermedades permite disminuir la propagación de material afectado por estas problemáticas.

En el cultivo de plátano, el diagnóstico de plagas y enfermedades permite respaldar la certificación de las exportaciones, realizar las inspecciones a las importaciones, establecer las medidas correctivas cuando se encuentra una plaga o enfermedad cuarentenaria, realizar la vigilancia de plagas y enfermedades y desarrollar programas de erradicación de plantas cuando sea necesario. “El diagnóstico de algunas plagas [y enfermedades] es particularmente difícil debido a la modernización de los conceptos taxonómicos y a que las oportunidades de diagnóstico que brindan las nuevas tecnologías no están disponibles en todo el mundo” (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2017, p. 157).





Para el sistema productivo de plátano en el departamento del Huila, la correcta identificación de las plagas y enfermedades presentes permite la apropiada adopción de estrategias para evitar su dispersión, disminuir su agresividad y realizar un manejo eficaz de estas, lo cual incrementa la competitividad económica, social y ambiental de un sistema productivo.

Dada la importancia del diagnóstico sanitario en la prevención y manejo de las problemáticas sanitarias, el proyecto “Desarrollo de modelo productivo de plátano con énfasis en material de propagación que atienda el problema de productividad y seguridad alimentaria derivadas de la emergencia causada por el covid-19 en el departamento del Huila” realizó esta actividad en campo en los municipios de Palermo, Santa María, Garzón y Timaná.

## Principal plaga limitante en plátano: picudos (Coleoptera: Dryophthoridae)

Las especies de la familia Dryophthoridae (orden Coleoptera) son denominadas “escarabajos picudos”, los cuales muestran varios tamaños y un pico largo, delgado y bien desarrollado, que en muchas especies puede ser tan largo como el resto del cuerpo (Arnett et al., 2022).

Los adultos de los picudos son robustos, muy fuertes, de forma oval, alargada y cilíndrica, generalmente de colores oscuros o vistosos, metálicos o iridiscentes, de longitud entre 1 y 3,5 cm. Las larvas son robustas y recurvadas, carecen de patas, aunque algunas especies pueden presentar almohadillas anchas en la parte ventral del tórax, y la cabeza es de color marrón oscuro, muy esclerosada (Coronado & Márquez, 1980).

Los picudos son insectos plaga de gran importancia para el cultivo del plátano, pues hay una sincronización temporal entre los estados de desarrollo de estos insectos y los del cultivo, además de que estos insectos tienen un alto potencial biológico (Sánchez Bernal & Vallejo Espinosa, 2010).

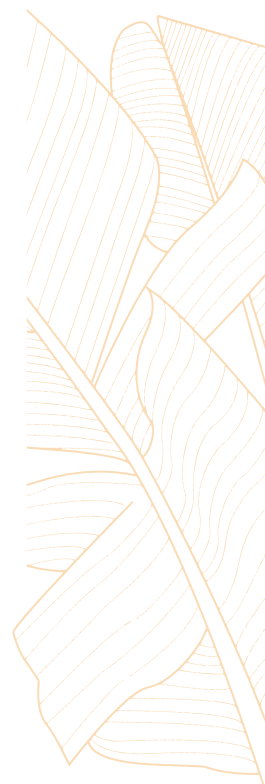
Las larvas de la mayoría de las especies de picudos viven dentro de su planta hospedante utilizando el material como alimento, como cubierta o como espacio para su desarrollo. Muchas especies de importancia económica utilizan las raíces, semillas, frutos y hojas. Los hábitos de las larvas pueden diferir mucho en relación con sus adultos. En algunos casos, los adultos no se alimentan (Sánchez Bernal & Vallejo Espinosa, 2010).

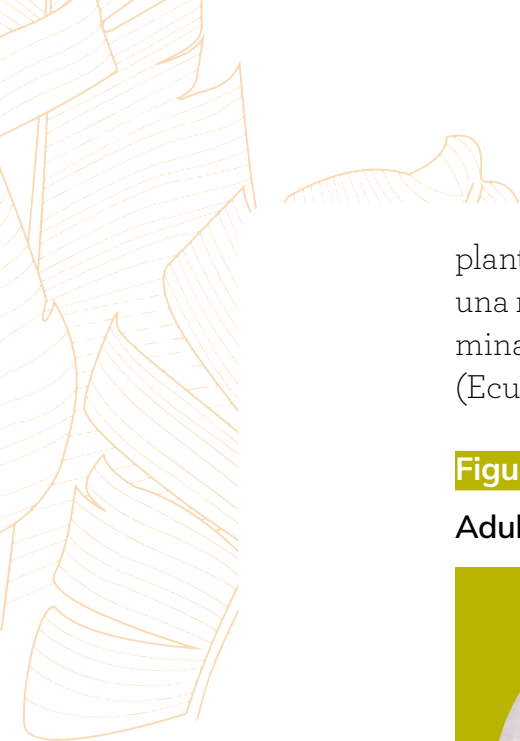
En Colombia se han encontrado seis especies asociadas a musáceas: *Cosmopolites sordidus* (Germar, 1824), *Metamasius hemipterus* (Linnaeus, 1758), *M. hebetatus* (Gyllenhal, 1838), *M. submaculatus* (Champion, 1910), *Rhynchophorus palmarum* (Linnaeus, 1758) y *Polytus mellerborgii* (Boheman, 1838) (Sepúlveda-Cano & Rubio-Gómez, 2009). Sin embargo, los principales picudos considerados como plaga en Colombia son el picudo negro (*C. sordidus* Germar), el picudo rayado (*M. hemipterus* L.) y el picudo amarillo (*M. hebetatus* Gyllenhal) (Coleoptera: Dryophthoridae) (ICA, 2012).

### **Picudo negro del plátano (*Cosmopolites sordidus* Germar)**

Es un escarabajo de la familia Dryophthoridae que afecta a los plátanos y bananos. Se considera una de las plagas más importantes de estos dos cultivos (Gold et al., 2005). Su origen, así como el de las musáceas, está en el suroeste de Asia, donde no se considera un problema crítico por la presencia de controladores naturales (Abera-Kalibata et al., 2006). La pérdida de producción causada por el picudo negro puede llegar al 90 % de la cosecha, debido al deterioro de la plantación por volcamiento (Armendáriz et al., 2014) y a la pérdida de peso de los racimos producidos (EcuRed, 2020).

El picudo adulto es negro y mide de 10 a 15 mm. “La especie presenta un comportamiento críptico, ya que los adultos tienen una actividad nocturna, permaneciendo ocultos de día en la vegetación” (Armendáriz et al., 2014, p. 320) (figura 3.1). Es común encontrarlos entre las vainas foliares, en el suelo o en la base de la





planta de plátano, asociados con los residuos del cultivo. Tienen una movilidad baja, ya que los adultos raramente vuelan. La disseminación ocurre principalmente a través del material infestado (EcuRed, 2020).

**Figura 3.1.**

**Adultos de picudo negro (*C. sordidus*).**



Fotos: Edgar Varón

Los daños en el plátano son producidos por las larvas del picudo al abrir galerías de 6 a 8 mm de diámetro en el rizoma, el tallo y el falso tallo. Las galerías “interfieren con la iniciación de raíces, [atrofian] las raíces existentes, limitan la absorción de nutrientes, reducen el vigor de las plantas, demoran la floración y aumentan la susceptibilidad a plagas y enfermedades” (Gold & Messiaen, 2000, citados por Armendáriz et al., 2014, p. 13).

Además de estos daños, la hembra adulta pone sus huevos en los hoyos excavados por su pico. La mayoría de los huevos se ponen entre las vainas foliares y en la superficie del rizoma. El periodo de tiempo de huevo a adulto puede tomar de 5 a 7 semanas (EcuRed, 2020).

**Características del daño:** en el caso de *C. sordidus*, en plantaciones nuevas las larvas hacen túneles en la semilla, lo que ocasiona retraso o pérdida de la emergencia del cultivo, amarillamiento y

enanismo de la planta. En plantaciones establecidas, las larvas producen túneles en la periferia del cormo y provocan su pudrición, amarillamiento de las hojas, reducción del vigor y caída de la planta. Algunas veces, esto causa esterilidad (Quijije, 2003).

### **Picudo grande o rayado del plátano (*Metamasius hemipterus* L.)**

Por lo general, este insecto plaga es secundario, dándose su presencia en plantaciones en mal estado, con desbalances o deficiencias nutricionales, especialmente en potasio y boro. Su presencia también está relacionada con plantas en las que no se realiza el destronque inmediato y en cultivos donde no se pican los residuos en el momento de la cosecha. *M. hemipterus* está distribuido en todas las zonas plataneras del país.

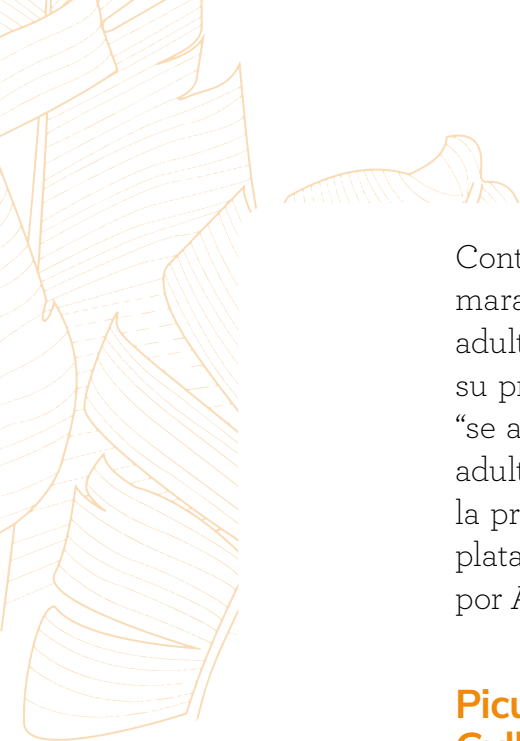
El adulto de *M. hemipterus* presenta tres manchas negras en el tórax, una central alargada que lo atraviesa y dos paralelas a esta, a lado y lado, pero de menor longitud. Los élitros son rojizos con manchas negras irregulares que se unen hacia la parte posterior del cuerpo. (Aranzazu et al., 2005) (Figura 3.2)

**Figura 3.2.**

**Adultos de picudo rayado (*M. hemipterus*).**



Fotos: Edgar Varón y Claudia Flórez



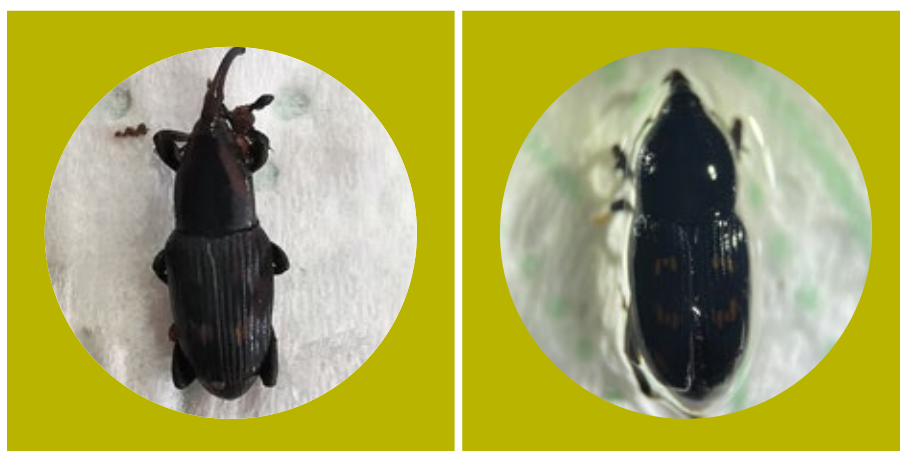
Contrario al picudo negro, el picudo rayado construye una cámara pupal con hojas y pedazos de pseudotallo y emerge como adulto después de 11 a 25 días (González Cardona et al., 2009); su presencia es más visible que la del picudo negro. Sus larvas “se alimentan principalmente de material vegetal cortado, y los adultos acuden a los cortes de racimos cosechados. Sin embargo, la presencia de esta especie no suele ocasionar daños, salvo en plataneras enfermas o debilitadas” (Jiménez et al., 2012, citados por Armendáriz et al., 2016, p. 320).

### **Picudo amarillo (*Metamasius hebetatus* Gyllenhal)**

En los adultos de *M. hebetatus* solo se observan dos manchas semicirculares pequeñas en los élitros (figura 3.3), y los adultos se encuentran congregados debajo de las calcetas o yaguas, en lugares húmedos y oscuros. *M. hebetatus* fue inicialmente detectado en Nariño y posteriormente se diseminó en la zona cafetera (ICA, 2012).

**Figura 3.3.**

**Adultos de picudo amarillo (*M. hebetatus*).**



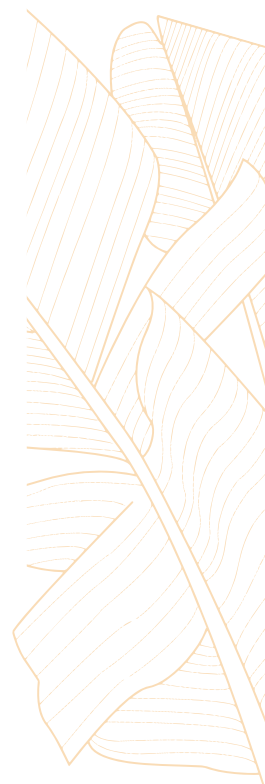
**Fotos:** Edgar Varón y Claudia Flórez

## Principales enfermedades limitantes en plátano

Las principales enfermedades reportadas en el cultivo de plátano son virus, bacterias (Moko y pudrición del pseudotallo o bacteriosis), hongos (marchitamiento vascular, sigatoka negra y sigatoka amarilla) y la elefantiasis (Adegbola et al., 2013; Bolaños et al., 2020; Cardona et al., 2017; Kumar et al., 2015).

### Bacterias

De las enfermedades de origen bacteriano, el Moko es la más limitante. Esta enfermedad, causada por la bacteria *Ralstonia solanacearum* (*Rsol*), puede causar pérdidas hasta del 100 % de la producción (Drenth & Kema, 2021). Se propaga por material reproductivo infectado, raíces enfermas, suelo y por falta de desinfección de las herramientas y el agua (Arcila Pulgarín et al., 1999). En la sintomatología se incluyen las hojas secas y necrosis interna en los frutos de los racimos, que pueden presentar exudado (figura 3.4). El Moko de plátano o maduraviche, causado por la bacteria *R. solanacearum* raza 2, filotipo II, secuevares 3, 4 y 6, es una de las enfermedades más limitantes en la producción de todas las variedades de plátano y banano en las diferentes regiones tropicales y subtropicales del mundo. La enfermedad compromete de forma directa la rentabilidad del cultivo al afectar el desarrollo y la calidad del racimo, debido a que su control incrementa en gran medida los costos de manejo relacionados con la aplicación de medidas para su contención y erradicación. Las pérdidas generadas por el Moko pueden ser totales al causar la muerte de las plantas (ICA, 2021).



**Figura 3.4.**

Síntomas asociados a la presencia de *R. solanacearum*. a. Fruto con síntomas avanzados de moko; b. Pseudotallo con síntomas de Moko; c. Marchitamiento de la planta asociada a Moko.



Fotos: Mauricio Rico Sierra

La pudrición acuosa es una enfermedad endémica causada por la bacteria *Dickeya chrysanthemi*, que se favorece en condiciones de falta de agua en el suelo, suelos con baja fertilidad, falta de fertilización en el cultivo y el ataque del picudo amarillo (Alarcón Restrepo & Jimenez Neira, 2012). La enfermedad se presenta en el pseudotallo, con manchas de color marrón, abundante exudado acuoso y olor fétido (Alarcón Restrepo & Jimenez Neira, 2012) (figura 3.5). En estados avanzados de la enfermedad, el pseudotallo puede doblarse por causa del peso del racimo (Arcila Pulgarín et al., 1999; Bolaños et al., 2020).

**Figura 3.5.**

Síntomas asociados a otras bacteriosis. a. Marchitamiento de la planta; b. Manchas acuosas de color marrón en el pseudotallo.



Fotos: Mauricio Rico Sierra

## Hongos

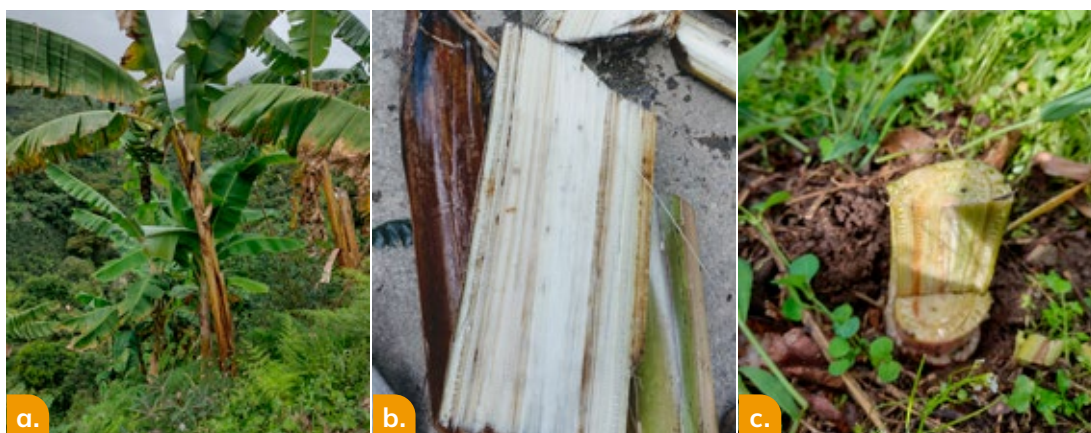
Las enfermedades de origen fúngico incluyen la sigatoka amarilla y negra. Esta enfermedad es la que afecta más cultivos de plátano. Inicialmente, se presentan manchas amarillas, las cuales se secan y provocan la muerte de la lámina foliar. Por su parte, la sigatoka negra presenta una considerable cantidad de manchas y rayas negras que se notan por debajo de las hojas, lo que permite el secamiento rápido y la muerte del tejido (ICA, 2016).

Otro de los hongos fitopatógenos con mayor importancia en el país es *Fusarium oxysporum*, el cual causa la marchitez vascular por *Fusarium* spp., o el mal de Panamá. Esta es una de las enfermedades más destructivas de las musáceas, debido a que puede habitar en el suelo por periodos largos de tiempo y, al infectar la planta, causa taponamiento de sus conductos (ICA, 2016) (figura 3.6). De este hongo se conocen cuatro razas, siendo las razas 1 (R1) y 4 (R4) las más devastadoras. La R1 fue la causante de destruir el banano Gross Michel durante el siglo XX, mientras que la R4T (tropical) afecta gravemente el material de banano Cavendish y

la especie de plátano (Dita et al., 2013). En Colombia, la enfermedad causada por *Foc R4T* fue reportada por primera vez en 2019 en una plantación de plátano var. Cavendish en La Guajira (ICA, 2019). Sin embargo, en plátano la marchitez por *Foc R4T* aún no se encuentra reportada.

**Figura 3.6.**

**Síntomas asociados a *Fusarium oxysporum*. a. Marchitez y clorosis en tejido foliar; b. Corte longitudinal del pseudotallo con coloración rojiza en los haces vasculares; c. Corte transversal del pseudotallo con coloración rojiza en los haces vasculares.**



Fotos: Eleonora Rodríguez Polanco

## Elefantiasis

La elefantiasis, enfermedad que se da principalmente en banana, ha sido asociada a la presencia del fitoplasma *Candidatus Phytoplasma asteris* (Aliaga et al., 2018). Los síntomas se observan como un sobrecrecimiento en la unión del pseudotallo y el rizoma, lo cual genera rupturas longitudinales y transversales en esta zona que hacen que el rizoma se desarrolle de forma cónica, y esto conlleva al colapso o caída de la planta. Se observan también peciolo rígidos y reducción en el tamaño del fruto. En los hijuelos de la planta enferma se presentan puntas necróticas que limitan el desarrollo de la planta (figura 3.7). En el Huila cobra cada vez más importancia debido a su rápida diseminación y difícil manejo (ICA, 2022).

**Figura 3.7.**

Síntomas asociados a la presencia de la elefantiasis. a. Sobrecrecimiento en la unión del pseudotallo y el rizoma; b. Ruptura longitudinal y transversal en la unión del pseudotallo y el rizoma; c. Hijuelos con puntas necróticas.



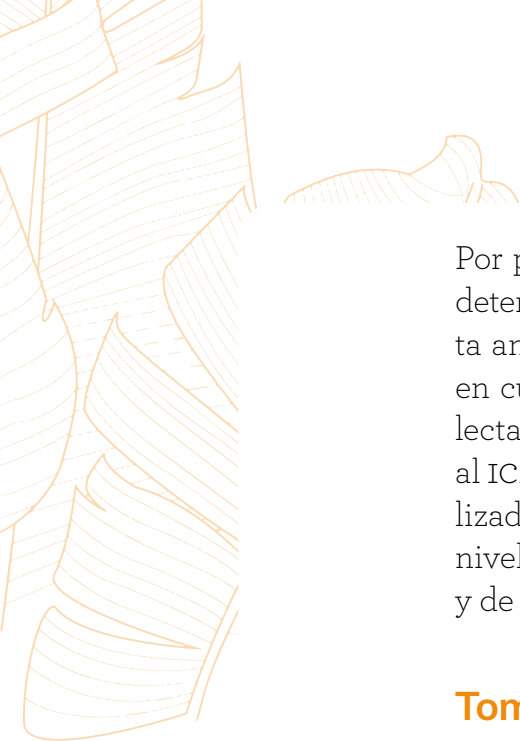
Fotos: Eleonora Rodríguez Polanco

## Metodología para el diagnóstico de plagas limitantes en la zona de estudio

Se evaluó la presencia de picudos y sus daños asociados, dado que, según encuestas previas realizadas a los agricultores, fueron la principal plaga del plátano en la zona de estudio. Para ello, se llevó a cabo el siguiente proceso.

### Muestreo para el diagnóstico de plagas

Se muestrearon 73 predios de fincas comerciales de plátano seleccionadas dentro de los cuatro núcleos de trabajo del proyecto, distribuidas de la siguiente manera: Garzón: 21 fincas; Santa María: 18 fincas; Timaná: 19 fincas; Palermo: 15 fincas. En cada una se realizó una descripción sintomática del estado fitosanitario en campo relacionada con la posible presencia de picudos, buscando sintomatologías como debilidad general en las plantas, amariamiento, marchitamiento, reducción en el crecimiento (enanismo), tallos delgados y poca emisión de colinos.



Por predio se muestrearon entre 7 y 10 plantas, en las cuales se determinó la sintomatología de daño asociada a picudos (descrita anteriormente) o la presencia física de individuos de picudos en cualquiera de sus estados. Durante estos muestreos se recolectaron individuos adultos con el fin de enviar algunos de ellos al ICA para su identificación. La información recolectada fue analizada por medio de estadística descriptiva para determinar los niveles de incidencia de las especies de picudo en los municipios, y de picudos en general por cada finca.

### **Toma de muestras de material afectado**

Con el apoyo del agricultor, se recolectaron algunas muestras de pseudotallo y rizoma o cormo de algunas plantas con síntomas de afección por picudos; estas muestras fueron cortadas en la zona de diámetro máximo del pseudotallo. Además, se tomó evidencia fotográfica de las características de las muestras. Las plantas muestreadas fueron georreferenciadas, y las muestras fueron almacenadas y etiquetadas con el nombre de la finca y el código de la planta muestreada. Este material se trasladó al C. I. Nataima de AGROSAVIA (El Espinal, Tolima), para su procesamiento en laboratorio, con el fin de determinar la presencia de individuos de picudos en cualquiera de sus estados.

### **Procesamiento de muestras vegetales**

Las muestras vegetales recolectadas se clasificaron de acuerdo con la presencia de perforaciones, galerías y síntomas de pudrición, de acuerdo con Vélez (2011), a partir de Vilardebo (1973), y se disectaron en el laboratorio del C. I. Nataima con el fin de determinar la presencia de huevos, larvas, pupas o adultos de picudos. Esta información se registró en un formato en el que se relacionó el número encontrado de individuos de cada estado de desarrollo del insecto. Algunos estados inmaduros avanzados que se encontraron se mantuvieron en el cormo o el órgano vegetal respectivo, con el fin de obtener los adultos, para corroborar su identidad taxonómica en centros de diagnóstico vegetal del ICA y de la Colección Taxonómica Nacional de Insectos Luis María

Murillo (CTNI) de AGROSAVIA. Esto mismo se hizo con los individuos adultos que se encontraron en las muestras vegetales.

## Metodología para el diagnóstico de enfermedades limitantes en la zona de estudio

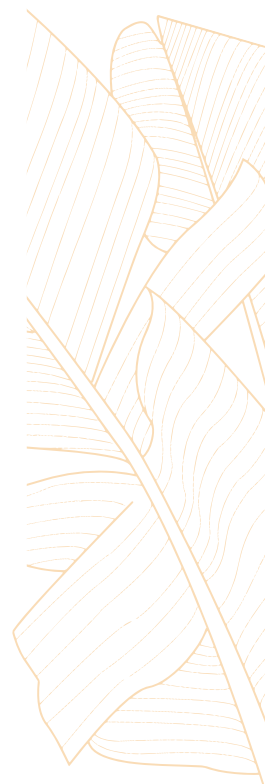
### Muestreo para el diagnóstico de enfermedades

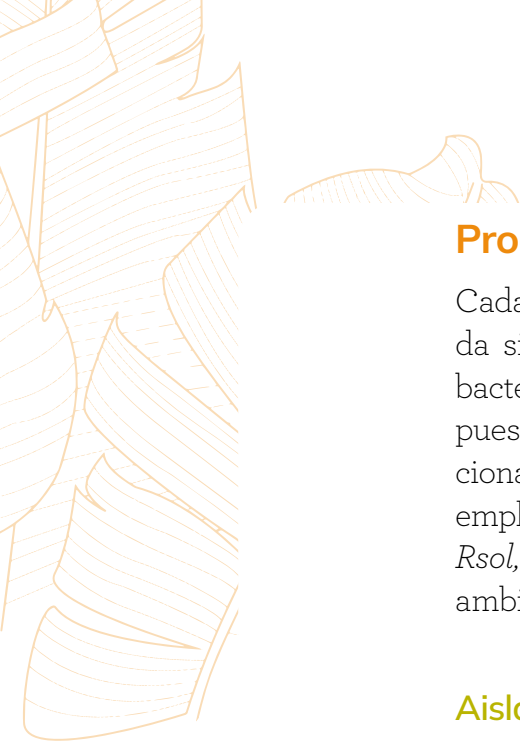
Se muestrearon 71 fincas comerciales de plátano seleccionadas dentro de los cuatro núcleos del proyecto, así: Garzón: 20 fincas; Santa María: 18 fincas; Timaná: 17 fincas; Palermo: 16 fincas. En el caso de Timaná, el muestreo fue realizado principalmente en plantaciones de banano. En cada una de estas fincas se hizo una descripción sintomática del estado fitosanitario en campo relacionada con la presencia o incidencia de enfermedades limitantes, como sigatoka y elefantiasis, de acuerdo con la presencia de síntomas visibles en campo. Para el caso de enfermedades como *Fusarium* y bacteriosis, se colectaron muestras de tejido vegetal de las plantas sintomáticas y se corroboró su diagnóstico en laboratorio. Los nematodos se identificaron en laboratorio a partir de muestras de 500 g de suelo obtenidas de plantas que evidenciaban algún síntoma asociado con una enfermedad de tipo biótico que afectaran el sistema conductor.

La incidencia de las enfermedades fue calculada, por municipio, con la siguiente fórmula:

$$\text{Incidencia} = \frac{\text{Fincas con presencia de la enfermedad en el municipio}}{\text{Total de fincas muestreadas en el municipio}} \times 100$$

La información recolectada se analizó por medio de estadística descriptiva, con un análisis de frecuencia, para determinar los niveles de incidencia de las enfermedades en cada municipio.





## Procesamiento de muestras vegetales

Cada muestra de tejido vegetal colectada en campo fue clasificada sintomáticamente para bacteriosis (*R. solanacearum* y otras bacterias) o marchitamiento vascular por *Fusarium* (*Foc*) y dispuesta dentro de bolsas de papel debidamente etiquetadas. Adicionalmente, para tejidos con síntomas asociados a bacteriosis, se empleó un medio líquido de preenriquecimiento específico para *Rsol*, donde 1 cm<sup>3</sup> de tejido sintomático se incubó a temperatura ambiente, conservándose así a 4 °C hasta el posterior aislamiento.

## Aislamiento e identificación de microorganismos asociados a bacteriosis

Para la identificación de bacteriosis, el medio líquido de preenriquecimiento se sembró por agotamiento en medio de cloruro de trifenil tetrazolio (TZC) y se sembró a una azada por duplicado para cada muestra. Por otro lado, a partir del material vegetal colectado, se seleccionó 1 cm<sup>3</sup> de tejido vascular afectado y se maceró con 1 mL de solución salina estéril, y posteriormente se sembró por agotamiento en medio TZC por duplicado para cada muestra. Las muestras fueron incubadas a temperatura ambiente por 24 h, y se seleccionaron las colonias con morfología asociada a *Rsol*: colonias blancas o con coloración rosada en el centro, de forma mucoide y borde irregular (Schaad et al., 2001).

Para la identificación de enterobacterias, a partir del material vegetal colectado, se seleccionó 1 cm<sup>3</sup> de tejido vascular afectado y se maceró con 1 mL de solución salina estéril; posteriormente, se sembró por agotamiento en medio agar nutritivo por duplicado para cada muestra, y se incubó en cámara de anaerobiosis a temperatura ambiente por 24 h, de donde se seleccionaron las colonias para sembrarlas en agar nutritivo.

## Detección molecular de los aislamientos de *R. solanacearum*

Con los aislamientos puros, se realizó Bio-PCR (Tran et al., 2016), para lo cual se tomó una colonia y se sembró en 500 µL de agua ultrapura; esta suspensión se incubó a 96 °C por 10 minutos.

Posteriormente, se centrifugó a 10.000 rpm por 10 minutos y se recuperó el sobrenadante para usarlo como template en la PCR con los *primers* 759-760 de Opina et al. (1997). Como detección positiva se tomó la observación de un amplicón de 260 pares de bases en gel de agarosa al 1,5 %. Para la detección de los filotipos de *Rsol* se emplearon los cebadores reportados por Fegan y Philippe (2005).

### Pruebas bioquímicas para enterobacterias

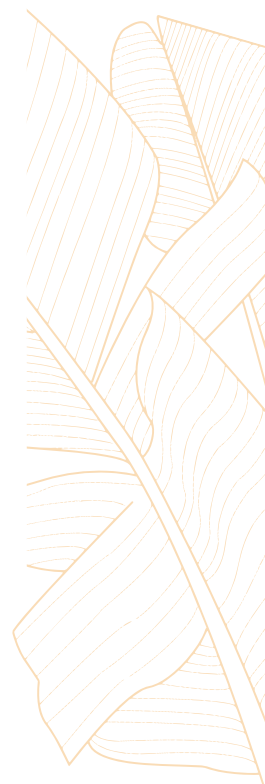
Para la selección de otras bacterias fitopatógenas asociadas a muestras sintomáticas, se emplearon las pruebas bioquímicas de catalasa, oxidasa, Gram y TSI, y se complementaron con 20 pruebas que permitieron determinar el perfil bioquímico de bacterias entéricas para corroborar su identificación a género dentro de la familia de enterobacteriaceae.

**Identificación de bacterias mediante secuenciación:** con el fin de identificar las enterobacterias aisladas incluyendo métodos moleculares, el fragmento de la región genómica diagnóstica 16S obtenido por PCR se secuenció empleando el método de Sanger. Las secuencias obtenidas fueron posteriormente procesadas empleando la herramienta Tracy. Finalmente, para la confirmación taxonómica de la muestra, se empleó el algoritmo heurístico BLAST, con la base de datos del National Center for Biotechnology Information (NCBI), para buscar y comparar secuencias similares a las obtenidas a partir de las muestras, y se analizaron las métricas de calidad de los alineamientos para realizar la correspondiente asignación.

### Aislamiento e identificación de microorganismos asociados a marchitez vascular *Foc*

#### Aislamiento de hongos asociados a la marchitez vascular

Por su parte, del material enfermo traído de campo se escogieron muestras en etapas intermedias de la lesión provocada por *Foc* para luego realizar un proceso convencional de desinfección: en condiciones de asepsia, los segmentos de pseudotallo parcialmente enfermos se cortaron en trozos de 0,25 cm<sup>2</sup>, y luego fueron lavados con hipoclorito de sodio al 2 % por 45 segundos y enjuagados





tres veces con agua destilada estéril (García-Bastidas et al., 2020). Los trozos se dejaron secar y luego fueron sembrados en medios de cultivo DRBC. La morfología de colonia de mayor frecuencia, obtenida cuatro días después, se llevó a cultivo puro en PDA.

#### **Detección molecular de los aislados de *Fusarium* spp.**

Se realizó detección molecular de cepas relacionadas con *Foc* mediante el uso de la metodología de PCR convencional con los *primers* SIX 9a, SIX 6b y SIX 1a, que amplifican para *Foc*, *Foc* R1 y *Foc* R4T, respectivamente (Carlvahais, 2019). Las concentraciones de los reactivos y las condiciones de PCR fueron realizadas de acuerdo con la metodología de Carlvahais et al. (2019). Posteriormente, se tomó un volumen de 10 µL de los productos de PCR para ser revelados mediante electroforesis en gel de agarosa al 1,5 %.

Se realizó un servicio de secuenciación tipo Sanger, con el fin de corroborar los resultados del diagnóstico en el laboratorio. La limpieza de las secuencias obtenidas y la generación de la secuencia consenso fueron realizadas con programas para estos propósitos. Finalmente, con el objetivo de encontrar el resultado a nivel de especie y forma especial, la secuencia consenso se llevó a la página del NCBI, donde se realizó el BLAST. Para la identificación, se tuvieron en cuenta características como el *e-value* y el porcentaje de cobertura.

## **Procesamiento de muestras de suelo**

### **Aislamiento e identificación de nematodos fitoparásitos**

Cada una de las muestras de suelo rizosférico colectada se depositó en una bolsa plástica de cierre hermético y se almacenó en cuarto frío, entre 15 a 18 °C, hasta su procesamiento en el laboratorio del C. I. Nataima.

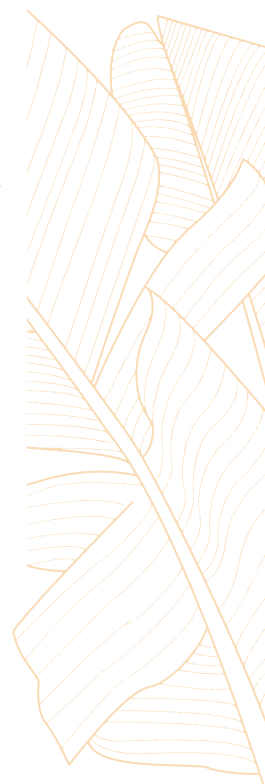
La extracción de nematodos se realizó siguiendo la metodología modificada de gradiente de sacarosa reportada por Rumiani, M., et al. (2023), como se describe a continuación: se pesaron y

homogeneizaron 100 g de suelo de cada muestra. Posteriormente, los 100 g se depositaron en un valde y se adicionó 1 L de agua potable. Se realizó una homogeneización manual para romper los fragmentos de suelo. Después de decantar la muestra por un lapso de 30 segundos a 1 minuto, el sobrenadante obtenido fue pasado inicialmente por un tamiz de 60 mesh y luego por otro de 500 mesh. Con un frasco lavador, se recolectó el suelo adherido al tamiz en un tubo plástico de centrífuga de 15 mL, el cual se llevó a centrifugación por 5 minutos, a 3.000 rpm, a temperatura ambiente. Se descartó el sobrenadante y se adicionó solución de sacarosa al 50 % hasta completar el volumen máximo de 15 mL. El *pellet* de suelo fue resuspendido en la solución azucarada y se centrifugó por 5 minutos a 3.000 rpm. Para eliminar el exceso de sacarosa de los individuos extraídos y evitar su degradación antes de su cuantificación, el sobrenadante obtenido fue depositado en el tamiz de 500 mesh para realizar un lavado con agua corriente. Los nematodos concentrados se recolectaron en un tubo eppendorf de 5 mL y se almacenaron a 4 °C para posteriormente realizar el recuento y la identificación de los géneros presentes en la muestra.

Para realizar el recuento de los nematodos en cada una de las muestras procesadas, se cuantificó 1 mL de cada muestra por medio de la cámara Sedgewick Rafter, mediante observación en microscopio de luz en un aumento de 20X. Las características de presencia y forma de estilete, presencia y posición de válvula esofágica, presencia y posición de órganos sexuales masculino o femenino, y terminación anterior y posterior de cada individuo, siguiendo la clave taxonómica reportada por Geraert, E. (2008) y Mai & Mullin (1996), permitieron la identificación de los géneros presentes en cada muestra y el número de cada uno de ellos.

Una vez hecha la cuantificación, se procedió a realizar su normalización para establecer la cantidad de individuos de cada género de nematodo por gramo de suelo, con la siguiente fórmula:

$$\text{Género de nematodo por gramo de suelo} = \frac{\text{Número de individuos en 1 mL} * 5 \text{ mL}}{100 \text{ g de suelo}}$$





Normalizando los datos de cada muestra, se realizó el análisis de resultados de las muestras cuantificadas.

## Resultados

### Principales plagas identificadas como limitantes del cultivo de plátano

#### Identificación de las especies de picudos

Se encontraron tres especies de picudos afectando los cultivos de plátano en los municipios muestreados del Huila:

- **Picudo negro:** *Cosmopolites sordidus* (Germar, 1824) (Coleoptera: Curculionidae: Dryophthoridae)
- **Picudo amarillo:** *Metamasius hebetatus* (Gyllenhaal, 1838) (Coleoptera: Curculionidae: Dryophthoridae)
- **Picudo rayado:** *Metamasius hemipterus* (Linnaeus, 1758) (Coleoptera: Curculionidae: Dryophthoridae)

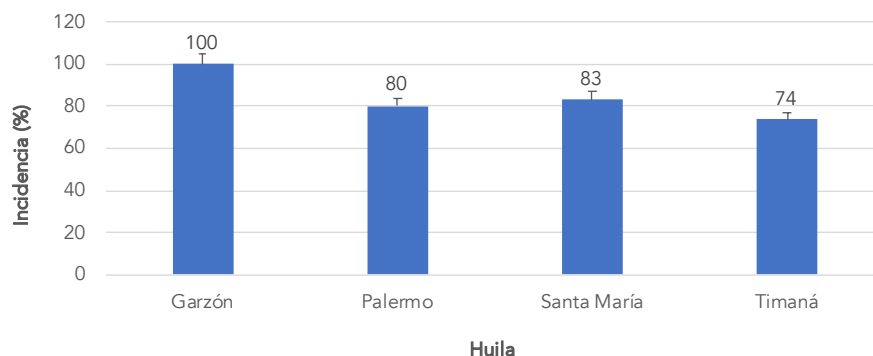
Especímenes de estas especies se enviaron a la CTNI, donde les fueron asignados los códigos de catálogo n.º 8626, 8627 y 8628, respectivamente.

#### Incidencia de picudos en las fincas

Se encontró una incidencia promedio del  $84,25 \pm 5,61$  % de picudos en las 73 fincas de plátano visitadas de los municipios de Palermo, Timaná, Santa María y Garzón. La mayor incidencia se detectó en Garzón (100 %), seguido por Santa María (83,33 %), Palermo (80 %) y Timaná (73,68 %) (figura 3.8).

**Figura 3.8.**

**Incidencia de picudos en los cultivos de plátano de los municipios estudiados.**



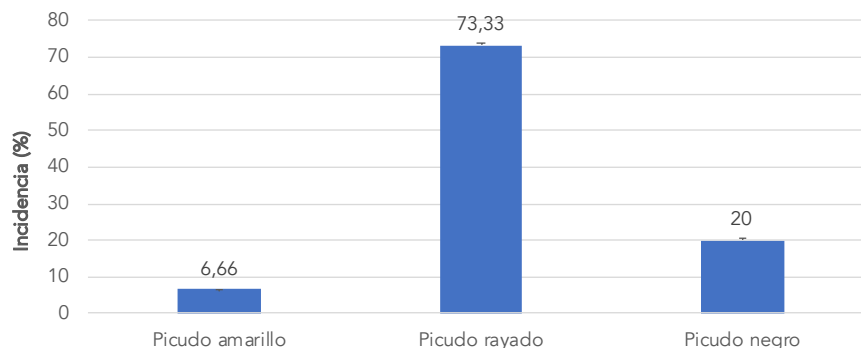
Fuente: Elaboración propia

La incidencia encontrada en los diferentes municipios fue la siguiente:

En Palermo, el porcentaje de incidencia para picudos en las 15 fincas de productores de plátano muestreadas fue del 80 %. Entre las especies de picudos, se encontró una incidencia del 6,66 % para el picudo amarillo, del 73,33 % para el picudo rayado y del 20 % para el picudo negro (figura 3.9). La incidencia promedio de picudos en general por finca fue del  $22 \pm 3,37$  % (figura 3.10).

**Figura 3.9.**

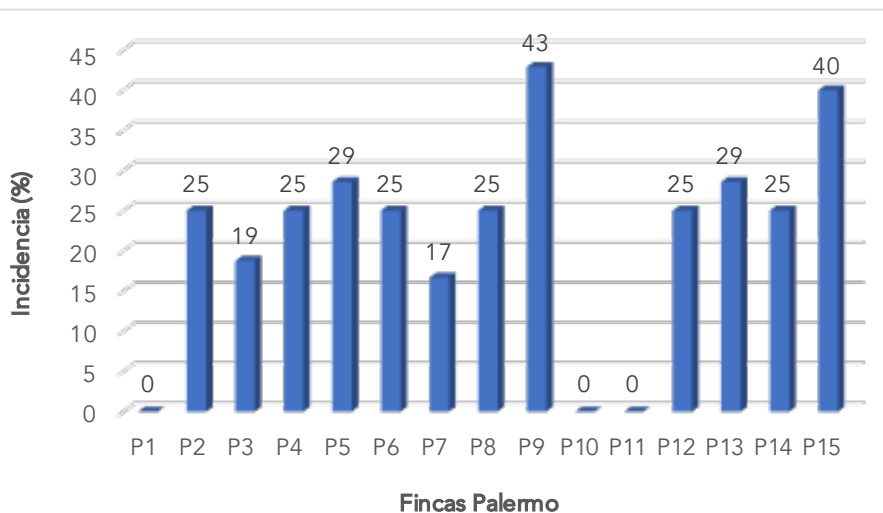
**Porcentaje de incidencia de picudo amarillo, rayado y negro en las 15 fincas de productores de plátano del municipio de Palermo (Huila), 2021.**



Fuente: Elaboración propia

**Figura 3.10.**

Porcentaje de incidencia de picudos en general en las 15 fincas de productores de plátano del municipio de Palermo (Huila), 2021.

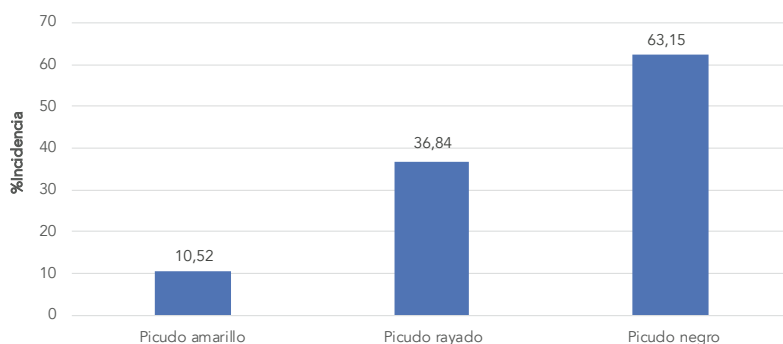


Fuente: Elaboración propia

En Timaná, el porcentaje de incidencia para picudos en las 19 fincas de productores de plátano fue del 73,68 %. Entre las especies de picudos, se encontró una incidencia del 10,52 % para el picudo amarillo, del 36,84 % para el picudo rayado y del 63,15 % para el picudo negro (figura 3.11). La incidencia de picudos en general por finca fue del  $29 \pm 5,55$  % (figura 3.12).

**Figura 3.11.**

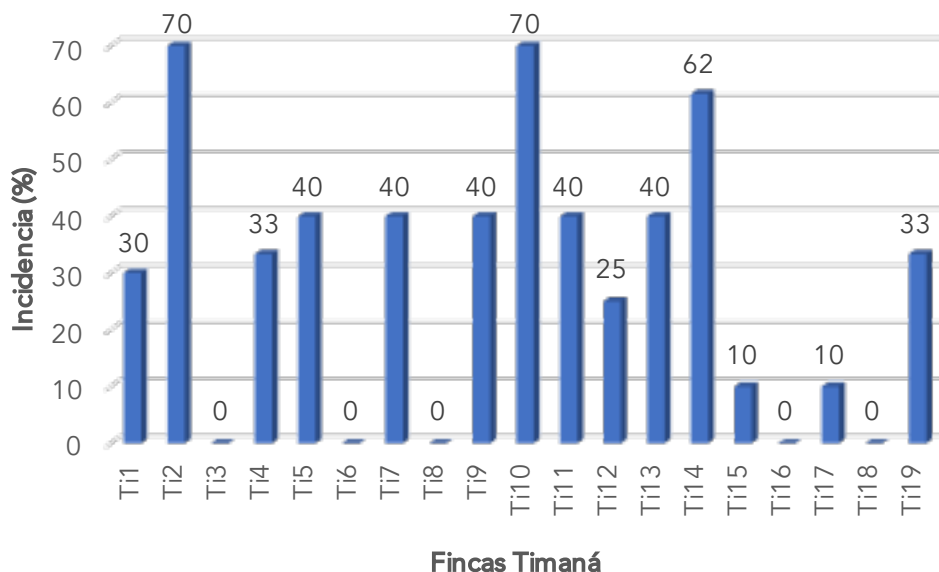
Porcentaje de incidencia de picudo amarillo, rayado y negro en las 19 fincas de productores de plátano del municipio de Timaná (Huila), 2021.



Fuente: Elaboración propia

**Figura 3.12.**

Porcentaje de incidencia de picudos en general en las 19 fincas de productores de plátano del municipio de Timaná (Huila), 2021.



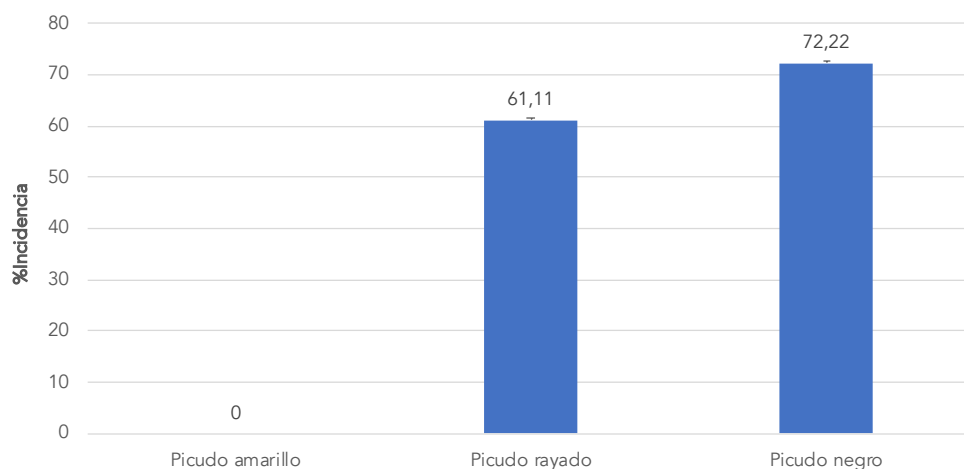
Fuente: Elaboración propia

En Santa María, el porcentaje de incidencia para picudos en las 18 fincas de productores de plátano muestreadas fue del 83,33 %. Entre las especies de picudos, se encontró una incidencia del 0 % para el picudo amarillo, del 61,11 % para el picudo rayado y del 72,22 % para el picudo negro (figura 3.13). La incidencia por finca de picudos en general fue del  $42 \pm 7,28$  % (figura 3.14).

En Garzón, el porcentaje de incidencia para picudos en las 21 fincas de productores de plátano muestreadas fue del 100 %. Entre las especies de picudos, se encontró una incidencia del 19,04 % para el picudo amarillo, del 76,19 % para el picudo rayado y del 80,95 % para el picudo negro (figura 3.15). La incidencia de picudos en general por finca fue del  $41 \pm 3,98$  % (figura 3.16).

**Figura 3.13.**

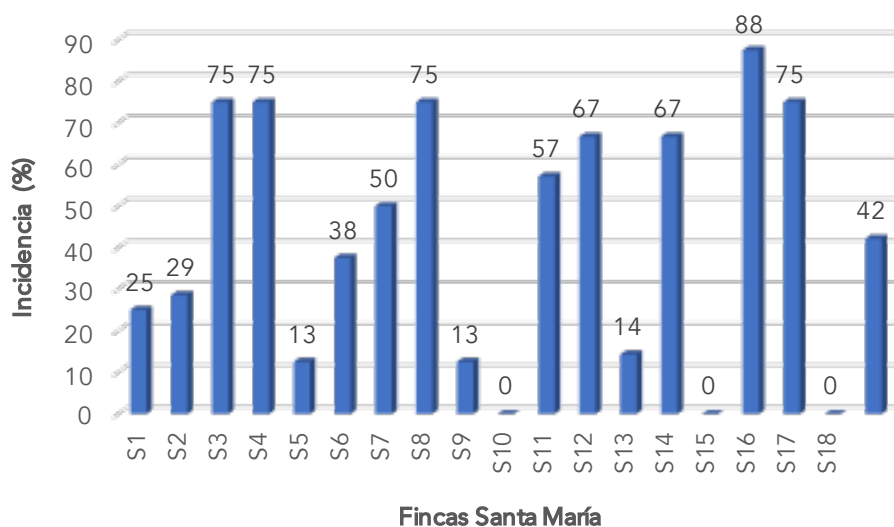
Porcentaje de incidencia de picudo amarillo, rayado y negro en las 18 fincas de productores de plátano del municipio de Santa María (Huila), 2021.



Fuente: Elaboración propia

**Figura 3.14.**

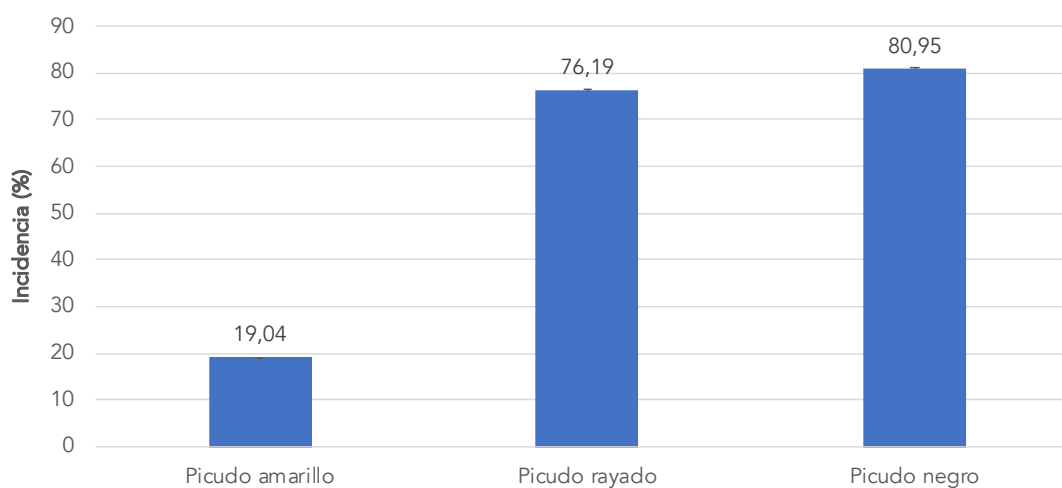
Porcentaje de incidencia de picudos en general en las 18 fincas de productores de plátano del municipio de Santa María (Huila), 2021.



Fuente: Elaboración propia

**Figura 3.15.**

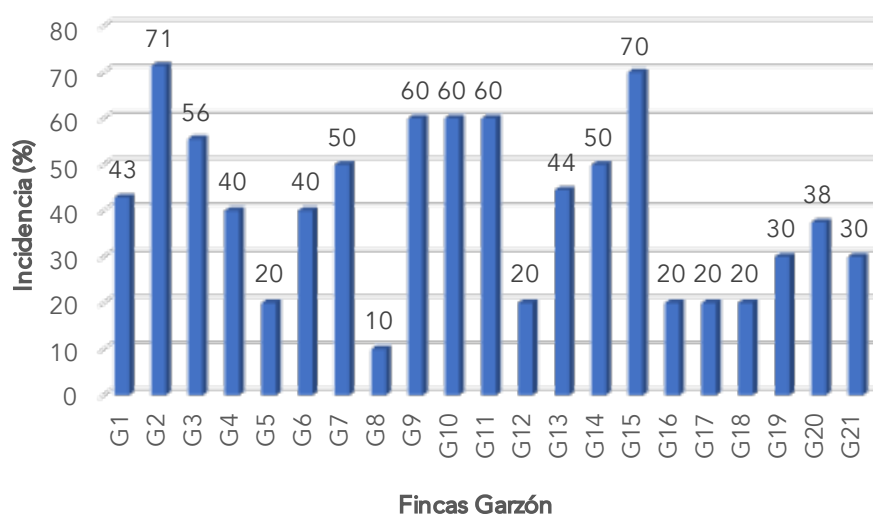
Porcentaje de incidencia de picudo amarillo, rayado y negro en las 21 fincas de productores de plátano del municipio de Garzón (Huila), 2021.



Fuente: Elaboración propia

**Figura 3.16.**

Porcentaje de incidencia de picudos en general en las 21 fincas de productores de plátano del municipio de Garzón (Huila), 2021.



Fuente: Elaboración propia



## Principales enfermedades identificadas como limitantes del cultivo de plátano

### Patógenos identificados

**Diagnóstico molecular:** *R. solanacearum* (marcador 759/760), en un predio en el municipio de Santa María. *Kosakonia radicincitans*, *Klebsiella variicola* y *Pantoea* sp., endófitos naturales, pueden estar enmascarando la presencia del agente causal primario de la pudrición fétida observada en campo causada por *D. chrysanthemi* en dos predios de Garzón. Y *F. oxysporum* f. sp. *cubense* y *F. oxysporum* f. sp. *cepae* (marcadores moleculares SIX9a), en ocho predios de los municipios de Garzón, Palermo y Santa María.

**Diagnóstico taxonómico:** nematodos: *Radopholus* spp., *Pratylenchus* spp. y *Helicotylenchus* spp., en poblaciones bajas en los cuatro municipios.

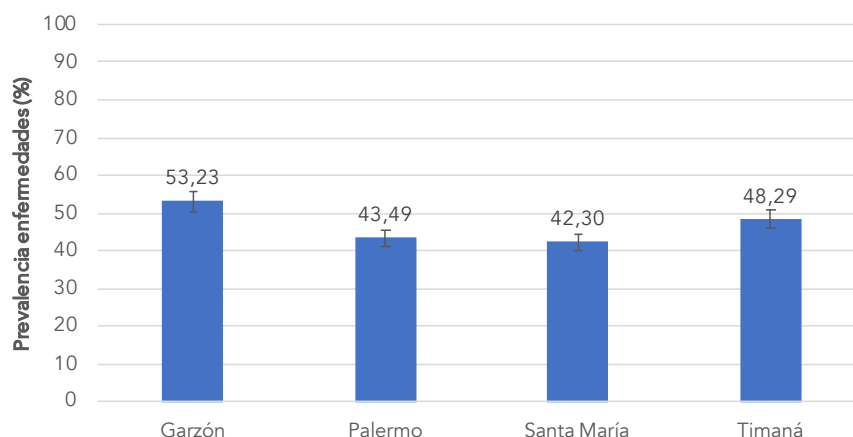
**Diagnóstico en campo:** *Sigatoka* sp., en los cuatro municipios. Sintomatología característica de la elephantiasis, en Timaná y Santa María.

### Incidencia de enfermedades y agentes causales en las fincas

Se encontró una incidencia promedio del  $46,83 \pm 5,68$  % de enfermedad en las fincas de plátano visitadas en Palermo, Timaná, Santa María y Garzón. El mayor porcentaje de incidencia de enfermedad se presentó en el municipio de Garzón (53,23 %), seguido por Timaná (48,29 %), Palermo (43,49 %) y Santa María (42,30 %) (figura 3.17).

**Figura 3.17.**

**Incidencia de enfermedades en los cultivos de plátano de los municipios estudiados.**



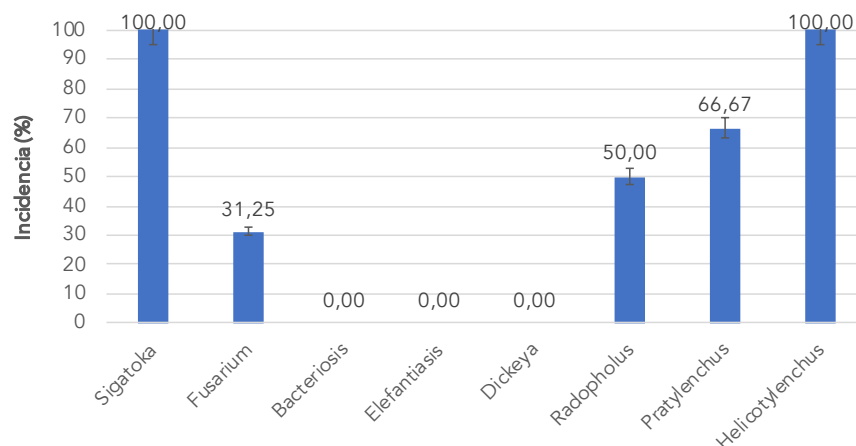
Fuente: Elaboración propia

Posterior al diagnóstico de las enfermedades presentes en las fincas visitadas por cada municipio, se evidenció que la frecuencia de algunas enfermedades fue diferencial y en otros casos, como la sigatoka, fue común en todos los predios. Las frecuencias de las enfermedades encontradas por municipio se describen a continuación.

En Palermo, en las 16 fincas de productores de plátano, la enfermedad con mayor incidencia fue la sigatoka (100 %), seguida de poblaciones de nematodos fitoparásitos que ocasionan síntomas de marchitamiento en las plantas, de los géneros *Helicotylenchus* (100 %), *Pratylenchus* (66,67 %) y *Radopholus* (50 %). Asociado también a marchitamiento, fue encontrado *Fusarium* spp. (31,25 %). No se hallaron síntomas o enfermedades asociadas a bacteriosis, elefantiasis ni *Dickeya* (figura 3.18).

**Figura 3.18.**

**Porcentaje de incidencia de las diferentes enfermedades identificadas en las 16 fincas de productores de plátano del municipio de Palermo (Huila), 2021.**

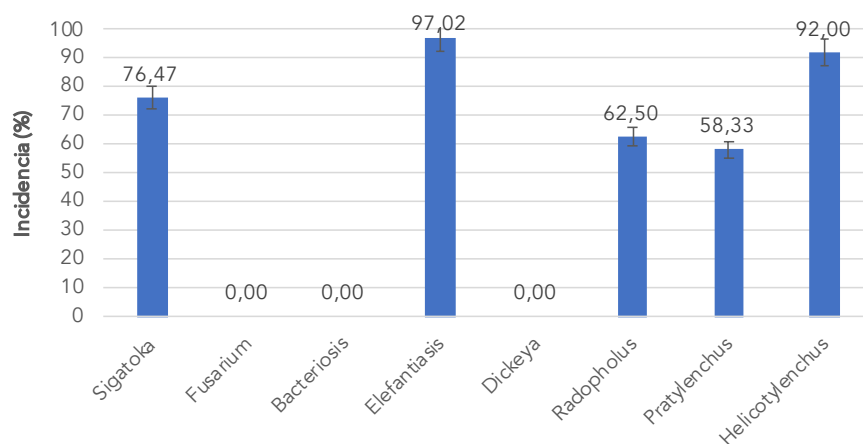


**Fuente:** Elaboración propia

En Timaná, en las 18 fincas de productores de plátano, la enfermedad con mayor incidencia fue elefantiasis (97,02 %), seguida de la sigatoka (76,47 %). Asociadas a síntomas leves de marchitamiento, también se identificaron poblaciones de nematodos fitoparásitos de los géneros *Helicotylenchus* (92 %), *Radopholus* (62,50 %) y *Pratylenchus* (58,33 %). No se encontraron síntomas y enfermedades asociadas a bacteriosis, *Dickeya* ni *Fusarium* spp. (figura 3.19).

**Figura 3.19.**

**Porcentaje de incidencia de las diferentes enfermedades identificadas en las 18 fincas de productores de plátano del municipio de Timaná (Huila), 2021.**

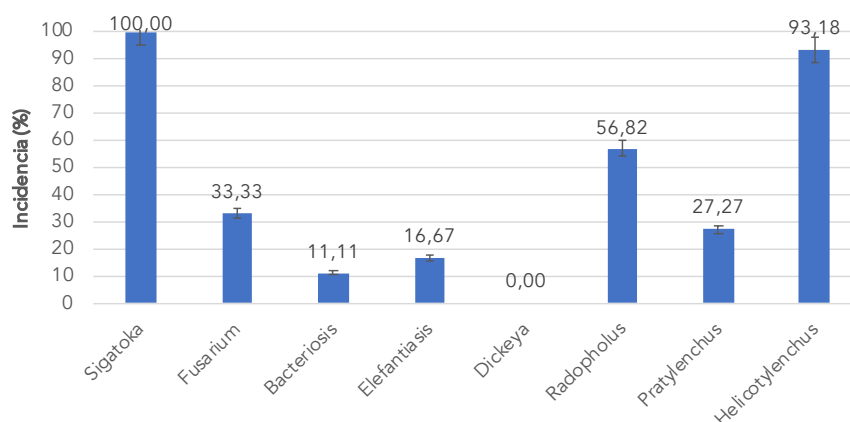


**Fuente:** Elaboración propia

En Santa María, en las 18 fincas de productores de plátano, la enfermedad con mayor incidencia fue la sigatoka (100 %), seguida por los nematodos fitoparásitos de los géneros *Helicotylenchus* (93,18 %) y *Radopholus* (56,82 %) y el hongo *Fusarium* spp. (33,33 %), causantes de síntomas de marchitamiento en las plantas. También se identificaron *Pratylenchus* (27,27 %), elefantiasis (16,67 %) y bacteriosis (11,11 %). No se encontraron síntomas o enfermedad asociada a *Dickeya* (figura 3.20).

**Figura 3.20.**

Porcentaje de incidencia de las diferentes enfermedades identificadas en las 19 fincas de productores de plátano del municipio de Santa María (Huila), 2021.

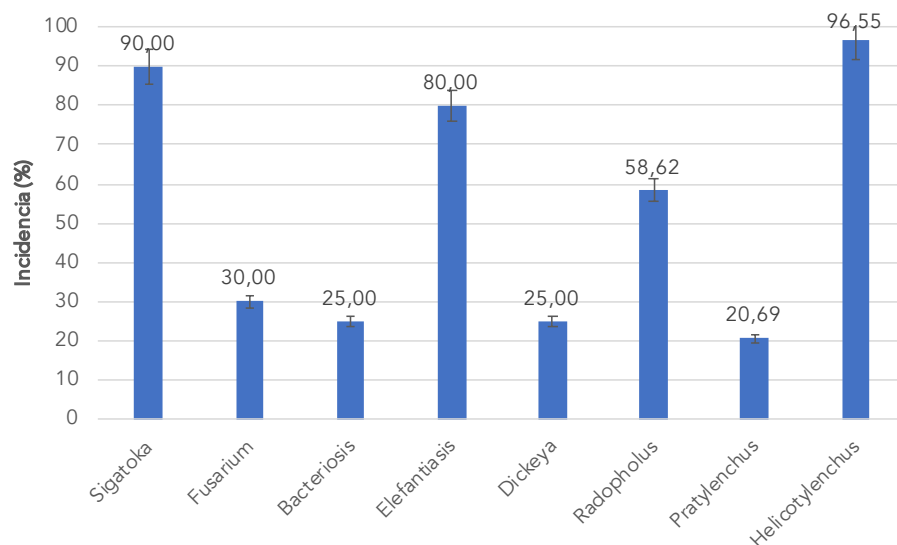


Fuente: Elaboración propia

En Garzón, en las 21 fincas de productores de plátano, la enfermedad con mayor incidencia fue la sigatoka (90 %), seguida por los nematodos fitoparásitos del género *Helicotylenchus* (96,55 %), elefantiasis (80 %), *Radopholus* (58,62 %), *Fusarium* spp. (30 %), bacteriosis (25 %), *Dickeya* (25 %) y *Pratylenchus* (20,69 %). Este fue el municipio en donde se identificó la mayor diversidad de patógenos (figura 3.21).

**Figura 3.21.**

Porcentaje de incidencia de las diferentes enfermedades identificadas en las 20 fincas de productores de plátano del municipio de Garzón (Huila), 2021.



Fuente: Elaboración propia

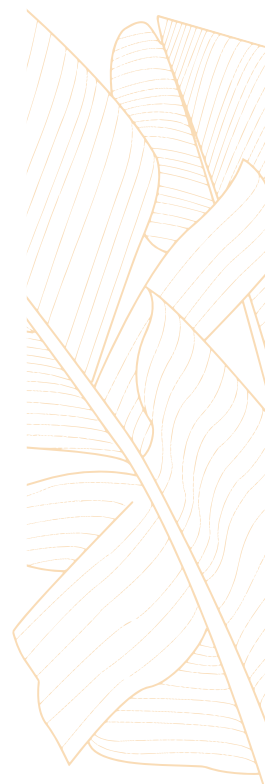
## Referencias

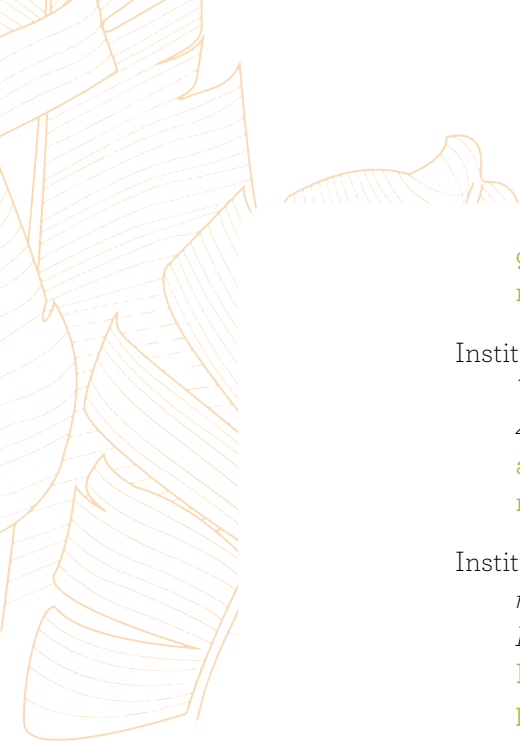
- Abera-Kalibata, A. M., Hasyim, A., Gold, C. S., & Van Driesche, R. (2006). Field surveys in Indonesia for natural enemies of the banana weevil, *Cosmopolites sordidus* (Germer). *Biological Control*, 37(1), 16-24. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2005.11.009>
- Adegbola, R. O., Ayodeji, O., Awosusi, O. O., Atiri, G. I., & Lava Kumar, P. (2013). First report of banana bunchy top virus in banana and plantain (*Musa* spp.) in Nigeria. *Plant Disease*, 97(2). <https://doi.org/10.1094/PDIS-08-12-0745-PDN>
- Agronet. (s.f.). Reporte: Área, producción y rendimiento nacional por cultivo. <https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=1>
- Alarcón Restrepo, J. J., & Jiménez Neira, Y. (2012). *Manejo fitosanitario del cultivo del plátano* (*Musa* spp.). Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).



- Aliaga, F., Hopp, E., Alvarez, E., & Becerra Lopez-Lavalle, L. A. (2018). First report of a 'Candidatus *Phytoplasma asteris*' isolate associated with banana elephantiasis disease in Colombia. *New Disease Reports*, 37(1). <http://dx.doi.org/10.5197/j.2044-0588.2018.037.012>
- Aranzazu, F., Valencia, J. A., Arcila, M. I., Castrillón, C., Bolaños, M. M., Castellanos, P. A., Pérez, J. C., & Rodríguez, J. L. (2005). *El cultivo de plátano. Manual técnico*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- Arcila Pulgarín, M. I., Aranzazu Hernández, L. F., Castrillón Arias, C., Valencia Montoya, J. A., Bolaños Benavides, M. M., & Castellanos Castellanos, A. (1999). *El cultivo del plátano*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). [https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/2095/40195\\_24824.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/2095/40195_24824.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Armendáriz, I., Landázuri, P. A., Taco, J., & Ulloa, S. M. (2016). Efectos del control del picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) en el plátano. *Agronomía Mesoamericana*, 27(2), 319-327.
- Armendáriz, I., Landázuri, P., & Ulloa, S. (2014). *Buenas prácticas para el control del picudo del plátano, Cosmopolites sordidus, en Ecuador*. Universidad de las Fuerzas Armadas. [https://www.academia.edu/48608726/Picudo\\_del\\_pl%C3%A1tano2014](https://www.academia.edu/48608726/Picudo_del_pl%C3%A1tano2014)
- Arnett Jr., R. H., Thomas, M. C., Skelley, P. E., & Frank, J. H. (2022). American beetles. Volume 2: Polyphaga: Scarabaeoidea through Curculionoidea. CRC Press.
- Bolaños, M. M., Bautista, L. G., Cardona, W. A., Morales, H., López, D. A., & Peña, A. C. (2020). *Plátano (Musa AAB). Manual de recomendaciones técnicas para su cultivo en el departamento de Cundinamarca*.
- Cardona, L. F., Betancourt, M., Rodríguez, G. A., Patiño, A. A., Palacios, S., García, B. E., & Bedoya, C. G. (2017). *Cultivo de plátano. Prácticas y recomendaciones de manejo integrado*. Unisarc. [https://www.researchgate.net/publication/350358277\\_Cultivo\\_del\\_platano\\_practicas\\_y\\_recomendaciones](https://www.researchgate.net/publication/350358277_Cultivo_del_platano_practicas_y_recomendaciones)
- Carvalhais, L. C., Henderson, J., Rincon-Florez, V. A., O'Dwyer, C., Czislowski, E., Aitken, E. A. B., & Drenth, A. (2019). Molecular diagnostics of banana Fusarium wilt targeting *secreted-in-xylem genes*. *Frontiers in Plant Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00547>

- Coronado, R., & Márquez, A. (1980). *Introducción a la entomología: morfología y taxonomía de los insectos* (4.ª ed.). Limusa.
- Dita, M. Á., Echegoyén, P. E., & Pérez, L. F. (2013). *Plan de contingencia ante un brote de la raza 4 tropical de Fusarium oxysporum f. sp. cubense en un país de la región del Oirsa*. Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (Oirsa).
- Drenth, A., & Kema, G. (2021). The vulnerability of bananas to globally emerging disease threats. *Phytopathology*, 111(12), 2.146-2.161. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-07-20-0311-RVW>
- EcuRed. (2020). *Picudo negro del plátano*. [https://www.ecured.cu/Picudo\\_negro\\_del\\_pl%C3%A1tano](https://www.ecured.cu/Picudo_negro_del_pl%C3%A1tano)
- Fegan M, Prior P (2005) How complex is the *Ralstonia solanacearum* species complex? En C. Allen, P. Prior, & A. C. Hayward (Eds.), *Bacterial wilt: the disease and the Ralstonia solanacearum species complex* (pp. 449-461). APS Press.
- García-Bastidas, F. A., Pachacama-Gualotuña, S. F., Jarrín-Escudero, D. A., Iza-Arteaga, M. L., Ayala Vásquez, M., Ortiz, H. M., Dix Luna, O. J., Echegaray Buezo, J., Farfán Menéndez, D., Bartolini Martínez, I., Beltrán Montoya, C., & Zeballos Céspedes, G. (2020). *Guía andina para el diagnóstico de Fusarium raza 4 tropical (R4T)*. Comunidad Andina. <https://www.comunidadandina.org/StaticFiles/202072181721Guia%20Andina%20Final.pdf>
- Geraert, E. (2008). *The Tylenchidae of the world: identification of the family Tylenchidae (Nematoda)*. Academia Press.
- Gold, C. S., Ragama, P. E., Coe, R., & Rukazambuga, N. D. T. M. (2005). Selection of assessment methods for evaluating banana weevil *Cosmopolites sordidus* (Coleoptera: Curculionidae) damage on highland cooking banana (*Musa* spp., genome group AAA-EA). *Bulletin of Entomological Research*, 95(2), 115-123. <https://doi.org/10.1079/BER2004341>
- González Cardona, C., Aristizábal Hincapié, J. C., & Aristizábal Loaiza, M. (2009). Evaluación biológica del manejo de picudos y nematodos fitopatógenos en plátano (*Musa* AAB). *Acta Agronómica*, 58(4), 260-269. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-28122009000400005](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-28122009000400005)
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2012). *Manejo fitosanitario del cultivo de plátano (Musa spp.). Medidas para la temporada invernal*. <https://www.ica.gov.co/>





getattachment/08fbb48d-a985-4f96-9889-0e66a461aa8b/-  
nbs;Manejo-fitosanitario-del-cultivo-de-platano.aspx

Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2016). *Boletín informativo. Vigilancia fitosanitaria de Fusarium oxysporum f.sp. cubense Raza 4 Tropical (Foc R4T en Colombia)*. [https://www.ica.gov.co/areas/agricola/servicios/epidemiologia-agricola/fusarium-raza-4-tropical/material\\_divulgativo/boletin\\_informativofocr4t\\_-2016.aspx](https://www.ica.gov.co/areas/agricola/servicios/epidemiologia-agricola/fusarium-raza-4-tropical/material_divulgativo/boletin_informativofocr4t_-2016.aspx)

Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2019). *Primer reporte de la marchitez por Fusarium en bananos tipo Cavendish, causada por la Raza 4 tropical, en Colombia*. <https://www.ica.gov.co/getattachment/ICAComunica/PYP/Fusarium-R4T/Primer-reporte-de-la-marchitez-por-Fusarium-en-bananos-tipo-Cavendish-causada-por-la-Raza-4-tropical-en-Colombia.pdf.aspx?lang=es-CO>

Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2021, 18 de marzo). *El ICA y productores del Eje Cafetero, en equipo por el presente y futuro de 72.000 hectáreas de plátano y banano*. <https://www.ica.gov.co/noticias/ica-productores-eje-cafetero-unidos>

Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2022). *Informe de gestión. Gerencia Seccional Huila*. <https://www.ica.gov.co/getattachment/Modelo-de-P-y-G/Transparencia-Participacion-y-Servicio-al-Ciudadana/Rendicion-de-Cuentas/Huila-2.pdf.aspx?lang=es-CO>

Kumar, P. L., Selvarajan, R., Iskra-Caruana, M.-L., Chabannes, M., & Hanna, R. (2015). Biology, etiology, and control of virus diseases of banana and plantain. En G. Loebenstein, & N. I. Katis (Eds.), *Advances in virus research* (vol. 91, pp. 229-269). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/BS.AIVIR.2014.10.006>

Mai, W. F. & P.G. Mullin (with H.H. Lyon & K. Loeffler). (1996). *Plant Parasitic Nematodes: A pictorial key to genera*. Cornell University Press.

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR). (2021). *Cadena de plátano*. Dirección de Cadenas Agrícolas y Forestales. <https://sioc.minagricultura.gov.co/Platano/Documentos/2021-03-31%20Cifras%20Sectoriales.pdf>

Opina, M., Tavner, F., Hollway, G., Wang, J.-F., Li, T.-H., Maghirang, R., Fegan, M., Hayward, A. C., Krishnapillai, V., Hong, W.-F., Holloway, B. W., & Timmis, J. N. (1997). A novel method for development of species and strainspecific DNA probes and PCR primers for identifying

*Burkholderia solanacearum* (formerly *Pseudomonas solanacearum*).  
*Asia-Pacific Journal of Molecular Biology and Biotechnology*, 5, 19-30.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2017). *La importancia del diagnóstico de plagas*. [https://assets.ippc.int/static/media/files/publication/es/2017/08/R\\_07\\_Es\\_2017-08-24\\_Combined.pdf](https://assets.ippc.int/static/media/files/publication/es/2017/08/R_07_Es_2017-08-24_Combined.pdf)

Quijije, R. (2003). *Desarrollo de tecnologías limpias para el manejo del picudo negro* (*Cosmopolites sordidus*), en plátano [tesis de maestría, Universidad de Guayaquil].

Rumiani, M., Hamzehzarghani, H., Karegar, A., Ghaderi, R., & Zouhar, M. (2023). A soil sampling method to estimate the population density of *Tylenchulus semipenetrans* Cobb, 1913 in infested citrus orchards of the Fars province in Southern Iran. *European Journal of Plant Pathology*, 165(1), 27-40.

Sánchez Bernal, R., & Vallejo Espinosa, L. F. (2010). *El complejo de picudos* (Coleoptera: Curculionidae) asociados a cultivariedades de plátano en Colombia. Universidad de Caldas.

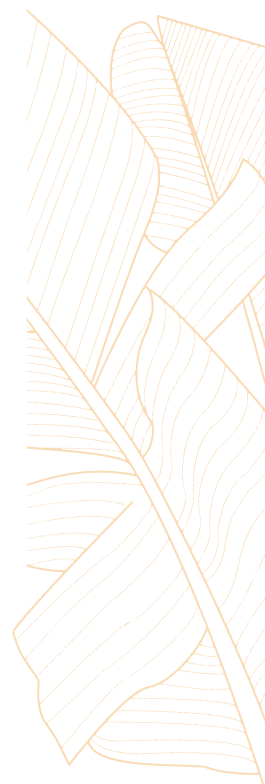
Schaad, N. W., Jones, J. B., & Chun, W. (2001). *Laboratory guide for identification of plant pathogenic bacteria* (3.<sup>a</sup> ed.). ASP Press.

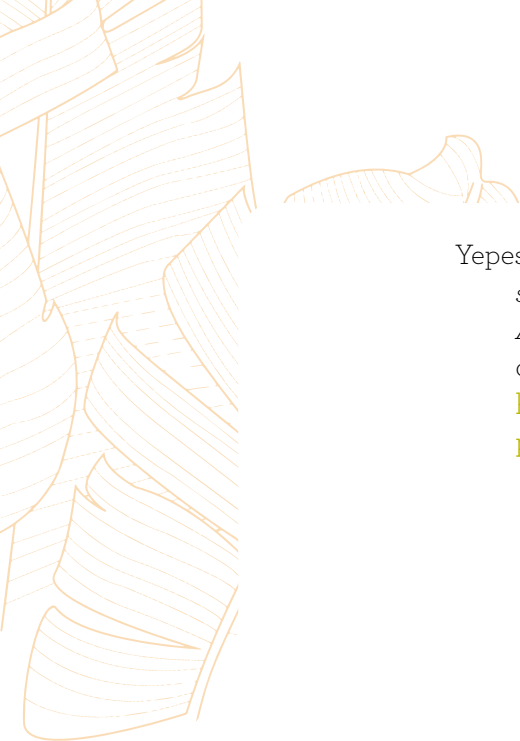
Sepúlveda-Cano, P. A., & Rubio-Gómez, J. D. (2009). Especies de Dryophthorinae (Coleoptera: Curculionidae) asociadas a plátano y banano (*Musa* spp.) en Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 14(2), 49-72. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-548X2009000200005](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-548X2009000200005)

Tran T. M., Macintyre A., Khokhani D., Hawes M., Allen C. (2016). Extracellular DNases of *Ralstonia solanacearum* modulate biofilms and facilitate bacterial wilt virulence. *Environmental Microbiology*, 18, 4103-4117. <https://doi.org/10.1111/1462-2920.13446>

Vélez, M. C. (2011). *Reacción de diez cultivares de Musa spp. al ataque de picudo negro* (*Cosmopolites sordidus* Germar) durante el primer año de establecimiento [tesis de grado, Escuela Politécnica del Ejército]. <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/3860/1/T-ESPE- IASA%20II-002351.pdf>

Vilardebo, A. (1973). Le coefficient d'infestation, critère d'évaluation du degré d'attaque des bananeraies par *Cosmopolites sordidus* Germ. le charançon noir du bananier. *Fruits*, 28(6), 417-431. <https://agritrop.cirad.fr/410937>





Yepes, F. C. (2008). *Evaluación de productos sobre algunos problemas sanitarios del plátano Dominico Hartón en Santa Fe de Antioquia* [informe de año sabático, Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/59171/franciscocristobalyepesrodriguez.2008.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

