

El cultivo de plátano (*Musa* AAB): una alternativa tecnológica para el departamento del Huila

Editores

Eliseo Polanco Díaz
Gustavo Adolfo Rodríguez Yzquierdo

AGROSAVIA
EDITORIAL

El cultivo de plátano **(*Musa AAB*):** una alternativa tecnológica para el departamento del Huila

Editores
Eliseo Polanco Díaz
Gustavo Adolfo Rodríguez Yzquierdo

El cultivo de plátano (Musa AAB): una alternativa tecnológica para el departamento del Huila. / Eliseo Polanco Díaz [y otros veinticinco] - Mosquera, (Colombia): AGROSAVIA, 2024.

189 páginas (Colección Alianzas agrosavia)

Incluye referencias bibliográficas, ilustraciones y gráficos.

ISBN e-Book: 978-958-740-730-3

1. Musa (plátanos) 2. Cultivo 3. Gestión de lucha integrada 4. Medidas fitosanitarias 5. Bioestimulantes 6. Enfermedades de las plantas 7. Costos de producción 8. Transferencia de tecnología 9. Huila (Colombia).

Palabras clave normalizadas según Tesauro Multilingüe de Agricultura -Agrovoc

Catalogación en la publicación – Biblioteca Agropecuaria de Colombia

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA

Centro de Investigación Tibaitatá, Km 14 vía Mosquera-Bogotá, Mosquera. Código postal 250047, Colombia.
Centro de Investigación Nataima, Km 9 vía Espinal-Ibagué, Tolima. Código postal 733520, Colombia.

Esta publicación es el resultado del 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".

Autores

Eliseo Polanco Díaz
Gustavo Adolfo Rodríguez Yzquierdo
Mónica Betancourt Vásquez
Dexi Andrea Cruz Lara
Eduardo Barragán Quijano
Sandra Lorena Carmona Gutiérrez
Diana Marcela Burbano
Magda Rocío Gómez Marroquín
Diana Marcela Torres Jiménez
Yuli Andrea Lovera Sotelo
Jaime Esneider Aguirre Rodríguez
Juan Pablo Becerra
Edgar Herney Varón Devia
Eleonora Rodríguez Polanco
Ángela María Vargas Berdugo
Paula Andrea Bermeo Fúquene
Edgar Mauricio Rico Sierra
Claudia Milena Flórez Cárdenas
Edinson Bayardo Parra Alferes
Ramón Antonio Mosquera Mena
Oscar Eduardo Valbuena Calderón
Claudia Mercedes Ordóñez Espinosa
Nelly María Méndez Pedroza
Shyrley Rocío Vargas Paredes
Mirna Yecenia Vega Tello
Carlos Fernando Castillo Londoño

Colección Alianzas AGROSAVIA
Tipología: Libro resultado de investigación
Primera edición: junio de 2024

Preparación editorial

Editorial AGROSAVIA

editorial@agrosavia.co

Dirección editorial: Astrid Verónica Bermúdez Díaz

Edición: Verónica Barreto Riveros

Corrección de estilo: Alejandro Merlano Aramburo

Diseño y diagramación: Mónica Cabiativa Daza

Publicado en Mosquera, Cundinamarca

Citación sugerida: Polanco-Díaz, E., & Rodríguez-Yzquierdo, G. A. (Eds.). (2024). *El cultivo de plátano (Musa AAB): una alternativa tecnológica para el departamento del Huila*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).

<https://doi.org/10.21930/agrosavia.investigation.7407303>

Cláusula de responsabilidad: AGROSAVIA no es responsable de las opiniones y de la información recogidas en el presente texto. Los autores asumen de manera exclusiva y plena toda responsabilidad sobre su contenido, ya sea este propio o de terceros, y declaran, en este último supuesto, que cuentan con la debida autorización de terceros para su publicación; igualmente, declaran que no existe conflicto de interés alguno en relación con los resultados de la investigación propiedad de tales terceros. En consecuencia, los autores serán responsables civil, administrativa o penalmente, frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros relativa a los derechos de autor u otros derechos que se hubieran vulnerado como resultado de su contribución.

Línea de atención al cliente:

018000121515

atencionalcliente@agrosavia.co

www.agrosavia.co



<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>



Contenido

7 Agradecimientos

8 Introducción

Capítulo I. Esquema de aseguramiento sanitario y estrategias para el manejo integrado de plagas y enfermedades en semillas de alta calidad de musáceas 11

Mónica Betancourt Vásquez, Sandra Lorena Carmona Gutiérrez, Diana Marcela Burbano, Magda Rocío Gómez Marroquín, Diana Marcela Torres Jiménez, Yuli Andrea Lovera Sotelo, Dexi Andrea Cruz Lara, Jaime Esneider Aguirre Rodríguez, Juan Pablo Becerra, Eliseo Polanco Díaz y Gustavo Adolfo Rodríguez Yzquierdo

12 Introducción

16 Descripción de los patógenos y plagas de mayor importancia económica en semillas de musáceas

16 Patógenos

28 Enfermedades virales

36 Esquema de aseguramiento sanitario en musáceas

42 Validación del esquema de aseguramiento sanitario en las condiciones del Huila

42 Diagnóstico de *Foc* y *Ralstonia*

43 Detección molecular de *Foc* R1, *Foc* R4T y *R. solanacearum*

44 Detección de BSV

44 Detección de CMV

44 Síntesis de DNA complementario (cDNA) por transcripción reversa (RT)

46 Resultados y discusión

57 Conclusiones

58 Referencias

Capítulo II. Evaluación de bioestimulantes en la producción de semilla de plátano Dominico-Hartón en el departamento del Huila

69

Dexi Andrea Cruz Lara, Gustavo Adolfo Rodríguez Yzquierdo, Eliseo Polanco Díaz, Mónica Betancourt Vásquez y Eduardo Barragán Quijano

70 Introducción

70 Los bioestimulantes y su efecto en las plantas

76 Validación de resultados en las condiciones del departamento del Huila

76 Ensayo de sustancias bioestimulantes y enraizadoras en plántulas de plátano en etapa de vivero

81 Variables de desarrollo

82 Variables fisiológicas

83 Resultados y discusión

91 Conclusiones

92 Referencias

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

97

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

98 Introducción

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

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

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

104 Picudo amarillo (*Metamasius hebetatus* Gyllenhal)

105 Principales enfermedades limitantes en plátano

105 Bacterias

	107 Hongos
	108 Elefantiasis
109	Metodología para el diagnóstico de plagas limitantes en la zona de estudio
	109 Muestreo para el diagnóstico de plagas
	110 Toma de muestras de material afectado
	110 Procesamiento de muestras vegetales
111	Metodología para el diagnóstico de enfermedades limitantes en la zona de estudio
	111 Muestreo para el diagnóstico de enfermedades
	112 Procesamiento de muestras vegetales
	114 Procesamiento de muestras de suelo
116	Resultados
	116 Principales plagas identificadas como limitantes del cultivo de plátano
	122 Principales enfermedades identificadas como limitantes del cultivo de plátano
127	Referencias

Capítulo IV. Diseño y validación de un modelo de negocio en el sistema productivo de plátano para productores del departamento del Huila

133

Claudia Mercedes Ordóñez Espinosa, Oscar Eduardo Valbuena Calderón, Ramón Antonio Mosquera Mena, Nelly María Méndez Pedroza y Shyrley Rocío Vargas Paredes

134	Introducción
136	Metodología
	136 Priorización de ideas de modelo de plan de negocios exitoso
	137 Ruta para el Éxito de Negocios Innovadores Rurales (Runin)
	139 Lean Canvas
	140 Estructura de costos
	140 Modelos de negocio relacionados con la cadena productiva del plátano
140	Resultados
	140 Priorización de ideas de modelo de plan de negocios exitoso
	142 Ruta para el Éxito de Negocios Innovadores Rurales (Runin)





143	Modela fácil	
144	Planea fácil	
145	Monitorea fácil	
145	Lean Canvas	
146	Costos de producción y comercialización de semilla de plátano	
	Dominico Hartón – asociación Asoplasam (Santa María)	
148	Costos de producción y comercialización de harina de plátano –	
	asociación Asproplat (Garzón)	
149	Modelos de negocio relacionados con la cadena productiva del	
	plátano	
150	Modelos de negocio para la producción de harina de plátano en los	
	municipios de Timaná y Garzón	
153	Conclusiones	
154	Referencias	

Capítulo V. Desarrollo tecnológico mediante asistencia técnica y transferencia de tecnología: el caso Asohofrucol en Huila 155

Mirna Yesenia Vega Tello y Carlos Fernando Castillo Londoño

156	Introducción	
156	Ubicación	
158	Asistencia técnica	
	161 Plagas y enfermedades	
	164 Calendario e indicadores de trabajo para el manejo del cultivo de	
	plátano	
167	Metodología escuela de campo para agricultores (ECA)	
	169 Conformación de las ECA	
177	Conclusiones	
178	Referencias	

Los autores 179

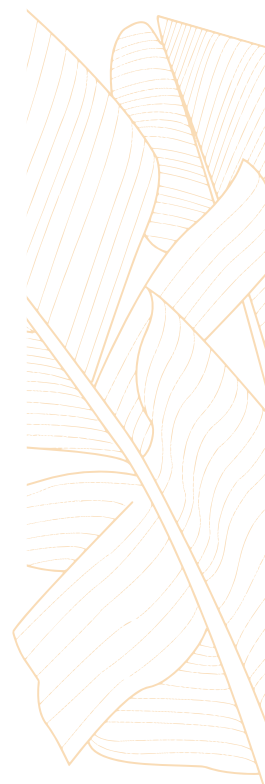
Agradecimientos

Los autores agradecen al Sistema General de Regalías por la financiación del proyecto que dio origen a esta publicación. Igualmente, a la Asociación Hortifrutícola de Colombia (Asohofrucol) y a la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) como aliados en su ejecución.

Asimismo, agradecen al gobernador del Huila, Luis Henrique Dussán; al secretario de Agricultura del departamento, Dilberto Trujillo Dussán; al director del centro de investigación Nataima de AGROSAVIA, Lorenzo Peláez Suárez, y al ingeniero José Eduin Muñoz del C. I. Nataima de AGROSAVIA.

Un agradecimiento especial a los miembros de las asociaciones productoras de plátano del Huila: Asofrupaz y a su representante legal, Wilson Castro Valenciano (Timaná); Asproplat-VIFG y a su representante legal, Carlos Montero (Garzón); Asproplabap y a su representante legal, Alfonso Achury Ortiz (Palermo), y Asoplasam y a su representante legal, Nelson Leonardo Velazco Velazco (Santa María).

Finalmente, los autores agradecen a todo el equipo de trabajo que, con su dedicación, entrega y profesionalismo, puso un grano de arena para el mejoramiento de la calidad de vida de las familias productoras de plátano del departamento del Huila vinculadas al proyecto.





Introducción

El plátano se considera el principal cultivo de frutales en el mundo y es base de la seguridad alimentaria en muchos países de América y África. A nivel mundial, Colombia ocupa el cuarto lugar en producción, rendimiento y área sembrada, con valores promedio de 4.203.714 t, 8,45 t/ha y 428.229 ha, respectivamente, para el año 2021 (Datos Abiertos de Colombia, 2021). Sin embargo, las amplias brechas en la producción generan niveles de productividad muy distintos entre departamentos. El plátano se siembra en los 32 departamentos del país y se reportan áreas sembradas en al menos 786 municipios, lo cual refleja la importancia de este cultivo para Colombia, dados sus aportes en la seguridad alimentaria y como fuente de diversificación de ingresos para muchos productores (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MADR], 2020). Se estima que de este cultivo dependen alrededor de 213.950 familias plataneras —unidades de producción agrícola (UPA)— (DANE, 2016). Este subsector genera aproximadamente 960.00 empleos directos e indirectos. Además, en 2019 Colombia exportó 112.874 t e importó 13.721 t (MADR, 2020).

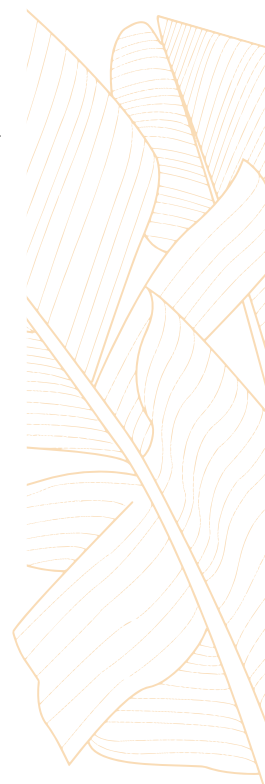
Una de las principales limitantes en el cultivo de plátano es la falta de viveros registrados para la producción de semilla de calidad, y aunque en múltiples ejercicios se han desarrollado métodos y modelos para la producción de semilla (Álvarez et al., 2013; Rodríguez Yzquierdo et al., 2019), su disponibilidad sigue siendo muy baja y no alcanza a suplir las necesidades de los productores colombianos. De otra parte, en ocasiones se incurre en malas prácticas para la producción de semilla debido al afán al momento de montar los proyectos productivos, lo que favorece la dispersión de enfermedades y tiene múltiples implicaciones

en la pérdida de rendimientos del cultivo (Betancourt et al., 2021; Polanco et al., 2024).

Por esta razón, es necesario desarrollar modelos de producción de semilla que consideren los criterios de calidad y que permitan obtener las cantidades necesarias para las diferentes regiones del país. En este libro se describe principalmente el proceso de capacitación, fortalecimiento y empoderamiento desarrollado con productores de plátano del departamento del Huila a través del 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”, financiado por el Sistema General de Regalías (SGR). Este se realizó en cuatro municipios, con la vinculación de cuatro asociaciones productoras de plátano: Asofrupaz (Timaná), Asproplat (Garzón), Asprolabap (Palermo) y Asoplasam (Santa María).

El libro presenta los principales resultados que consideran el proceso de fortalecimiento de capacidades y formación de productores, el diagnóstico del estado sanitario del cultivo en la región y la aplicación de un esquema de aseguramiento sanitario para el establecimiento de las unidades productivas con altos criterios de calidad, con la consecuente disminución del riesgo de dispersión de patógenos. Además, cuenta con varios capítulos dedicados a describir las recomendaciones técnicas para el establecimiento de núcleos de producción de semilla, los cuales incluyen los criterios de calidad genética, física, fisiológica y sanitaria, así como la aplicación de bioestimulantes para la protección y mejoramiento de los rendimientos e índices de producción de semilla dentro de los núcleos de producción, y la propuesta de modelo de negocio para cada asociación.

Se espera que este documento genere las bases para el establecimiento de núcleos de producción de semilla de plátano en Colombia con altos criterios de calidad, generados de forma participativa con los productores, de tal forma que se garantice su sostenibilidad a mediano y largo plazo.





Referencias

- Agronet. (s.f). Estadísticas Agropecuarias. <https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx>
- Álvarez, E., Ceballos, G., Gañán, L., Rodríguez, D., González, S., & Pantoja, A. (2013). *Producción de material de 'siembra' limpio en el manejo de las enfermedades limitantes del plátano*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). <http://www.fao.org/3/a-as090s.pdf>
- Betancourt Vásquez, M., Cárdenas López, J., & Rodríguez Yzquierdo, G. (2021). *Guía para importar a Colombia germoplasma y material de propagación de plátano y banano*. Corporacion Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). <https://doi.org/10.21930/agrosavia.manual.7404753>
- Datos Abiertos de Colombia. (2021). Evaluaciones Agropecuarias Municipales (eva). Datos de producción de plátano en Colombia. <https://www.datos.gov.co/Agricultura-y-Desarrollo-Rural/Evaluaciones-Agropecuarias-Municipales-EVA/2pnw-mmge>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE]. (2016). Censo Nacional Agropecuario 2014. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/agropecuario/censo-nacional-agropecuario-2014>
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR). (2020). *Cadena de plátano*. Dirección de Cadenas Agrícolas y Forestales. <https://sioc.minagricultura.gov.co/Platano/Documentos/2020-03-31%20Cifras%20Sectoriales.pdf>
- Rodríguez Yzquierdo, G. A., Becerra Campiño, J. J., Betancourt Vásquez, M., Miranda Salas, T. C., & Alzáte Henao, S. V. (2019). *Modelo productivo: tecnologías eficientes para la producción de semilla de plátano en los Llanos Orientales*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). <https://doi.org/10.21930/agrosavia.modelo.7402711>

Capítulo I

Esquema de aseguramiento sanitario
y estrategias para el manejo integrado
de plagas y enfermedades en semillas
de alta calidad de musáceas

Mónica Betancourt Vásquez, Sandra Lorena Carmona Gutiérrez,
Diana Marcela Burbano, Magda Rocío Gómez Marroquín, Diana
Marcela Torres Jiménez, Yuli Andrea Lovera Sotelo, Dexi Andrea
Cruz Lara, Jaime Esneider Aguirre Rodríguez, Juan Pablo Becerra,
Eliseo Polanco Díaz y Gustavo Adolfo Rodríguez Yzquierdo



Introducción

La calidad de las semillas se puede definir, en un sentido amplio, como el cumplimiento de una serie de requisitos o normas mínimas que deben ser consideradas a la hora de emplear un material de siembra para garantizar un óptimo desarrollo y lograr la mayor rentabilidad y producción de los cultivos. La calidad tiene en cuenta cuatro componentes principales: 1) calidad genética, 2) calidad física, 3) calidad fisiológica y 4) calidad sanitaria (Becerra Campiño et al., 2019; Rodríguez Yzquierdo et al., 2018). En este capítulo se detallarán los aspectos relacionados con la calidad sanitaria.

Para garantizar la calidad sanitaria de un material de propagación, lo primero que se debe hacer es una búsqueda y caracterización de las enfermedades y plagas limitantes para el cultivo, de forma que se pueda identificar, de acuerdo con la fenología del cultivo y las características de los patógenos, cuáles serían los momentos más críticos de la presencia de plagas o enfermedades y cuáles de estas tienen transmisión directa por semilla. Esta caracterización permitirá generar estrategias para prevenir o controlar los problemas tanto en el desarrollo del cultivo como en la producción de semillas.

En las figuras 1.1 y 1.2 se presenta un esquema sinóptico de las enfermedades más limitantes del cultivo y sus posibilidades de transmisión de acuerdo con el tipo de semilla: *in vitro* (figura 1.1) o plántulas y cormos (figura 1.2).

El material *in vitro* permite eliminar una gran cantidad de patógenos, como hongos y bacterias, pero, si no se hacen procesos

adecuados de limpieza de los meristemos y aplicación de técnicas de termoterapia y quimioterapia en los procesos de micropropagación, es posible que puedan escaparse algunos virus (Betancourt et al., 2021; Wu & Su, 1991). Por esta razón, siempre deben buscarse laboratorios especializados y registrados para la producción de material sano (figura 1.1).

Como se puede observar en la figura 1.2, los principales problemas sanitarios que pueden transmitirse por semilla son:

- Marchitamiento por *Fusarium* (*Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*, recientemente clasificado como *Fusarium odoratissimum* Maryani, Lombard, Kema & Crous, 2019).
- Moko (*Ralstonia solanacearum* Smith raza 2).
- Pudrición acuosa del pseudotallo o bacteriosis (*Dickeya chrysanthemi*).
- Virus del rayado del banano (*Banana streak virus* [BSV]).
- Virus del mosaico del pepino (*Cucumber mosaic virus* [CMV]).
- Nematodo barrenador (*Radopholus similis* Cobb), nematodo lesionado (*Pratylenchus coffeae* Zimmerman y *P. goodeyi*) y nematodo espiral (*Helicotylenchus* spp.).
- Picudo negro (*Cosmopolites sordidus*), picudo rayado y amarillo (*Metamasius hemipterus*, *M. hebetatus* y *M. submaculatus*) y picudo enano (*Polytus mellerborgii*).

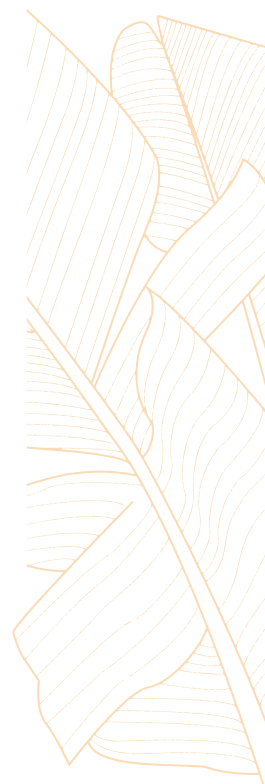
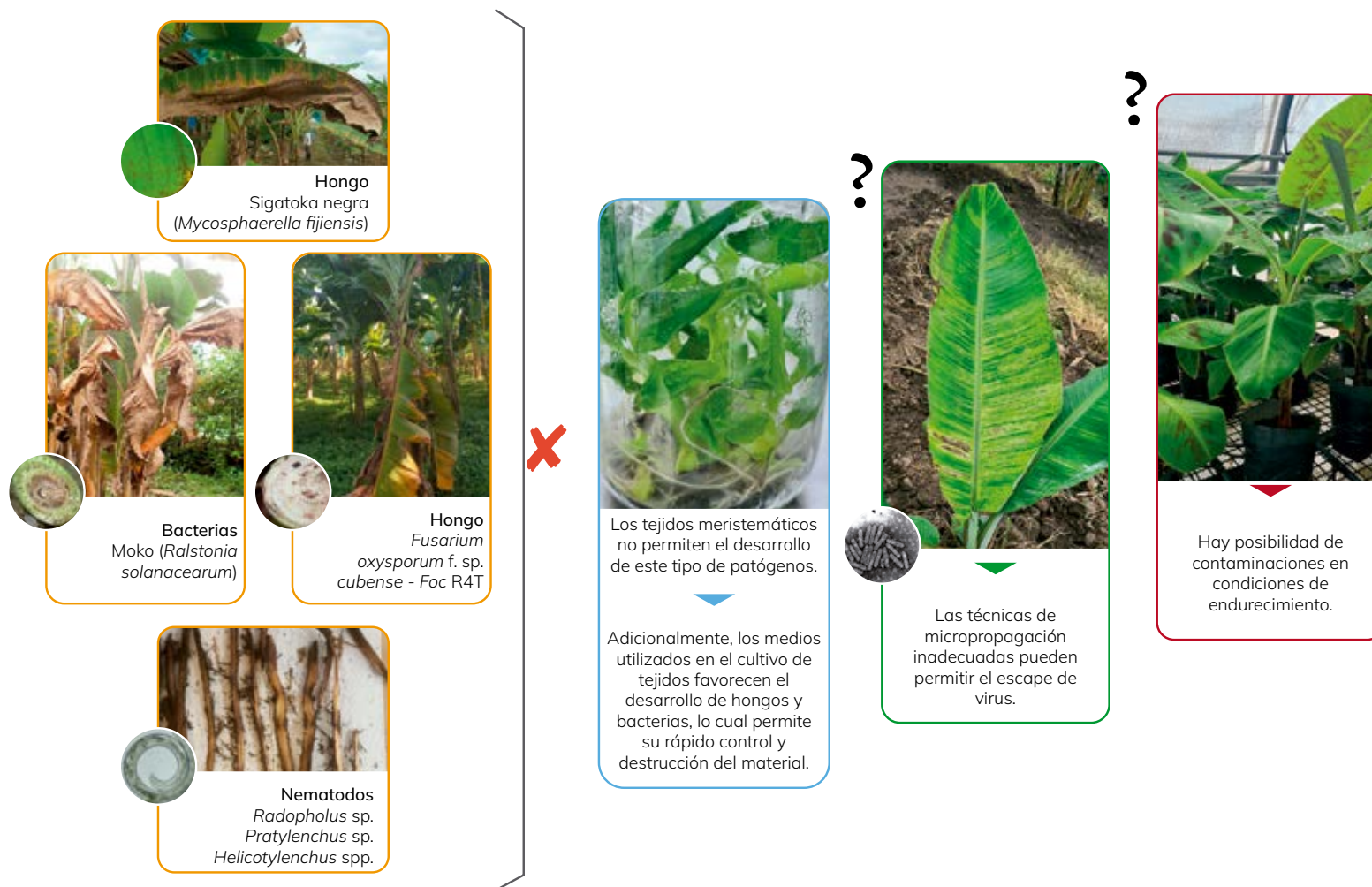


Figura 1.1.

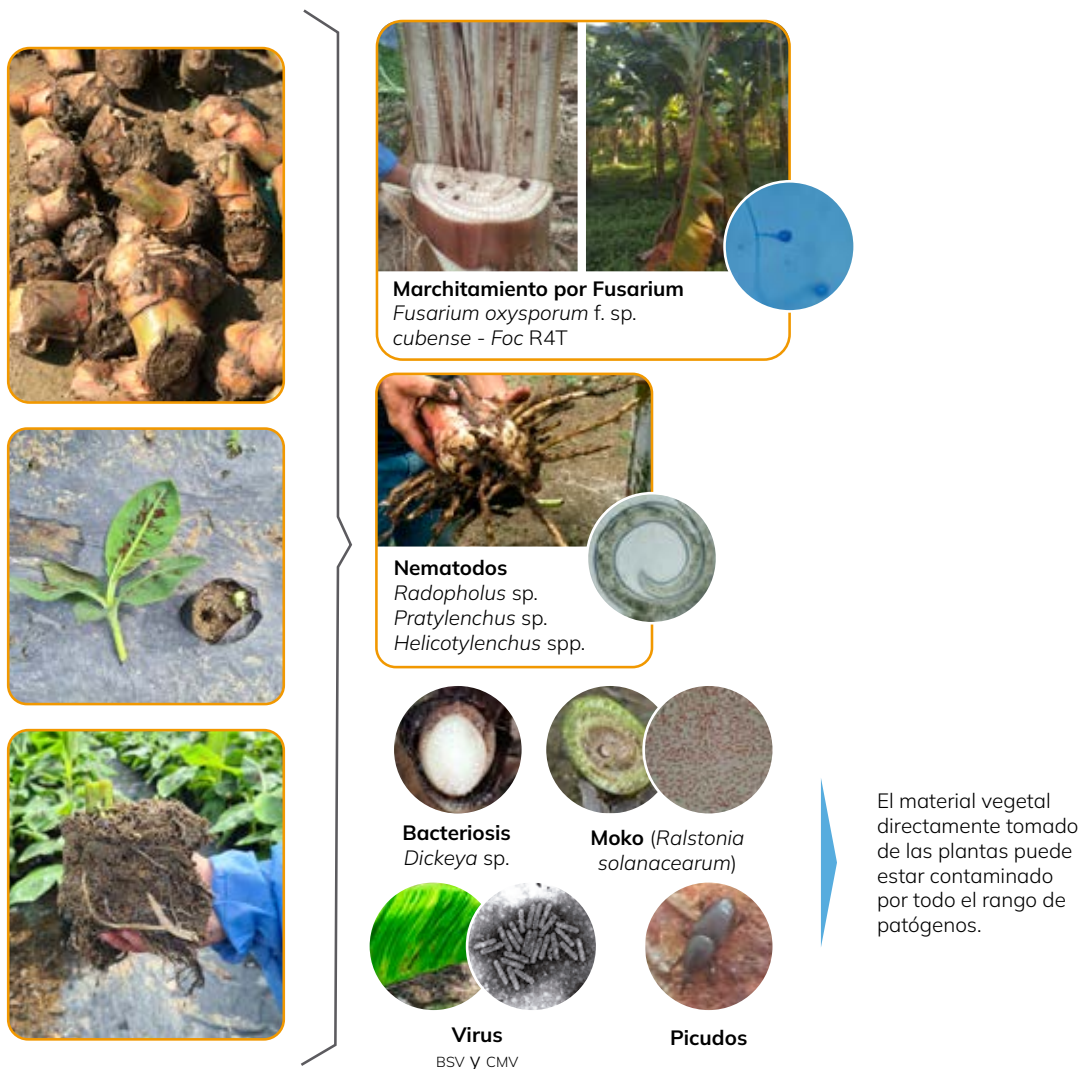
Riesgo de dispersión de enfermedades en musáceas en material *in vitro*.



Fotos: Mónica Betancourt Vásquez

Figura 1.2.

Enfermedades y plagas con mayor probabilidad de transmisión por semilla asexual (cormos e hijos).



Fotos: Mónica Betancourt Vásquez

Las otras problemáticas, aunque eventualmente pueden ser diseminadas por la semilla, cuentan con estrategias conocidas de prevención y manejo que, aplicadas con rigor, pueden evitar que la semilla se contamine (Rodríguez Yzquierdo et al., 2019). Por el contrario, patógenos como *Ralstonia*, *Fusarium* y virus no



tienen métodos de control conocidos, por lo que su presencia en un huerto de producción de semillas hace necesaria la erradicación y eliminación del material o incluso el cierre del esquema de producción.

Descripción de los patógenos y plagas de mayor importancia económica en semillas de musáceas

A continuación, se describen los patógenos y plagas más importantes del cultivo, considerando las características biológicas, los síntomas y signos, y las formas de dispersión. Posteriormente, estos aspectos serán determinantes para la aplicación del esquema de aseguramiento sanitario.

Patógenos

***Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* raza 1 (Foc R1) y raza 4 tropical (Foc R4T)**

Fusarium oxysporum f. sp. *cubense* es un hongo ascomicete habitante del suelo perteneciente al complejo de especies de *Fusarium oxysporum* (FOSC, por sus siglas en inglés), y es el agente causal del marchitamiento vascular de las musáceas, conocido comúnmente como marchitez de las musáceas (Stover, 1990).

Foc se agrupa en razas, de acuerdo con el tipo de cultivar frente al cual presenta patogenicidad. Así, *Foc* R1 es patogénico sobre cultivares de Gros Michel (AAA), Manzano (AAB) y los del subgrupo Pisang Awak (ABB), y causó importantes pérdidas después de su llegada a América en 1890 (May & Plaza, 1958). Por su parte, la raza 2 afecta al cultivar Bluggoe, y la raza 4 puede afectar al subgrupo Cavendish (Ploetz, 2006), además de los susceptibles a las razas 1 y 2.

Se presume que la marchitez de las musáceas es originaria del sudeste de Asia, aunque fue reportada por primera vez en Australia

en 1876, y en la década de 1960 ocasionó importantes pérdidas en los cultivos de América Latina, lo que obligó a migrar la producción de Gros Michel hacia el uso de cultivares tipo Cavendish, con resistencia a *Foc* R1 (Dita et al., 2018). Posteriormente, en 1989 se reportó *Foc* R4T oficialmente en Taiwán, desde donde se ha dispersado por las islas del Pacífico, el sudeste asiático, África, Australia y el continente americano, donde está presente en Colombia (García-Bastidas et al., 2019), Perú (Acuña et al., 2022) y Venezuela (Instituto Nacional de Salud Agrícola Integral [Insaí], 2023). En la actualidad, el patógeno se ha reportado en 22 países (García-Bastidas, 2022) (figura 1.3).

La raza 4 tropical es conocida por afectar a musáceas del subgrupo Cavendish (*Musa* AAA), que representa el banano de exportación más comercializado en el mercado mundial, además de todos los cultivares susceptibles a las razas 1 y 2. Adicionalmente, este patógeno representa una amenaza para los cultivares tradicionales de plátanos con importancia alimentaria en las zonas tropicales. Hasta el momento, no se conoce un cultivar comercial con resistencia a *Foc* R4T, lo cual restringe las posibilidades de manejo de este hongo (García-Bastidas, 2022; García-Bastidas et al., 2020).

El patógeno puede propagarse a través de diferentes tipos de estructuras: las hifas, los microconidios, los macroconidios y las clamidosporas. Estas últimas son estructuras con pared celular engrosada, lo que les permite persistir en el suelo por mucho tiempo (Leslie & Summerell, 2008). De esta manera, el hongo puede dispersarse a través de partículas de suelo, o puede mantenerse latente en residuos de cosecha o plantas acompañantes que sirven como hospederas asintomáticas. Otros medios de diseminación del patógeno son el viento, el agua, los animales y algunos de origen antropogénico, como las herramientas agrícolas, la maquinaria y el calzado de las personas que trabajan en el cultivo (Dita et al., 2018; Pegg et al., 2019) (figura 1.4).

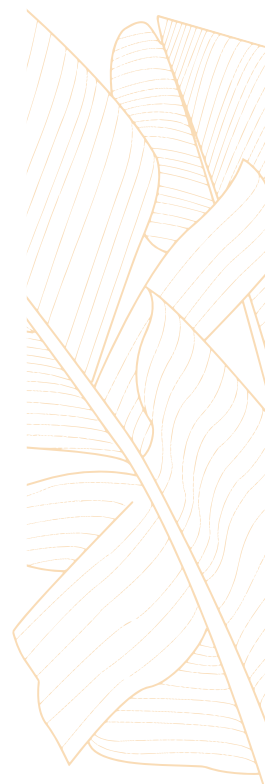
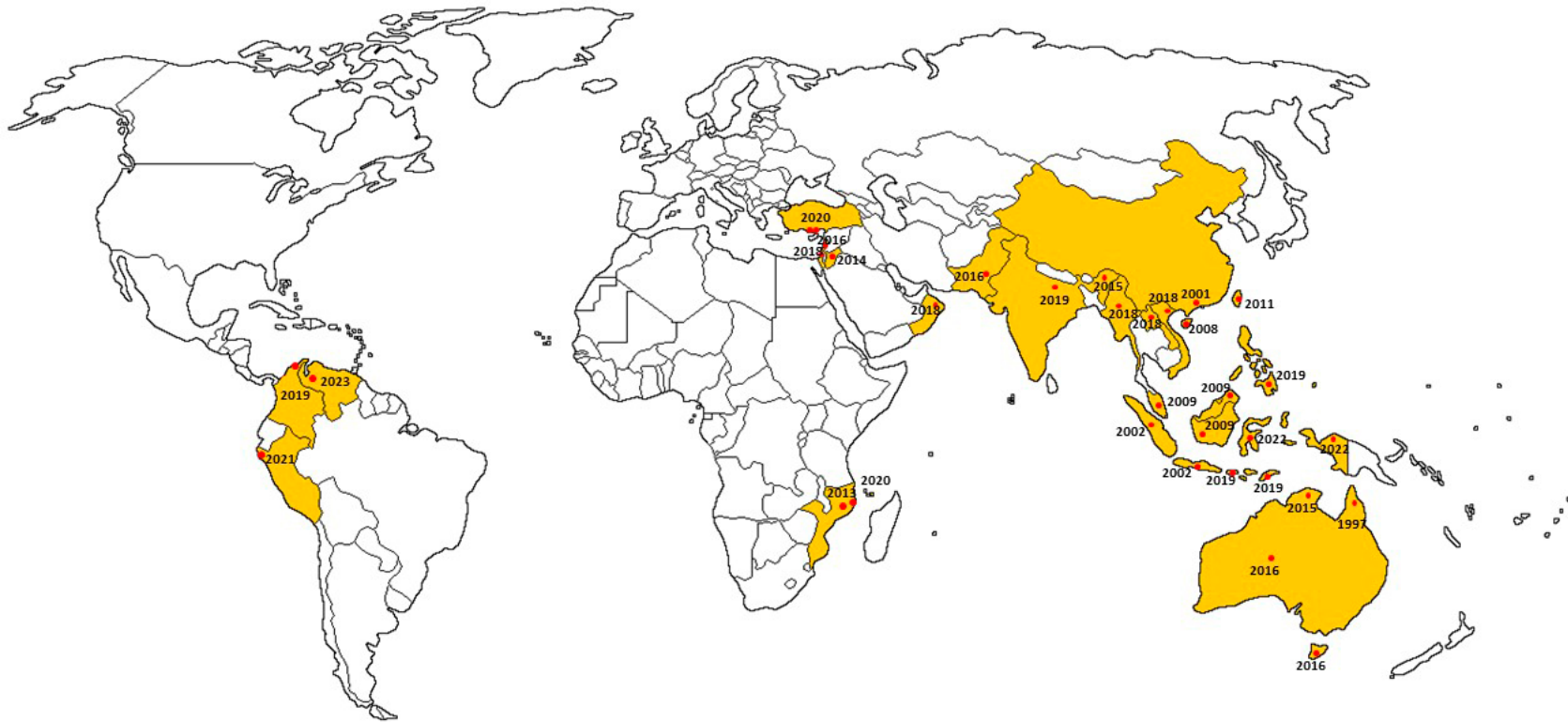


Figura 1.3.

Distribución actual de *Foc* R4T en el mundo y año de reporte.



Fuente: Elaboración propia

Figura 1.4.

Formas de dispersión de *Foc* R4T.

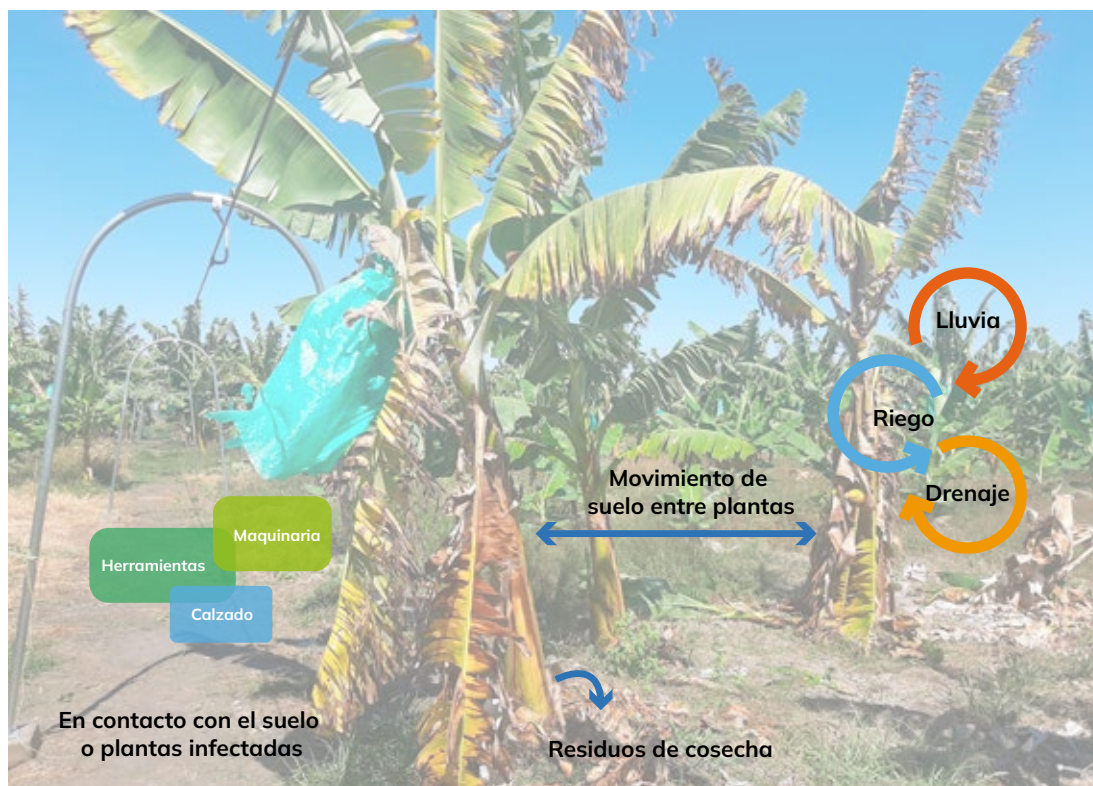


Foto: Gustavo Rodríguez Yzquierdo

Una vez establecida una planta, la estructura propagativa de *Foc* germina y, mediante su hifa de penetración, ingresa a las raíces de la planta a través de heridas o aberturas naturales, atraviesa la corteza radical y alcanza los haces vasculares. A medida que el patógeno avanza durante la infección, genera estructuras propagativas dentro del tejido vegetal, principalmente microconidios (dispuestos sobre conidióforos), pero también macroconidias y clamidosporas (Olivares et al., 2021).

A medida que la enfermedad avanza, la planta se defiende formando gomas y tilosas para impedir el ascenso del patógeno, pero la mayoría de las veces no tiene éxito. Así, se bloquean los haces vasculares, de modo que comienza a limitarse el ascenso de agua y nutrientes a la parte aérea de la planta, y se empiezan a notar los síntomas, como amarillamiento en las hojas maduras y una marchitez

que se caracteriza por el “enruanamiento” o pliegue del pedúnculo de las hojas sobre el pseudotallo (figura 1.5a). Aunque los síntomas suelen ser más comunes en plantas adultas y antes de la floración, en altas concentraciones de inóculo en el suelo, los síntomas pueden presentarse también en plantas jóvenes (figura 1.5b).

Figura 1.5.

Síntomas de *Foc* R4T en Cavendish. a. Síntomas típicos en plantas adultas: “enruanamiento” y amarillamiento de hojas; b. Síntomas en plantas jóvenes: amarillamiento generalizado de la planta; c. Corte longitudinal del pseudotallo de una planta afectada por *Foc* R4T: presencia de necrosis continua de color morado a negro y presencia de gomas o tilosas.



Fotos: Gustavo Rodríguez Yzquierdo

Al hacer un corte transversal, se observan los haces vasculares necrosados como consecuencia del ascenso del patógeno, así como las gomas y tilosas, que se ven como bloqueos oscurecidos (Pegg et al., 2019; Stover et al., 1961). Finalmente, la planta muere, generalmente sin producir racimo o finalizar su llenado (figura 1.5c).

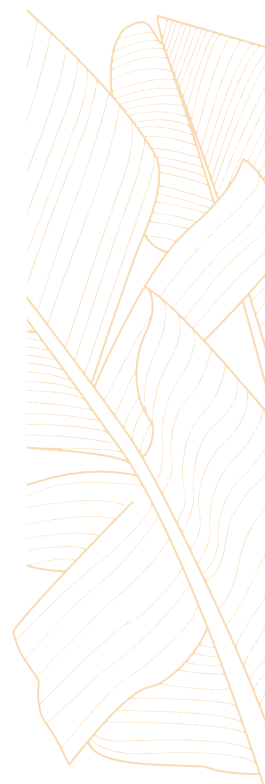
En el caso del plátano, estudios de AGROSAVIA indican que, en condiciones controladas de vivero, con altos niveles de inóculo, *Foc R4T* puede ingresar a la planta y causar enfermedad, razón por la cual deben fortalecerse las medidas de bioseguridad en todas las unidades de producción de banano y plátano a nivel nacional, de forma que se evite el ingreso del patógeno (León-Pacheco et al., 2022).

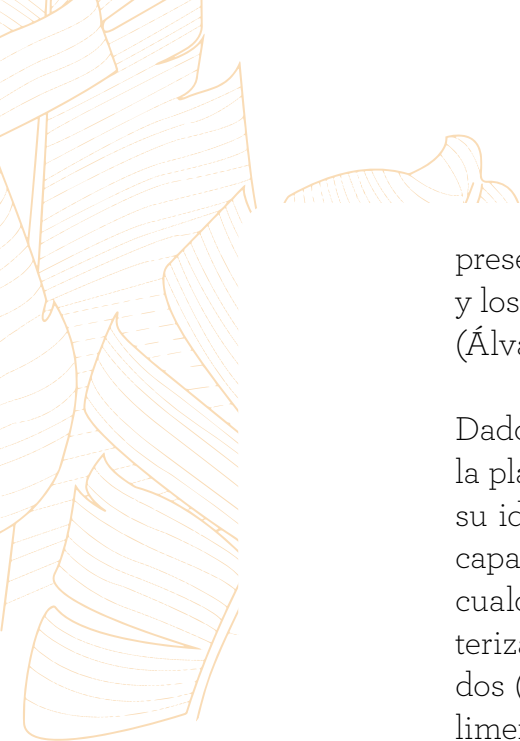
Debido a las grandes afectaciones que *Foc R4T* puede ocasionar en el sistema productivo del banano y el plátano en Colombia, la Organización Nacional de Protección Fitosanitaria (ONPF), que corresponde al Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), lo clasifica como un patógeno de tipo cuarentenario. La ONPF resalta la importancia de verificar la calidad de las semillas y los materiales de propagación de las zonas no afectadas, para mitigar uno de los mayores riesgos de dispersión: la contaminación del material de siembra.

Moko (*Ralstonia solanacearum* Smith raza 2)

Ralstonia solanacearum, el agente causal de la marchitez bacteriana, se encuentra en todos los continentes y numerosas islas ubicadas entre los trópicos de Cáncer y Capricornio; causa enfermedades en más de 200 especies de plantas de más de 50 familias. *R. solanacearum* es considerado uno de los fitopatógenos más importantes del mundo debido a su letalidad, amplia distribución geográfica y amplia gama de hospederos (Belalcázar et al., 2004; Kelman, 1955).

En cuanto a la sintomatología y el desarrollo de la enfermedad, los síntomas típicos del marchitamiento por Moko aparecen una vez que el patógeno ha colonizado sistemáticamente el pseudotallo y el rizoma. Las plantas exhiben un rápido amarillamiento y marchitez de hojas, y chupones adheridos físicamente; se





presenta decoloración en las vainas de las hojas del pseudotallo, y los frutos maduran prematuramente o su desarrollo se detiene (Álvarez et al., 2013; Belalcázar et al., 2004) (figuras 1.6a y 1.6b).

Dado que los síntomas pueden tardar en aparecer luego de que la planta está infectada, se facilita su diseminación y se dificulta su identificación. Al ser una enfermedad sistémica debido a su capacidad de moverse por haces vasculares, puede aparecer a cualquier edad del cultivo. Los síntomas a nivel interno se caracterizan por una pudrición severa y una alta presencia de exudados (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria [Senasica], 2019; Betancourt et al., 2021) (figura 1.6c).

Por su capacidad de supervivencia tanto en hospederos alternativos como en sustratos y herramientas, son varios los medios de diseminación, los cuales se describen a continuación:

Prácticas culturales de campo: la bacteria puede ser diseminada por no desinfectar las herramientas cuando se hacen podas, deshijes, amarres de racimo o desyerbes en plantas infectadas (Obregón Barrios et al., 2008).

Material de propagación: el uso de semilla de musáceas proveniente de lotes con altas infestaciones de *Ralstonia* puede propagar la enfermedad debido a que las heridas que presentan los cormos durante la siembra facilitan la infección; también, plantas cuya madre esté enferma seguramente serán portadoras asintomáticas de la bacteria, razón por la cual el proceso de selección, uso y desinfección es clave en los procesos de siembra (Gómez et al., 2004).

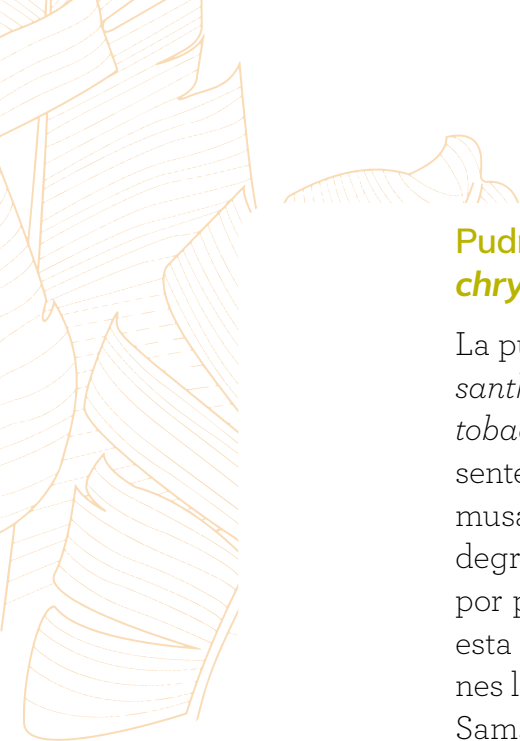
Insectos: las abejas *Trigona corvina* y avispa del género *Polybia* sp. se han reportado como vectores al transportar savia infectada entre plantas, sobre todo en altos niveles de concentración de la bacteria (Buddenhagen, 2009).

Figura 1.6.

Síntomas de Moko en plátano. a. Síntomas externos: hojas necróticas pegadas al pseudotallo y amarillamiento de la planta; b. Síntomas en plantas jóvenes: marchitez progresiva y decaimiento de la planta; c. Síntomas internos: necrosis severa, acompañada de exudados.



Fotos: Mónica Betancourt Vásquez



Pudrición acuosa del pseudotallo o bacteriosis (*Dickeya chrysanthemi*)

La pudrición acuosa del pseudotallo o bacteriosis (*Dickeya chrysanthemi*, antes *Erwinia chrysanthemi*, y *Dickeya* sp., antes *Pectobacterium chrysanthemi*) es una enfermedad endémica presente en Colombia en las regiones bananeras donde se cultivan musáceas. Este patógeno se caracteriza por su capacidad para degradar las paredes celulares de la planta y puede permanecer por periodos prolongados en el suelo y en desechos de plantas; esta característica le permite desarrollar con facilidad infecciones latentes (CABI, s.f.; Franco & Stefanova, 2008; P. Li et al., 2011; Samson et al., 2005; Snehalatharani & Khan, 2010).

Dickeya pertenece a la familia Enterobacteriaceae, es aerobia, gramnegativa y con flagelos peritricos (Rivera, 1978; Rivera & Ezavin, 1989). “La bacteria penetra en la planta por medio de heridas y en algunas ocasiones por las lenticelas. Es diseminada por semillas infectadas, herramientas, agua, insectos vectores y nematodos que ocasionan lesiones en las raíces y facilitan su entrada” (Agrios, 2006). En el caso de las musáceas, se puede propagar fácilmente por semilla.

El síntoma principal que presenta esta enfermedad en los pseudotallos consiste inicialmente en manchas acuosas, translúcidas o de color amarillento en su fase inicial, que pasan de rojizo a castaño oscuro en sus últimas instancias, lo que afecta la parte basal de la planta y produce debilidad y ocasionalmente doblamiento (figura 1.7a). Al hacerles presión, los tejidos afectados emanan un líquido abundante cristalino y fétido (Morales Romero et al., 2020).

Los síntomas más severos de la enfermedad se caracterizan por el desarrollo de clorosis con márgenes necróticos en hojas nuevas y brotación pobre y desuniforme de hijos; además, en plantas que se afectan muy pronto, no se desarrollan racimos (Rivera, 1978; Stover, 1972). En plantas de Cavendish (AAA) es común observar pudrición de la vaina en la base del pseudotallo, lo cual genera posteriormente un hueco necrótico en el rizoma (Rivera & Ezavin, 1989). Este último síntoma puede ser similar a los daños

ocasionados por *C. sordidus* Germar. En plantas jóvenes desarrolladas a partir de cormos infectados, se presenta disminución de crecimiento y marchitamiento progresivo en todas las hojas, desde la base del pseudotallo al ápice; por lo general, este tipo de plantas no alcanzan la madurez y colapsan (Rivera & Ezavin, 1989; Rodríguez et al., 2018) (figuras 1.7b y 1.7c).

Figura 1.7.

Síntomas de bacteriosis en plátano. a. Síntoma externo: volcamiento del pseudotallo; b. Típico exudado en calcetas; c. Síntoma interno: necrosis interna severa de afuera hacia adentro.



Fotos: Mónica Betancourt Vásquez y Gustavo Rodríguez Yzquierdo



Esta enfermedad es en parte consecuencia de malas prácticas al cultivo; por ejemplo, dejar restos de pseudotallo después de la cosecha puede favorecer la contaminación de los hijos cuando la planta madre estuvo enferma por la bacteria (Belalcázar et al., 1998). Asimismo, no desinfectar machetes empleados en las podas y usar material de plantación infestado son medios efectivos para la dispersión de la enfermedad. Igualmente, la alta incidencia de insectos como *M. hemipterus* incrementa la dispersión de la bacteria en campo (Belalcázar et al., 2004; Rodríguez et al., 2019).

Nematodos: nematodo barrenador (*Radopholus similis* Cobb), nematodo lesionado (*Pratylenchus coffeae* Zimmerman y *P. goodeyi*) y nematodo espiral (*Helicotylenchus* spp.)

En el cultivo de musáceas se han descrito hasta 146 especies y 43 géneros de nematodos parásitos (Araya, 1995); sin embargo, los más comunes en Colombia son los endoparásitos *R. similis* y *P. coffeae*, y el semiendoparásito *H. multicinctus*. También se pueden encontrar poblaciones altas de *Meloidogyne* spp., pero en la mayoría de los casos esta especie no está asociada a daños importantes en las plantas de plátano y banano (Guzmán-Piedrahita & Castaño-Zapata, 2004; Lara et al., 2016).

El daño causado por los nematodos es uno de los factores que más influye en la pérdida de vigor y en la reducción de la vida productiva de los cultivos de musáceas (plátano y banano). En plantaciones con más de seis años, lo normal es encontrar grandes comunidades de nematodos compuestas por varias especies. De mayor a menor, se ha reportado la siguiente lista de especies en cuanto a su importancia económica: *Radopholus similis*, *Helicotylenchus* spp., *Meloidogyne* spp., *Pratylenchus* spp. (González Cardona et al., 2009; Salazar et al., 2012; Jaraba et al., 2020).

Los nematodos son animales filiformes, con cuerpo sin segmentos, cubiertos por una cutícula hialina (transparente) y con estrías bien definidas; no cuentan con extremidades u otros apéndices, y tienen boca bien diferenciada, que en el caso de los fitoparásitos

se caracteriza por la presencia de estilete (una boca modificada en forma de aguja que les permite punzar las raíces y succionar nutrientes). Los nematodos pueden sobrevivir en casi todos los hábitats, pero en términos prácticos son esencialmente acuáticos y requieren de buenos contenidos de humedad para permanecer en el suelo. No pueden verse a simple vista, por lo que se requiere el uso de microscopio para observarlos; en general, miden entre 300 y 1.000 μm de largo y entre 15 y 35 μm de ancho (Guzmán Piedrahita et al., 2009; Lara et al., 2016).

Los nematodos causan daños directos en raíces y cormos al producir heridas a través de las cuales se favorece la entrada de otros patógenos como *Fusarium* y *Ralstonia*. La descomposición de las raíces por la presencia de altas cantidades de nematodos genera disminución del crecimiento de las plantas (hojas más pequeñas y menor número y peso de frutos en el momento de la cosecha); además, el síntoma más común es el volcamiento de las plantas y la pudrición del sistema radicular (Guzmán-Piedrahita & Castaño-Zapata, 2004; Rodríguez et al., 2018; Jaraba et al., 2020; González-García et al., 2021). Sin embargo, el síntoma característico más usado para diagnóstico visual es la presencia de necrosis en las raíces, que se observan como pequeñas lesiones de color rojizo a negro, producto de la alimentación de los nematodos, los cuales generalmente están acompañados de amarillamientos pronunciados en el borde de las hojas y reducción del crecimiento (figuras 1.8a y 1.8b).

El movimiento de los nematodos por sí solos es muy limitado, por lo que su principal forma de dispersión es el uso de material infectado o la siembra en suelos con altas poblaciones de estos microorganismos (Ágrios, 2006; Guzmán Piedrahita et al., 2009; Rodríguez et al. 2019).

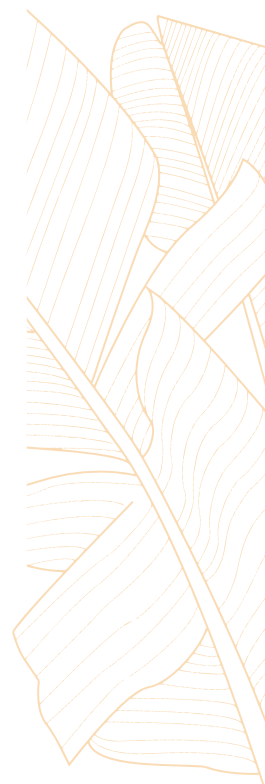


Figura 1.8.

Síntomas asociados a nematodos. a. Volcamiento y poca producción de raíces; b. Necrosis de raíces apicales y en el interior, por la alimentación de los nematodos.



Fotos: Mónica Betancourt Vásquez y Gustavo Rodríguez Yzquierdo

Enfermedades virales

Virus del rayado del banano (*banana streak virus* [BSV])

La enfermedad del rayado del banano es causada por diferentes especies de BSV, que pertenecen al género *Badnavirus*, familia *Caulimoviridae* (Hull et al., 2005). BSV presenta alta diversidad genética (Harper et al., 2005): actualmente, el Comité Internacional de Taxonomía de Virus (ICTV f.) reconoce nueve especies: GF (BSGFV), IM (BSIMV), Mysore (BSMYV), OL (BSOLV), UA (BSUAV), UI (BSUIV), UL (BSULV), UM (BSUMV) y VN (BSVNV).

Este patógeno se caracteriza por presentar partículas baciliformes que miden entre 120 y 150 nm, con genoma discontinuo, formado por ADN circular bicatenario de aproximadamente 7,4 Kb y compuesto de tres marcos de lectura abiertos que codifican para proteínas involucradas en procesos de replicación, movimiento y formación de cápside (Javer Higginson, 2007). BSV se puede encontrar en dos estados: como forma episomal, produciendo infección en las

células vegetales, o como ADN viral integrado dentro del genoma B del plátano. Ambas formas pueden llegar a ser infecciosas en las plantas de banano (Jacobsen et al., 2019). El impacto económico ocasionado por el virus en la producción es variable (pérdidas entre el 7 y el 90 % han sido registradas en Ecuador), pues depende de las condiciones ambientales y de la especie de virus que ocasiona la infección; sin embargo, el BSV afecta la producción de semilla, el movimiento de germoplasma y el mejoramiento genético (Jacobsen et al., 2019; Javier Higginson, 2007; Mocha-Cuenca, 2020).

Los síntomas varían de acuerdo con el aislamiento y los cultivos. La mayoría de los aislamientos producen rayas cloróticas continuas o separadas, que son primero cloróticas, luego se vuelven cada vez más oscuras y finalmente resultan en rayas necróticas en las hojas adultas. En plantas de vivero, el síntoma más común es la disminución de crecimiento y la presencia de rayados pronunciados. Se han observado otros síntomas, como falla en la emergencia del racimo, rajamiento del pseudotallo y disposición de las hojas en forma de abanico (Lockhart, 1986; Lockhart & Jones, 1999). Algunos aislamientos de BSV presentes en África producen necrosis severa. Esta sintomatología inicia con la hoja bandera o cigarro y posteriormente resulta en una necrosis interna del pseudotallo, reducción del tamaño del racimo, emergencia incompleta y muerte de la planta. Algunos aislamientos producen rayas oscuras o puntos de color marrón muy finos que pueden ser visibles en el pseudotallo (Lockhart & Jones, 1999). Los síntomas pueden confundirse con CMV o pueden presentarse en infecciones mixtas (figuras 1.9a y 1.9b).

BSV endógenos pueden desarrollar síntomas, particularmente en plantas de plátano AAB, cuando se someten a diferentes tipos de estrés como la producción por cultivo de tejidos *in vitro*, cambios fuertes de temperatura o estrés por déficit hídrico (Jacobsen et al., 2019).

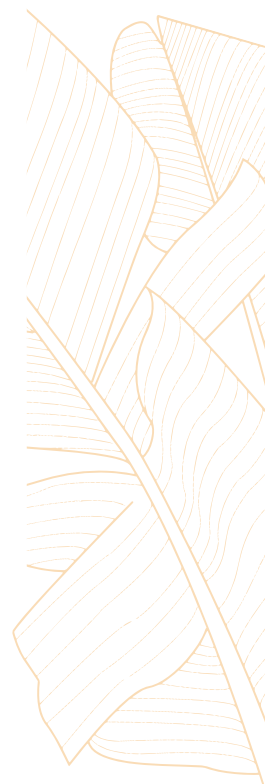


Figura 1.9.

Síntomas asociados a la enfermedad del BSV en plantas de plátano.

a. Síntomas foliares de rayado clorótico y necrótico en foliolos;

b. Síntomas de rajadura del pseudotallo.



Fotos: Mónica Betancourt Vásquez

BSV no se transmite por inoculación mecánica, por lo tanto, es poco probable que el virus se transmita por herramientas de corte o durante operaciones de cultivo (Lockhart & Jones, 1999). Como otros badnavirus, BSV se transmite de plantas infectadas a sanas por cochinillas (Hemiptera: Pseudococcidae), de manera semipersistente; las principales especies reportadas en la transmisión son: *Planococcus citri* y *Pseudococcus* sp. (Lockhart & Jones, 1999). En experimentos en invernadero también se ha logrado la transmisión por la cochinilla de la piña (*Dysmicoccus brevipes*) y la cochinilla rosada de la caña de azúcar (*Saccharicoccus sacchari*) (Kubiriba et al., 2001a, 2001b). El virus no se multiplica en los insectos vectores y no se transmite por vía transovárica; es decir, no se transmite entre generaciones del insecto (Watson & Kubiriba, 2005).

Las observaciones en muchos países sugieren que la propagación del virus de una planta a otra por las cochinillas puede ser limitada. Sin embargo, en países como Colombia y Ecuador, se ha reportado alta incidencia del virus en plantaciones nuevas de banano de exportación, lo cual en general coincide con altas

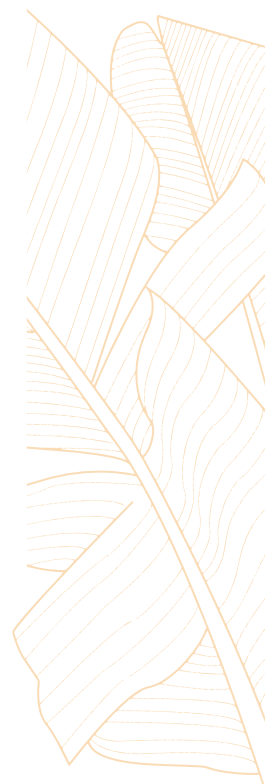
poblaciones de cochinillas (Lockhart & Jones, 1999). El principal medio de diseminación a larga distancia es el material vegetal (cormos y colinos) (Daniells et al., 1995). Además, se ha descrito que plantas producidas por cultivo de tejido derivados de meristemos extraídos de plantas enfermas pueden portar BSV, si no se combinan técnicas de termoterapia y quimioterapia (Lockhart & Jones, 1999); adicionalmente, los elementos virales endógenos presentes en los genomas de musáceas se pueden activar durante la propagación vegetativa debido a procesos de hibridación (Umber et al., 2022).

Virus del mosaico del pepino (*cucumber mosaic virus* [CMV])

El CMV infecta a más de 1.000 especies de plantas distribuidas en 85 familias, siendo el virus con mayor gama de hospedantes conocidos. Es transmitido en condiciones naturales por áfidos y por semilla vegetativa. Se transmite de manera no persistente (es decir, los pulgones o áfidos necesitan periodos de adquisición e inoculación de unos pocos segundos) por más de 80 especies de áfidos, entre los que se destacan *Aphis gossypii* y *Myzus persicae*, especies que son muy comunes en el continente americano (Betancourt et al., 2021).

Los primeros reportes de CMV en Colombia se refieren a síntomas en banano Gros Michel en 1940 en la zona cafetera, específicamente en el departamento del Quindío (Belalcázar Carvajal, 1991); posteriormente, la enfermedad se detectó en Urabá sobre cultivares de banano Cavendish. Al respecto, Belalcázar et al. (1996) analizaron el efecto de este virus en las variables de crecimiento, desarrollo y producción del clon de banano Gros Michel, y encontraron que la infección por CMV reduce la altura y el perímetro del pseudotallo, así como el peso de los racimos.

En la zona cafetera, Martínez (2002) y Betancourt y Alarcón (2002) describieron, en cultivos de plátano Dominico-Hartón en Chinchiná y Santagueda (Caldas), la presencia de CMV y del virus del mosaico suave del banano (*banana mild mosaic virus*





[BanMMV]), con niveles de incidencia de entre el 2 y el 5 % dentro de las plantaciones afectadas.

Becerra et al. (2011) analizaron

la incidencia de CMV y de BSV en cultivos de plátano de la zona cafetera central, en los departamentos de Risaralda, Quindío y Caldas. Allí, se detectaron niveles de incidencia del 4 al 17 % para el CMV y una alta incidencia de infecciones mixtas entre el CMV y el BSV de entre el 10 y el 40 %, principalmente en cultivos de menos de un año desde la siembra.

Sin embargo, en trabajos recientes desarrollados por AGROSAVIA en el Eje Cafetero, Huila y Valle del Cauca, no se ha podido detectar la presencia de este virus, lo que puede indicar cambios en la dispersión e incidencia del virus en el país.

El principal síntoma de CMV son los mosaicos, que pueden variar de intensidad entre las hojas; sin embargo, es común que pasen inadvertidos en plantas adultas y pueden desaparecer y reaparecer de acuerdo con las condiciones climáticas y el manejo del cultivo (Stover, 1972). En general, CMV aparece de forma localizada, y solamente se han descrito epidemias importantes cuando está asociado a BSV; en estos casos, es común observar pudriciones de la hoja bandera y del cilindro central de las plantas (Gowen, 1995; Martínez, 2002). En campo se observan síntomas como mosaicos, deformaciones de hojas, rayados, rayados cloróticos a necróticos, quemazón de la hoja cigarro, láminas de las hojas muy delgadas y estrechas, y rajaduras del pseudotallo. La intensidad de los síntomas se asocia en general a la presencia de infecciones mixtas. Los síntomas en plantas jóvenes se caracterizan por la presencia de mosaicos leves a severos, disminución del crecimiento de la planta y deformación de las hojas (figura 1.10).

Figura 1.10.

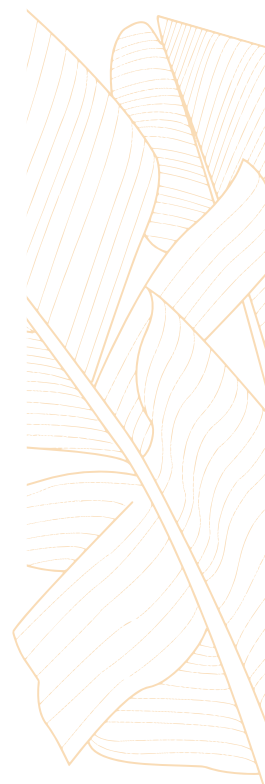
Síntomas de CMV en plantas jóvenes de plátano (cuatro meses): hojas con mosaico.

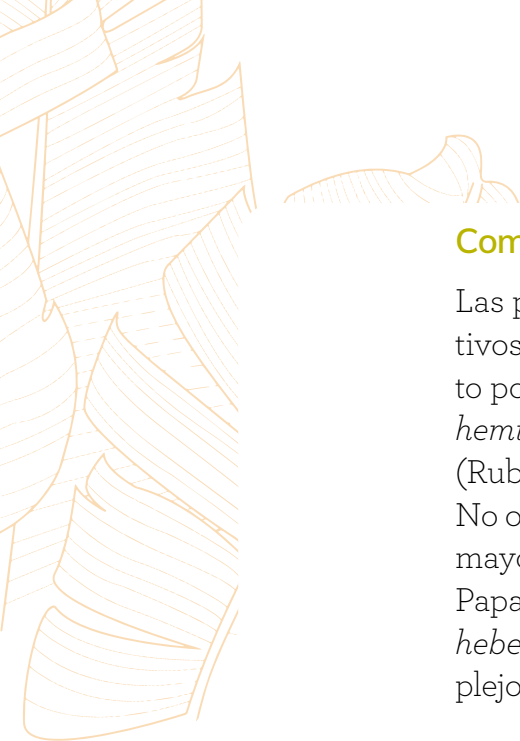


Foto: Mónica Betancourt Vázquez

En cuanto a los medios de dispersión, la transmisión de CMV en condiciones naturales se realiza por pulgones y por semilla vegetativa. Debido al tipo de transmisión no persistente por áfidos, los hospedantes alternos son fundamentales para el mantenimiento del virus, pues actúan como fuentes primarias de inóculo para los vectores (Betancourt et al., 2013; Palukaitis et al., 1992; Sacristán et al., 2004).

Algunas cepas de virus se transmiten más fácilmente que otras (Simons, 1955) y la transmisibilidad por *Myzus persicae* puede perderse por completo en algunas ocasiones (Palukaitis & García-Arenal, 2018). El virus puede ser adquirido por todos los estadios en 5 a 10 segundos; su capacidad para transmitir disminuye después de aproximadamente 2 min y generalmente se pierde en 2 h (Hoggan, 1933; Simons, 1955).





Complejo de picudos

Las plagas más comunes e importantes económicamente en cultivos de banano y plátano son el complejo de picudos, compuesto por las especies *Cosmopolites sordidus* (Germar), *Metamasius hemipterus* (Linnaeus) y *Metamasius hebetatus* (Gyllenhaal) (Rubio & Acuña, 2006; Sánchez Bernal & Vallejo Espinosa, 2010). No obstante, a nivel global y nacional, *C. sordidus* es el insecto de mayor importancia en estos cultivos (Montesdeoca et al., 2005; Paparu et al., 2008). Esta especie, junto con *M. hemipterus* y *M. hebetatus*, integran lo que se conoce en Colombia como el complejo picudo del plátano.

Estas especies de Curculionidae pertenecen a la subfamilia Dryophthorinae: las más frecuentes son *C. sordidus* y *M. hemipterus*, y en menor grado se reporta *M. hebetatus* (González et al., 2007; Rubio & Acuña, 2006).

Además, se destaca que cada especie, tanto en estado larval como adulto, se alimenta de una parte específica del hospedero. *C. sordidus* del cormo, *M. hemipterus* del pseudotallo y *M. hebetatus* se alimenta de los primeros centímetros de pseudotallo cerca al cormo (Gonzales et al., 2007), generando disminución de vida útil y rendimiento de las plantaciones. (Sepúlveda & Rubio, 2009, citado por Duque, 2012, p. 8)

En la zona cafetera, en cultivos de plátano, se ha reportado que los niveles de *C. sordidus* corresponden al 40,5 %, mientras que el nivel de *M. hebetatus* es del 33,9 % y el de *M. hemipterus* es del 25,6 % (Castrillón, 2000).

C. sordidus, la especie más importante, es un insecto negro, con un tamaño aproximado de 15 a 18 mm de longitud, cuerpo estrecho, alargado y ovalado, con superficie lisa y glabra. La cabeza presenta un pico largo y curvo (Cárdenas & Arango, 1987; Sepúlveda-Cano & Rubio-Gómez, 2009). En general, los adultos se caracterizan por tener movimiento lento, actividad nocturna y suelen huir de la luz. Su rango óptimo de temperatura está entre 18 y 40 °C, y tienen un ciclo de vida de 810 días en condiciones naturales, 748 en laboratorio y 60 sin alimento (Becarri, 1967,

citado por Sánchez Bernal & Vallejo Espinosa, 2010). *C. sordidus* es oligófago, es decir que solo se alimenta de plantas de los géneros *Musa*, especialmente de los cormos (Gold & Messiaen, 2000).

[*C. sordidus*] presenta cuatro estadios larvales con una duración de entre 25 y 35 días y las larvas son ápodas, miden de 12 a 15 mm de longitud. Son de color blanco amarillento y su cabeza es bien desarrollada, de color café oscuro con mandíbulas grandes y fuertes. El estadio de pupa mide 12 mm y dura aproximadamente siete días en eclosionar, pasando de coloración blanca a ámbar y se desarrolla al interior del rizoma. (Cárdenas et al., 1991; Castrillón, 2000) (Figura 1.11)

Figura 1.11.

Picudos. a. Adultos de picudo; b. Daños en cormos de semilla.



Foto: José Darío Ule Rodríguez

Los picudos son especialmente atraídos por las sustancias volátiles emanadas de las plantas hospederas; por lo tanto, todas las labores de cultivo que impliquen cortes en la planta (como podas, deshijes y, sobre todo, la separación y preparación de semillas o cormos) favorecen la diseminación de esta plaga (Conceição et al., 2017; Da Silva et al., 2017). Por esta razón, cuando se produce semilla por cormos o se tienen huertos de multiplicación intensiva, el riesgo de la presencia de picudos es muy alto y es necesario desarrollar estrategias para prevenir el ingreso de este insecto a los huertos de producción.



Cuando se inician siembras con material infectado por este insecto, se pueden generar pérdidas superiores al 40 % del cultivo. El daño que ocasionan los picudos tiene consecuencias importantes en el rendimiento de la planta, pues afectan el desarrollo radicular, causan necrosis, limitan la absorción de la planta, retrasan la floración y facilitan la entrada de patógenos del suelo como *Ralstonia* y *Fusarium* (Gold & Messiaen, 2000; Heck et al., 2021).

Esquema de aseguramiento sanitario en musáceas

Para garantizar la sanidad del material vegetal que se produce, es necesario aplicar normas estrictas de prevención, seguimiento y diagnóstico. En la tabla 1.1 se describe el esquema de aseguramiento de calidad de semilla en musáceas diseñado por AGROSAVIA para la producción de material vegetal de plátano en núcleos de producción instalados en diferentes regiones del país.

Este esquema se sustenta con el desarrollo de metodologías de diagnóstico de los patógenos y el seguimiento o trazabilidad de las actividades que se deben desarrollar en los huertos de producción de semilla. El esquema describe las recomendaciones para la identificación y seguimiento de las enfermedades o plagas, los métodos de diagnóstico recomendados y los niveles de restricción que deberían manejarse de acuerdo con el tipo de huerto de producción. Además, para los casos en los que es posible aplicar algún tipo de control, se describen las recomendaciones generales.

Tabla 1.1. Esquema de aseguramiento sanitario para musáceas en huertos de producción de semilla

Patógeno o plaga	Evaluación de la enfermedad	Método de diagnóstico	Nivel de restricción de la presencia-ausencia				Manejo
			Huerto madre (HM)	Huerto de multiplicación intensiva (HMI)	Cámara térmica o túneles	Vivero	
Enfermedades producidas por bacterias							
Moko (<i>Ralstonia solanacearum</i> Smith raza 2)	Protocolo: los huertos de producción deben ser evaluados por monitoreo visual planta a planta frente a la presencia de síntomas de marchitamientos, amarillamientos y generación de exudados. Frecuencia de evaluación: quincenal para HM y HMI, y semanal para cámara térmica, túneles y vivero.	Método: molecular (Cellier et al., 2015). Unidad de muestreo: 0,05 % del total del lote dentro de cada módulo de producción. Frecuencia: anual.	Ausente.	Ausente.	Ausente.	Ausente.	No aplica. En caso de diagnosticarse este patógeno y dado que el ICA la clasifica como una enfermedad de control en Colombia, se debe informar a la autoridad sanitaria y se recomienda eliminar todo el huerto de producción.
Pudrición acuosa del pseudotallo o bacteriosis (<i>Dickeya chrysanthemi</i>)	Protocolo: se realiza una evaluación visual aleatoria en cada módulo para evidenciar marchitamiento, amarillamiento o presencia de lesiones acuosas en el pseudotallo para plantas con más de 5 hojas verdaderas y se registra la incidencia en cada módulo. Frecuencia de evaluación: mensual para HM y HMI, y semanal para cámara térmica, túneles y vivero.	Método: molecular. Unidad de muestreo: visual, y solo se recurre a diagnóstico molecular en caso de síntomas recurrentes, con muestreo directo a plantas enfermas. Frecuencia: solo en caso de ser necesario.	0,5 %	0,5 %	Ausente.	Ausente.	Eliminar las plantas afectadas y sus vecinas. Desinfectar con yodo los sitios afectados y aplicar fosfitos de potasio cuando se presenten casos recurrentes.

Continúa en la siguiente página...



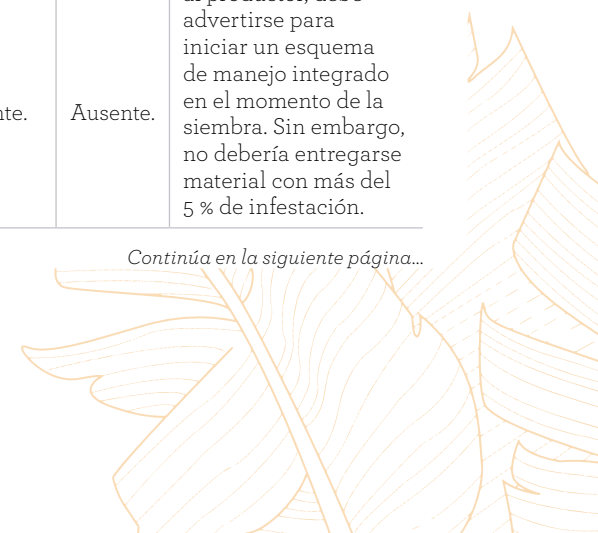


Patógeno o plaga	Evaluación de la enfermedad	Método de diagnóstico	Nivel de restricción de la presencia-ausencia				Manejo
			Huerto madre (HM)	Huerto de multiplicación intensiva (HMI)	Cámara térmica o túneles	Vivero	
Enfermedades producidas por virus							
CMV y BSV (virus del mosaico del pepino - <i>cucumber mosaic virus</i>) y (virus del rayado del banano - <i>banana streak virus</i>)	Protocolo: identificación de síntomas visuales de rayados, mosaicos, deformaciones y reducción del crecimiento. Frecuencia de evaluación: quincenal para HM y HMI, y semanal para cámara térmica, túneles y vivero.	Método: molecular. BSV: Anses (2021). CMV: Hu et al. (1995). Unidad de muestreo: 0,02 % del total del lote dentro de cada módulo de producción. Frecuencia: anual.	> 1 %	> 1 %	Ausente.	Ausente.	Eliminar plantas enfermas, verificar presencia de vectores y, en caso de observarlos, aplicar insecticidas. Manejo de arvenses en el interior de los lotes y evitar hospederos de virus.
Enfermedades producidas por hongos							
Sigatoka negra (<i>Mycosphaerella fijiensis</i>)	Protocolo: evaluación de la presencia de manchas y síntomas de la enfermedad, calculando el índice de hoja más joven manchada (HMJM). Frecuencia de evaluación: mensual para HM y HMI, y semanal para cámara térmica, túneles y vivero.	Método: visual.	No restrictivo.	No restrictivo.	Ausencia de síntomas foliares.	Ausencia de síntomas foliares.	En HM y HMI se pueden aceptar niveles del 15 al 20 % de la enfermedad. Se recomienda deshoje y cirugía para reducir la incidencia y severidad. En plantas jóvenes, la presencia de la enfermedad indica deficiencias nutricionales que deben ser corregidas.

Continúa en la siguiente página...

Patógeno o plaga	Evaluación de la enfermedad	Método de diagnóstico	Nivel de restricción de la presencia-ausencia				Manejo
			Huerto madre (HM)	Huerto de multiplicación intensiva (HMI)	Cámara térmica o túneles	Vivero	
Marchitamiento por <i>Foc R1</i> (<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>cubense</i>) y <i>Foc R4T</i>	Protocolo: los huertos de producción deben ser evaluados por monitoreo visual planta a planta frente a la presencia de síntomas de marchitamientos y amarillamientos severos en hojas y peciolo. Frecuencia de evaluación: quincenal para HM y HMI, y semanal para cámara térmica, túneles y vivero.	Método: molecular. Foc R1: Carvalhais et al. (2019). Foc R4T: C. Y. Li et al. (2013). Unidad de muestreo: 0,05 % del total del lote dentro de cada módulo de producción. Frecuencia: anual.	Ausente.	Ausente.	Ausente.	Ausente.	No debe encontrarse la enfermedad. En caso de reportarse, todo el huerto y sus plantas deben ser eliminados. Se recomienda estricto control de bioseguridad y de manejo de sustratos para evitar el ingreso a los sistemas de producción.
Enfermedades producidas por nematodos							
Nematodo barrenador (<i>Radopholus similis</i> Cobb)	Protocolo: evaluación de síntomas de reducción de crecimiento, amarillamiento de hojas jóvenes y daños en raíces. Frecuencia de evaluación: quincenal para HM y HMI, y semanal para cámara térmica, túneles y vivero.	Método: flotación-centrifugación. Unidad de muestreo: 0,02 % de cada lote de producción (suelo y raíces) cada seis meses y siempre al 0,05 % de los lotes de semilla por entregar.	Máximo 10 %.	Máximo 10 %.	Ausente.	Ausente.	En caso de encontrarse en HM y HMI, aplicar controladores biológicos a base de <i>Pochonia chlamydosporia</i> o extractos vegetales (ruda). Si se observa en material para entregar al productor, debe advertirse para iniciar un esquema de manejo integrado en el momento de la siembra. Sin embargo, no debería entregarse material con más del 5 % de infestación.
Nematodo lesionador (<i>Pratylenchus coffeae</i> Zimmerman y <i>Pratylenchus goodeyi</i>)			Máximo 5 %.	Máximo 5 %.	Ausente.	Ausente.	
Nematodo espiral (<i>Helicotylenchus multicinctus</i> Cobb)			Máximo 5 %.	Máximo 5 %.	Ausente.	Ausente.	

Continúa en la siguiente página...





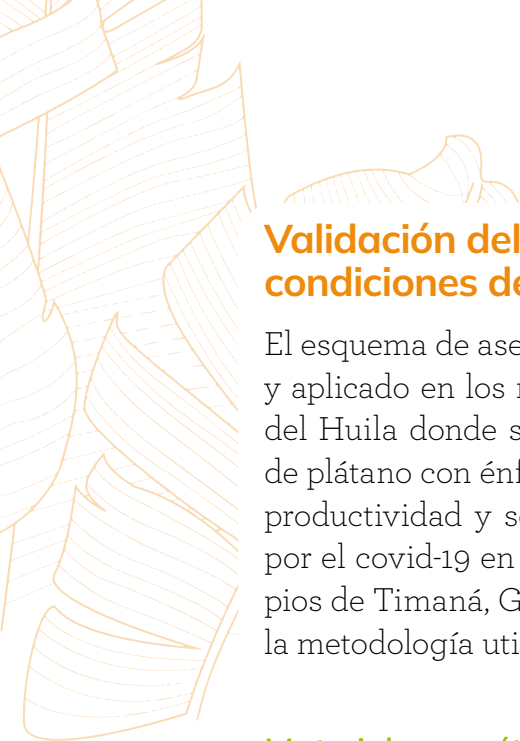
Patógeno o plaga	Evaluación de la enfermedad	Método de diagnóstico	Nivel de restricción de la presencia-ausencia				Manejo
			Huerto madre (HM)	Huerto de multiplicación intensiva (HMI)	Cámara térmica o túneles	Vivero	
Plagas (insectos)							
Complejo de picudos: picudo negro (<i>Cosmopolites sordidus</i>), picudo rayado y amarillo (<i>Metamasius hemipterus</i> , <i>M. hebetatus</i> y <i>M. submaculatus</i>)	Protocolo: se debe identificar la presencia de galerías en los cormos o base del pseudotallo. Frecuencia de evaluación: se realiza monitoreo dos veces a la semana al número de adultos capturados en trampas ubicadas aleatoriamente en cada lote de producción, con el fin de programar labores de control. Las trampas se renuevan cada 15 días, aproximadamente.	Método: visual. Unidad de muestreo: muestreo del 10 % de los cormos para verificación de síntomas en el momento de entrega de semilla y determinación de niveles de incidencia del problema.	Máximo 10 %.	Máximo 10 %.	Ausente.	Ausente.	En caso de presentarse en HM y HMI, debe intensificarse el uso de trampas y la aplicación de entomopatógenos como <i>Beauveria bassiana</i> y <i>Metarhizium anisopliae</i> . Es recomendable aplicar siempre estos tratamientos de manera preventiva.
Cochinillas harinosas (<i>Planococcus citri</i> , <i>Pseudococcus</i> sp., <i>Dysmicoccus brevipes</i> , <i>Saccharicoccus sacchari</i> y <i>Saccharicoccus</i> spp.)	Protocolo: identificación de individuos en calcetas de las plantas. Frecuencia de muestreo: mensual.	Método: revisión visual con lupas de 20X a 30X, observación planta a planta y conteo individual. Unidad de muestreo: muestreo destructivo entre las calcetas o dentro del pseudotallo, 0,02 %.	5 %	5 %	Ausente.	Ausente.	En caso de presentarse, se debe tener cuidado de la aparición de síntomas de virus, dado que estos insectos son vectores de BSV. Se deben aplicar entomopatógenos en los focos donde se presente; solo se acepta en HM y HMI.

Continúa en la siguiente página...

Patógeno o plaga	Evaluación de la enfermedad	Método de diagnóstico	Nivel de restricción de la presencia-ausencia				Manejo
			Huerto madre (HM)	Huerto de multiplicación intensiva (HMI)	Cámara térmica o túneles	Vivero	
Pulgones	Protocolo: identificación de individuos o colonias en hojas jóvenes. Frecuencia de muestreo: mensual.	Método: visual. Para el monitoreo directo de pulgones, se muestrearán las hojas jóvenes de la planta y la hoja bandera. En cada planta se cuantificará el número total de colonias, y dentro de ellas, el número de individuos alados y ápteros por material y especie. Unidad de muestreo: 0,02 % en cámara térmica, túneles y vivero.	No definido.	No definido.	Ausente.	Ausente	Es muy raro observar colonias de pulgones en plantas adultas, por lo que su presencia solo es restrictiva en cámaras, túneles y viveros. En caso de presentarse, deben aplicarse insecticidas de forma preventiva y revisar continuamente la presencia de síntomas de virus.

Fuente: Elaboración propia





Validación del esquema de aseguramiento sanitario en las condiciones del Huila

El esquema de aseguramiento sanitario presentado en la tabla 1.1 fue validado y aplicado en los núcleos de producción de semilla de las cuatro localidades del Huila donde se desarrolló 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”, específicamente en los municipios de Timaná, Garzón, Palermo y Santa María. A continuación, se presentan la metodología utilizada y los resultados encontrados.

Materiales y métodos

El esquema sanitario se aplicó en tres momentos. El primero, antes de la instalación de los núcleos de producción de semilla, con tres enfoques: a) verificación de la sanidad de los suelos donde se instalarían los huertos, a partir de la confirmación de ausencia de enfermedades del suelo, como *Foc* R1, *Foc* R4T y *Ralstonia*; b) revisión de los cultivos seleccionados de productores de la región que apoyaron con la entrega del material vegetal para el establecimiento de los núcleos de producción, y c) muestreo en los huertos de producción de semilla establecidos a los seis y ocho meses después de la de siembra, para verificar la sanidad en cada una de las fases de producción y corroborar la calidad sanitaria de la semilla.

Diagnóstico de *Foc* y *Ralstonia*

La detección de *Foc* y *Ralstonia*, por ser habitantes del suelo, se hizo en dos tipos de muestras: en suelo, para verificar la sanidad de los lotes, y en tejido, para verificar y validar el esquema de aseguramiento sanitario.

Análisis microbiológico en muestras de suelo

Las muestras de suelo procedentes de los núcleos de producción fueron homogeneizadas y se procedió a tomar una alícuota de 5 g, la cual se diluyó en 45 mL de tween al 0,1 % y se agitó durante 2 minutos en vórtex. Se sembró la muestra directa y una dilución (10^{-3}) en agar komada (*Fusarium* sp.) y agar TZC (*R. solanacearum*), respectivamente. Se procedió con el proceso de incubación para posteriormente realizar la confirmación empleando PCR de colonia.

PCR de Colonia: con un asa recta, se tomó una porción de micelio aéreo o de la colonia bacterial o fúngica y se dispuso en un tubo de 0,2 mL con 20 µL de agua grado molecular; posteriormente, se realizó una lisis por choque térmico para luego incubar la muestra a 95 °C durante 10 minutos. La muestra se centrifugó por 1 minuto a máxima velocidad, y el sobrenadante resultante se usó como muestra objetivo para la amplificación por PCR convencional.

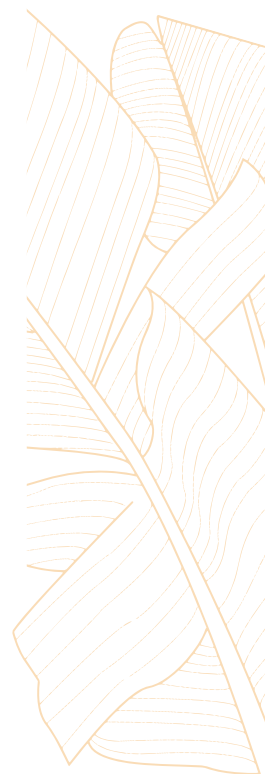
Extracción de ADN a partir de material vegetal: la extracción de ácidos nucleicos se realizó a partir de raíz o cormo, los cuales fueron lavados (para retirar el suelo adherido) y almacenados en tubos de polipropileno a -80 °C; posteriormente, se liofilizaron durante 48 horas, y, finalmente, se maceró el tejido vegetal con nitrógeno líquido y se procedió a realizar la extracción de ADN con el protocolo propuesto por Daire et al. (1997). La calidad y concentración del ADN extraído se determinó por electroforesis en gel de agarosa al 0,8 % y NanoDrop.

Detección molecular de *Foc R1*, *Foc R4T* y *R. solanacearum*

Para determinar la calidad del ADN extraído de material vegetal proveniente de tejidos del cormo, se realizó la amplificación por PCR convencional del gen constitutivo para musáceas BrepI (Brep_F: 5'-GATTTTGTAGATTTTGGACACCG-3'/Brep_R: 5'-GAATAACAAATATGCTCCAATACCC-3') (Mansoor et al., 2005).

La presencia de *Foc R1* se determinó con el marcador específico SIX6b (SIX6b_210_F: 5'-ACGCTTCCCAATACCGTCTGT-3'/SIX6b_210_R: 5'-AAGTTGGTGAGTATCAATGC-3') (Carvalho et al., 2019).

La presencia de *Foc R4T* se determinó mediante la amplificación del marcador W2987 (W2987_F: 5'-TGCCGAGAACCCTGACAA-3'/W2987_R: 5'-GCCGATGTCTTCGTCAGGTA-3') (C. Y. Li et al., 2013).





Y para la detección de *R. solanacearum* (filotipo II4B, patógeno en musáceas), se empleó el marcador específico 93 F/R (93_F: 5'-CGCTGCGCGGCCGTTTCAC-3'/93_R: 5'- CGGTCGCGG-CATGGGCTTGG-3') (Cellier et al., 2015).

Detección de BSV

La detección de BSV y sus variantes en las muestras de ADN vegetal se determinó en muestras de tejido foliar provenientes de los semilimbos de las hojas en su parte central, mediante la amplificación por inmunocaptura PCR multiplex usando iniciadores para las diferentes variantes BSOLV, BSMYV, BSGFV y BSIMV (tabla 1.2); el protocolo fue validado con la enzima GoTaq® G2 Flexi DNA Polymerase (Promega).

Detección de CMV

Se usaron los extractos obtenidos con el protocolo de Daire et al. (1997), a partir de material vegetal de plantas de musáceas, previamente cuantificados por Nanodrop y verificados con el gen de expresión constitutiva BrepI.

Síntesis de DNA complementario (cDNA) por transcripción reversa (RT)

La síntesis de cDNA se hizo utilizando *random primers* y la enzima *reverse transcriptase* (M-MLV RT) de Invitrogen®; posteriormente, la PCR se desarrolló con los iniciadores descritos en la tabla 1.3, utilizando la *DNA polymerase reagent* GoTaq® G2 Flexi DNA Polymerase con Standard Taq Buffer (Promega).

Tabla 1.2. Secuencias de los iniciadores evaluados como control interno y detección del virus BSV y sus variantes

Patógeno	Iniciador	Secuencia 5'-3'	Tamaño esperado (pb)	Referencia
Control interno	BrepF	GATTTTGTAGATTTTGGACACCG	400	Mansoor et al. (2005)
	BrepR	GAATAACAAATATGCTCCAATACCC		
BSIMV	Im R	CACCCAGACTTTTCTTTCTAGC	384 ^a	Anses (2021)
	Im F	TGCCAACGAATACTACATCAAC		
BSMYV	Mys F	TAAAAGCACAGCTCAGAACAAACC	589	
	Mys R	CTCCGTGATTTCTTCGTGGTC		
BSGFV	Gf R	TCGGTGGAATAGTCCTGAGTCTTC	476	
	Gf F	ACGAACTATCACGACTTGTTCAAG C		
BSOLV	Ol R	GCTCACTCCGCATCTTATCAGTC	522	
	Ol F	ATCTGAAGGTGTGTTGATCAATGC		

Fuente: Elaboración propia con base en Geering et al. (2000) y Geering et al. (2011)



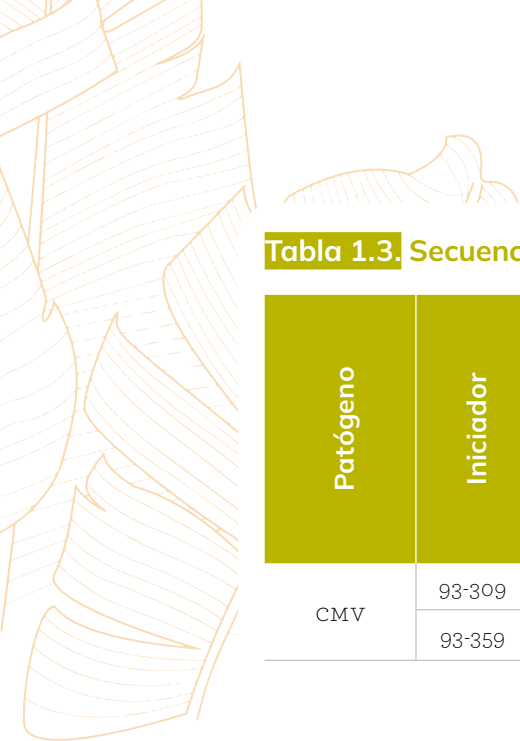


Tabla 1.3. Secuencias de los iniciadores para la detección de CMV

Patógeno	Iniciador	Secuencia 5'-3'	Tamaño esperado (pb)	Referencia
CMV	93-309	CATCGACCATGGACAAATCTGAATCAAC	745	Hu et al. (1995)
	93-359	CTCTCCATGGCGTTTAGTGACTTCAGCAG		

Fuente: Elaboración propia

Resultados y discusión

Debido a las dificultades para la consecución de semilla registrada de plátano, el material para iniciar los núcleos de producción de semilla, específicamente el HM, el HMI y el huerto comercial (HC), se obtuvo a partir de cultivos de productores ubicados en la misma zona de trabajo.

Tomar esta decisión significó un desafío muy grande, pues era necesario garantizar que el material de partida cumpliera todos los requerimientos de calidad de semilla para asegurar la sanidad de los núcleos de producción; por esta razón, se hicieron cuatro visitas de campo para seleccionar los mejores cultivos con disponibilidad de extracción de material de siembra, específicamente de colinos tipo aguja que previamente fueron seleccionados por indicadores de calidad física y fisiológica. En cada predio se seleccionaron plantas elite para la toma de semillas, para lo cual se tuvieron en cuenta criterios genéticos, fisiológicos y sanitarios. A nivel sanitario, se tomaron muestras del 10 % de las plantas que se usarían como plantas madre y se verificó, por métodos moleculares, que estuvieran libres de las enfermedades cuarentenarias *Fusarium* y *Ralstonia*. Además, de forma visual y molecular se verificó la ausencia de enfermedades virales.

Se visitaron cuatro fincas ubicadas en los municipios de Palermo, Gigante, Pitalito y Garzón, las cuales tuvieron incidencias de BSV del 0 %, 0,2 %, 5 % y 7 %, respectivamente, por medio de la metodología descrita en el protocolo de Anses (2021). A partir de estos resultados, se descartaron los lotes de Pitalito y Garzón por la presencia de virus, y se tomaron como HM para la extracción de semilla las localidades de Gigante y Palermo. Pitalito y Garzón también se caracterizaron por una alta presencia de picudos y por desuniformidad en los tipos de material sembrados, por lo que se consideró que estas parcelas no serían viables para la extracción de material; de esta forma se estaba cumpliendo con los criterios de calidad genética y sanitaria inicial.

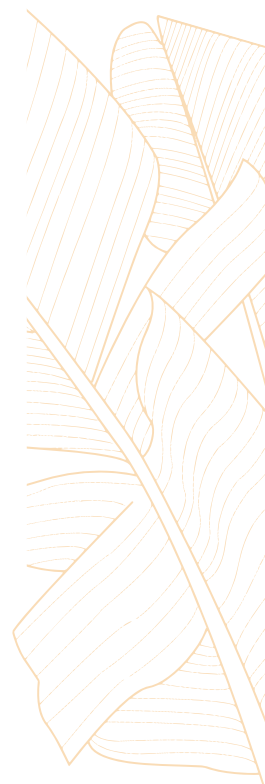
Adicionalmente, se hizo un muestreo aleatorio y se tomaron muestras de suelo para garantizar que las parcelas escogidas como fuente de semilla estuvieran libres de *Foc R1*, *Foc R4T* y *R. solanacearum* raza 2. Este mismo análisis se desarrolló en los sitios donde se instalarían los núcleos de producción.

Se procesaron en total 50 muestras de raíces y bases del cormo procedentes de cuatro municipios del departamento de Huila (tabla 1.4), y 4 muestras de suelo de los núcleos de producción.

Tabla 1.4. Muestras procesadas a partir de raíces de plátano más suelo, provenientes de cultivos del departamento del Huila utilizados para la extracción de semilla

Número de muestras	Municipio	Vereda	Tipo de muestra
20	Palermo	La Lindosa	Suelo y raíces
5	Garzón	Villa Florida, inspección Zuluaga	Suelo y raíces
10	Pitalito	El Guamal	Suelo y raíces
15	Gigante	Corozal	Suelo y raíces
5	Palermo	Núcleo de producción	Suelo
5	Garzón	Núcleo de producción	Suelo
5	Santa María	Núcleo de producción	Suelo
5	Timaná	Núcleo de producción	Suelo

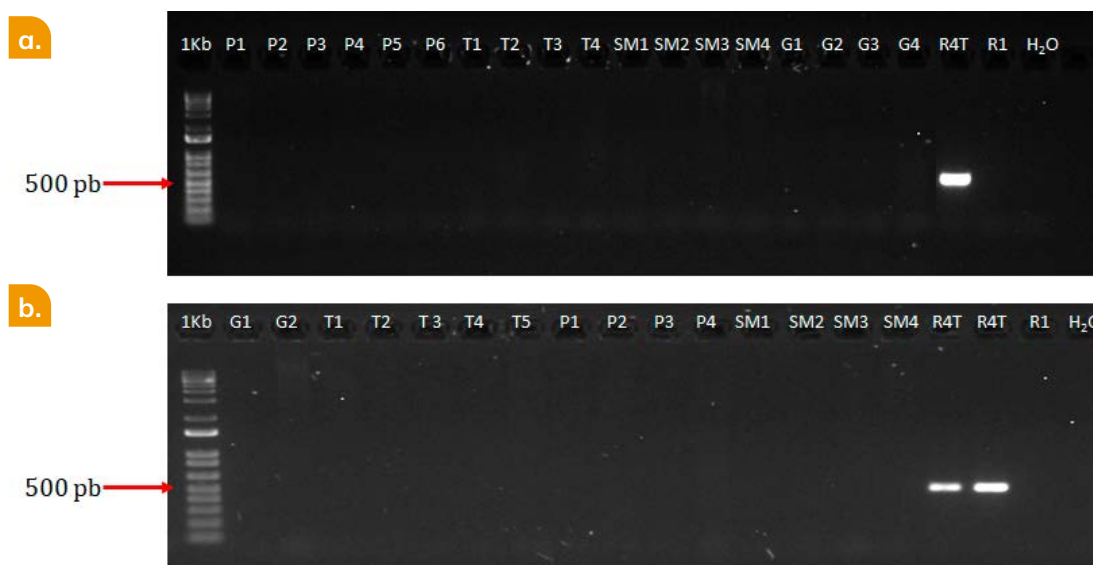
Fuente: Elaboración propia



Ninguna de las muestras evaluadas resultó positiva para *Foc* R1, *Foc* R4T o *Ralstonia*, de tal forma que se pudo garantizar que tanto los cultivos de los cuales se extraería semilla como los sitios donde se ubicarían los huertos estaban libres de problemas sanitarios cuarentenarios limitantes (figuras 1.12 y 1.13). De esta forma se cumplió con el primer requisito del esquema de aseguramiento sanitario, es decir, garantizar de manera preventiva que las zonas de producción elegidas estuvieran libres de problemas limitantes en el suelo. Adicionalmente, se garantizó la ausencia de problemas de carácter cuarentenario en los cultivos utilizados para la extracción de semillas.

Figura 1.12.

Verificación por electroforesis en gel de agarosa (1,4 %) de la amplificación del marcador W2987 (específico para *Foc* R4T) en ADN de tejido vegetal.
a. Muestreo 2021; b. Muestreo 2022.



Fuente: Elaboración propia

Figura 1.13.

Verificación por electroforesis en gel de agarosa (1,4 %) de la amplificación del marcador 93 F/R (específico para *R. solanacearum*) en ADN de tejido vegetal. a. Muestreo 2021; b. Muestreo 2022.

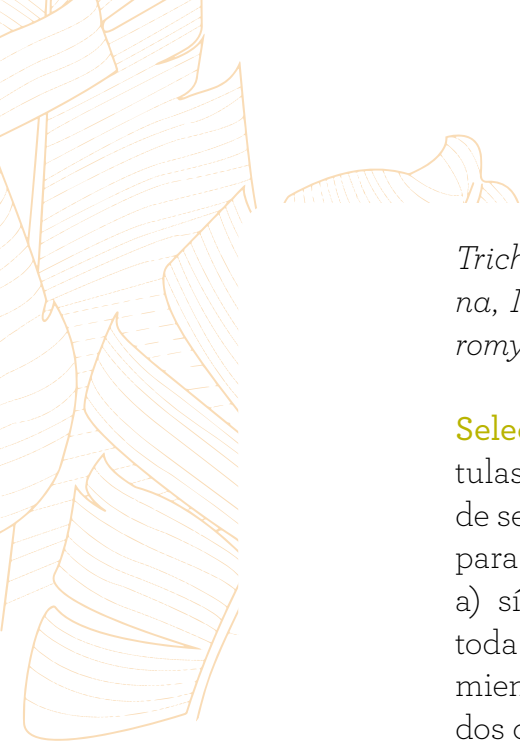


Fuente: Elaboración propia

Además de las pruebas diagnósticas, el esquema de aseguramiento sanitario se complementó con las siguientes acciones preventivas en el proceso de selección de plantas madre:

Identificación de plantas élite: se tomaron plantas paridas para garantizar el vigor del material y la identidad genética del cultivar Dominico-Hartón.

Selección de cormos: se capacitó a los productores y trabajadores encargados del proceso de selección para que eliminaran todos los cormos que tuvieran problemas de picudo; además, se les solicitó eliminar las raíces y limpiar muy bien las calcetas, de forma que disminuyeran los riesgos de dispersión de nematodos y otras plagas. En el momento de la siembra, el material fue desinfectado con una solución de yodo al 5 %, y posteriormente se inoculó con una combinación de microorganismos benéficos:



Trichoderma harzianum y *T. koningii*, *Bacillus subtilis*, *B. bassiana*, *M. anisopliae*, *Pochonia* (*Paecilomyces lilacinus*) y *Saccharomyces cerevisiae*.

Selección de colinos aguja o bandera: para la selección de plántulas a partir de cultivos establecidos, se generó una estrategia de selección negativa, de forma que se capacitó a los productores para que eliminaran plantas con las siguientes patologías: a) síntomas de mosaicos, amarillamientos, necrosamientos o toda aquella sintomatología parecida a virus; b) síntomas de rajamiento o necrosamiento en el pseudotallo; c) síntomas relacionados con elefantiasis, como embalconamiento o sobrecrecimiento de los cormos; d) síntomas fuertes de presencia de nematodos en las raíces: raspados, necrosamientos, pudriciones; e) presencia de escamas o picudos. Posterior a estos procesos de selección, se realizó una aplicación preventiva de microorganismos benéficos antes de la siembra.

Instalación de medidas de bioseguridad: teniendo en cuenta que la mayoría de los patógenos limitantes en musáceas pueden ingresar a través del suelo, en cada uno de los núcleos de producción se instalaron medidas de bioseguridad para disminuir el riesgo de ingreso de patógenos. Las medidas de bioseguridad implementadas incluyeron las siguientes acciones:

- Uso de botas exclusivas para los huertos de producción.
- Instalación de una zona de recepción y un pediluvio en la entrada principal de los núcleos de producción (figura 1.14). Estas zonas incluían un sitio para el lavado de las botas y una posterior desinfección con amonio cuaternario a 1.200 ppm.
- Instalación de gravilla desde el ingreso principal del huerto de multiplicación hasta los diferentes tipos de huertos, para reducir el contacto con el suelo.
- Registro y control de visitantes a los núcleos de producción.
- Uso de yodo para la desinfección de herramientas en el interior de los huertos después de cada labor desarrollada.

- Capacitación a los productores en la identificación de síntomas y signos de enfermedades y plagas, para que, de manera preventiva, pudieran hacer un correcto proceso de eliminación de materiales enfermos.

Figura 1.14.

Instalación de zonas de bioseguridad en los núcleos de producción de semilla.



Foto: José Darío Ule Rodríguez

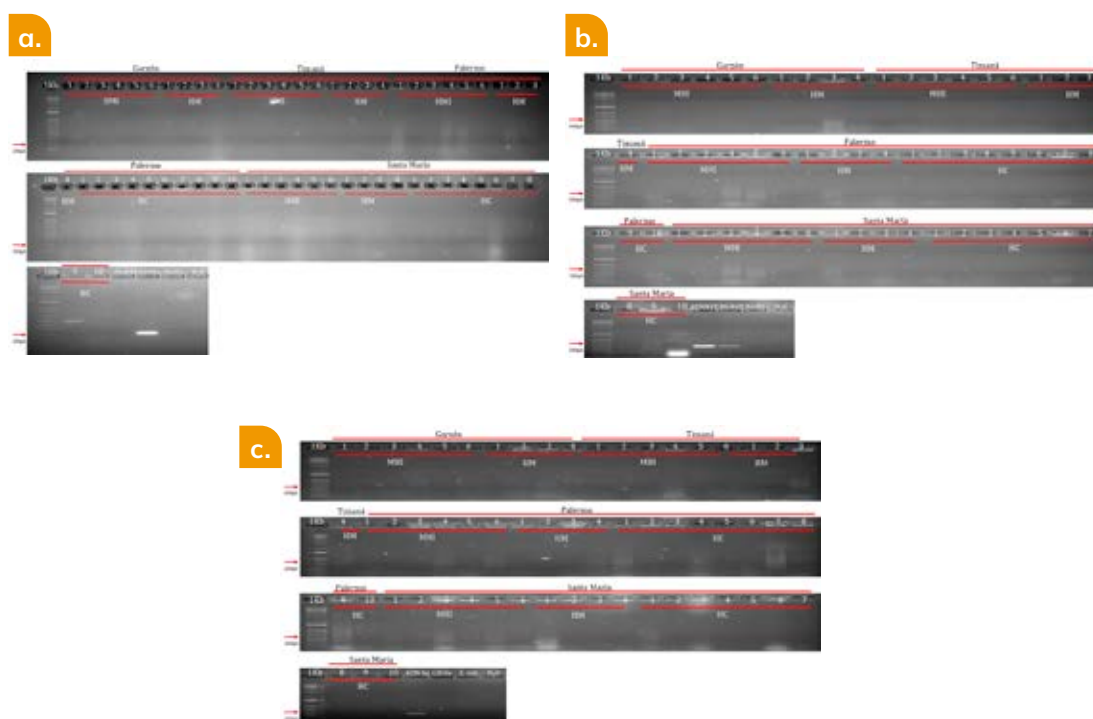
Para continuar con la aplicación y validación del esquema de aseguramiento sanitario, los huertos de producción de semilla instalados se muestrearon en dos momentos, durante los años 2021 y 2022, a partir de los protocolos descritos en la tabla 1.1. Se procesaron 34 muestras vegetales procedentes de los núcleos productivos de semilla (HMI, HM y HC) en los municipios de Garzón, Timaná, Palermo y Santa María; a cada muestra se le aplicó la batería de diagnóstico para los patógenos *Foc* R1, *Foc* R4T, *R. solanacearum* raza 2, CMV y BSV.

El diagnóstico de *Foc* y *Ralstonia* se hizo en plántulas y en el suelo por medio del aislamiento de colonias similares a estos dos

patógenos en medios de cultivo específicos. Pese a que las muestras de suelo procedentes de los núcleos de producción presentaron colonias con morfología similar a los patógenos de interés (*Fusarium* sp. y *R. solanacearum*), ninguna de estas colonias amplificó en PCR con los marcadores específicos de estos patógenos, con lo cual se garantizó la sanidad de los núcleos de producción a través de todo el ciclo de producción (figura 1.15).

Figura 1.15.

Verificación por electroforesis en gel de agarosa (1,4 %) de la amplificación por PCR de los siguientes marcadores: a. SIX6b (específico para *Foc R1*, 210 pb); b. W2987 (específico para *Foc R4T*, 452 pb); c. 93 F/R (específico para *R. solanacearum*, 477 pb), sobre colonias obtenidas de las muestras de suelo de los núcleos productivos de semilla.



Fuente: Elaboración propia

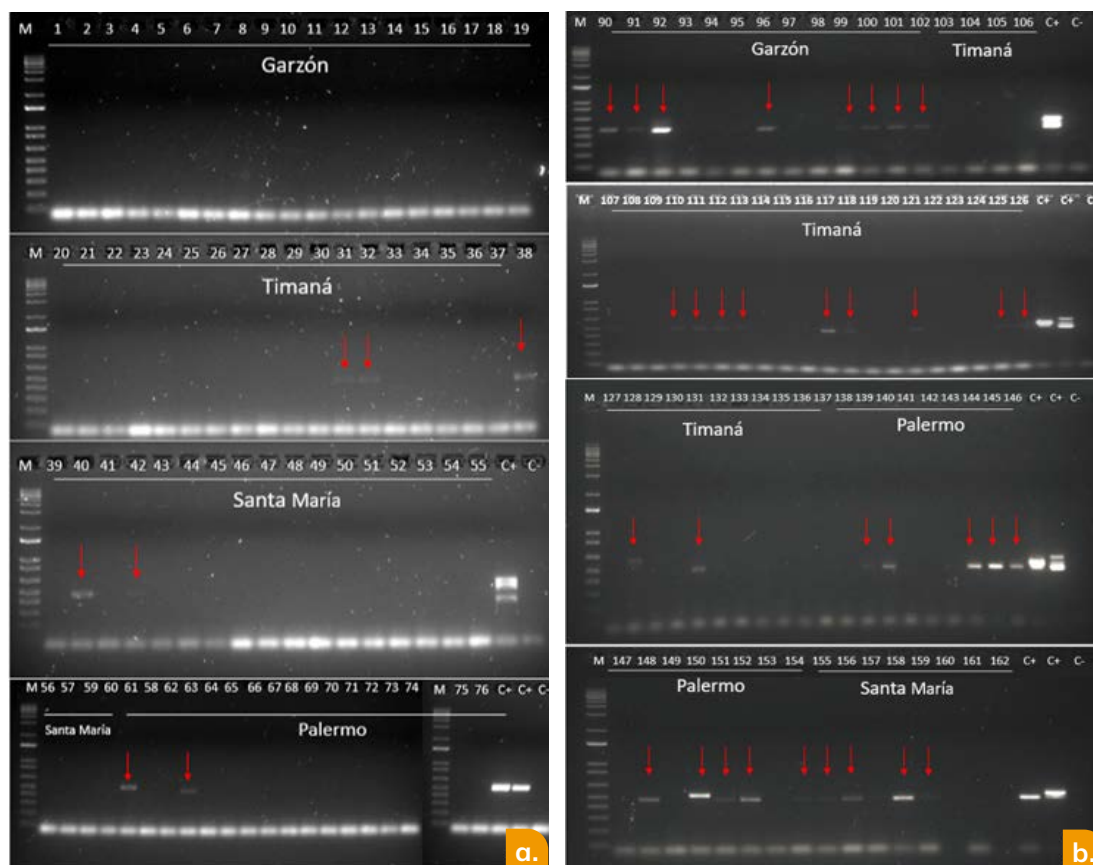
Para el caso de los virus, se realizaron dos muestreos en el tiempo, en cada uno de los núcleos de producción. Se colectaron 158 muestras foliares, 40 de estas provenientes del municipio de Garzón, 52 de Timaná, 30 de Santa María y 36 de Palermo. De las

158 muestras, 70 se colectaron en HC, 28 en HM y 68 en HMI. Las muestras fueron procesadas para el diagnóstico de CMV y de BSV en sus diferentes variantes.

Para el caso de BSV, el extracto vegetal crudo de las 158 muestras foliares se procesó por PCR de inmunocaptura; como resultado, 42 muestras fueron positivas para BSV, 7 colectadas en el muestreo 1 (figura 1.16a) y 35 en el muestreo 2 (figura 1.16b). Los resultados positivos muestran una única banda que amplifica un fragmento de 522 pb para la variante BSOLV y 589 pb para la variante BSMYV.

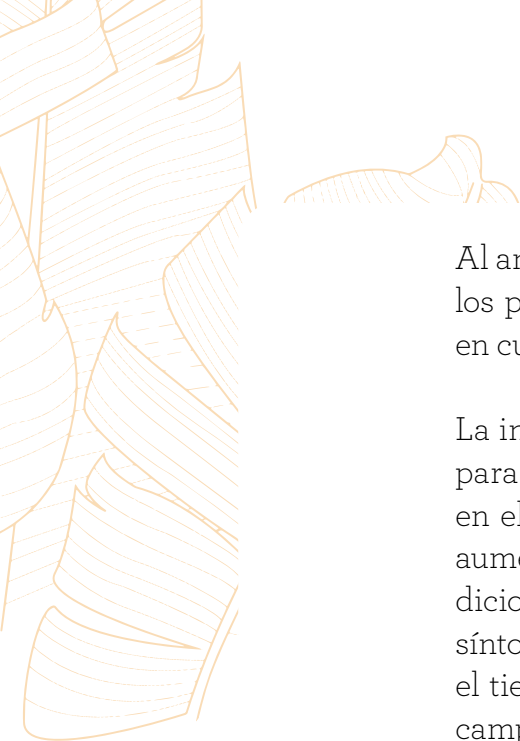
Figura 1.16.

PCR por inmunocaptura para BSV. a. Muestreo 1; b. Muestreo 2.



Nota: Las flechas rojas señalan las muestras positivas.

Fuente: Elaboración propia

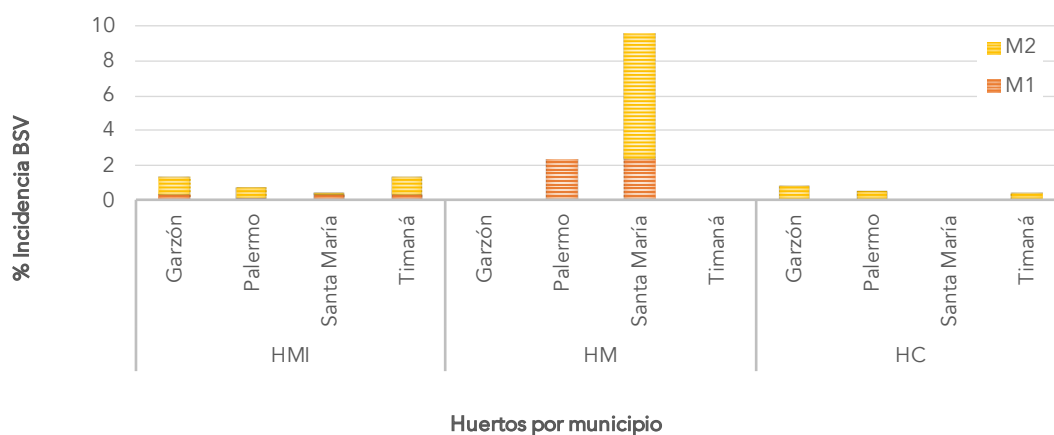


Al analizar estos datos en términos de incidencia, se encontró que los porcentajes fueron muy bajos en los dos muestreos, teniendo en cuenta el tamaño de los tipos de huertos (figura 1.17 y tabla 1.5).

La incidencia de BSV osciló entre el 0,15 % y el 0,3 % en los HMI para el primer muestreo. Este porcentaje aumentó ligeramente en el segundo muestreo, a un rango entre el 0,1 % y el 1,0 %. El aumento de la incidencia está asociado directamente a las condiciones climáticas que favorecen la expresión y el desarrollo de síntomas y generan un mayor número de plantas positivas en el tiempo; este aumento no puede asociarse a la transmisión en campo por insectos, pues en el cultivo no se observó la presencia de escamas, ni tampoco a las labores del cultivo, porque este virus no se propaga mecánicamente.

Figura 1.17.

Porcentaje de incidencia de BSV por núcleos de producción, por municipio, por tipo de huerto.



Nota: Los datos son el porcentaje de plantas positivas considerando el total de la población en los huertos de multiplicación.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 1.5. Porcentaje de incidencia de BSV por núcleos de producción, por municipio, por tipo de huerto

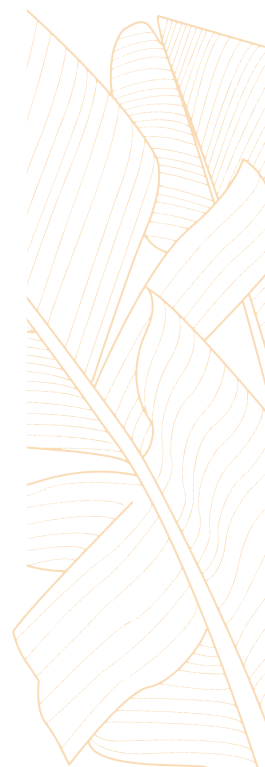
Tipo de huerto	Incidencia (%)	
	Muestreo 1	Muestreo 2
HMI		
Garzón	0,3003003	1,051051051
Palermo	0,15015015	0,600600601
Santa María	0,3003003	0,15015015
Timaná	0,3003003	1,051051051
HM		
Garzón	0	0
Palermo	2,380952381	0
Santa María	2,380952381	7,142857143
Timaná	0	0
HC		
Garzón	0	0,9
Palermo	0	0,6
Santa María	0	0
Timaná	0	0,5

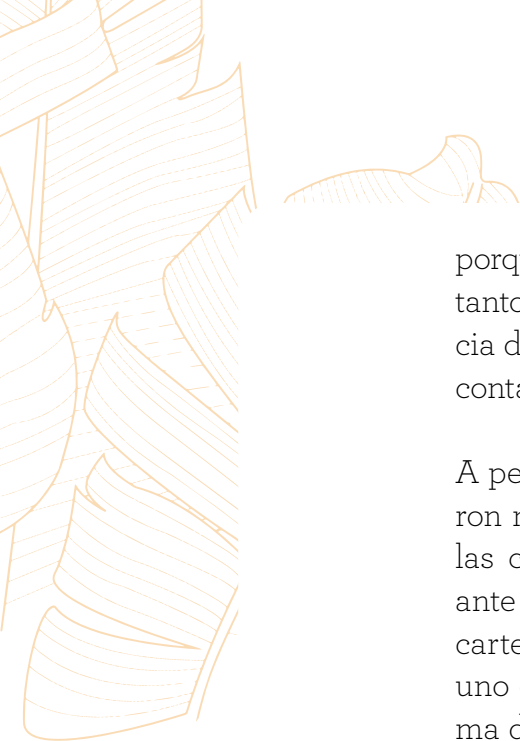
Nota: Los datos son el porcentaje de plantas positivas considerando el total de la población en los huertos de multiplicación.

Fuente: Elaboración propia

En el HM la incidencia fue un poco mayor, sobre todo para las localidades de Palermo y Santa María, con un rango entre el 0 % y el 2,3 %; estos valores aumentaron al 7,1 % para el muestreo 2 en la localidad de Santa María. El HC no presentó virus en el muestreo 1, pero sí en el muestreo 2, con valores entre el 0 % y el 0,9 %.

Es importante destacar que el BSV es un virus que se inserta en el genoma de las plantas y que puede activarse por el estrés asociado a la producción de material de siembra *in vitro* o por condiciones climáticas adversas (Dahal, Hughes et al., 1998; Dahal, Pasberg-Gauhl et al., 1998; Iskra-Caruana, 2010). Además, sus síntomas se presentan de manera desigual y tienden a desaparecer en cultivos con más de dos o tres ciclos de producción, por lo que siempre se recomienda utilizar semilla *in vitro* registrada y testeada para este virus. En este caso, el proceso no pudo desarrollarse





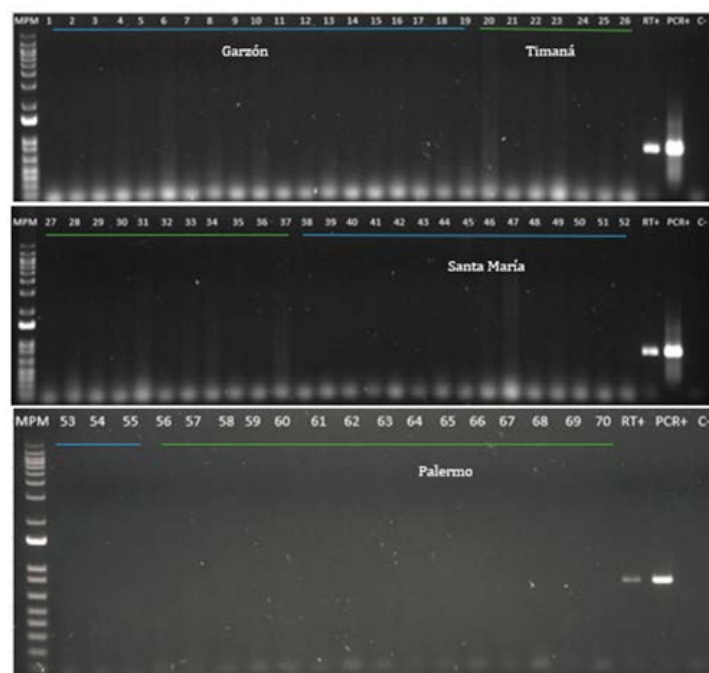
porque no se encontró proveedor del material en el país; por lo tanto, se partió de cultivos que, aunque tenían muy baja incidencia del virus —0 % para Palermo y 0,2 % para Gigante (tabla 1.5)—, contaban con cierto riesgo de dispersión de enfermedades virales.

A pesar de este riesgo, los niveles de incidencia en los lotes fueron muy bajos y se pudieron considerar como aceptables dadas las condiciones del material de partida. Debe destacarse que, ante la identificación de virus en los huertos, se procedió al descarte y eliminación de cualquier material sospechoso en cada uno de los núcleos de producción. De igual forma, con el esquema de trazabilidad, las plantas que resultaron positivas o tenían síntomas fueron descartadas, así como su progenie.

En cuanto al CMV, este virus no se detectó en ninguno de los huertos ni en ninguna de las 158 muestras evaluadas (figura 1.18).

Figura 1.18.

Resultados de la amplificación de CMV por RT-PCR para los diferentes núcleos de producción de semilla.



Fuente: Elaboración propia

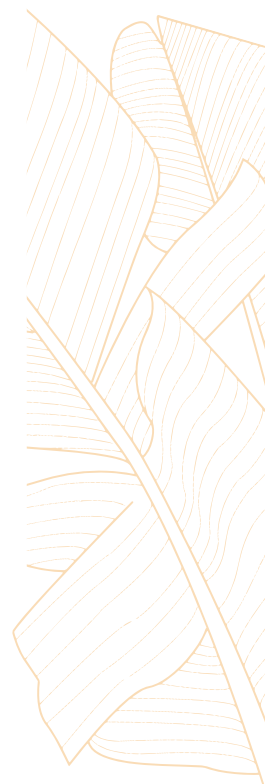
Finalmente, cabe resaltar que no se encontraron niveles altos de nematodos de importancia económica en ninguno de los huertos, lo cual se explica por la buena preparación de la semilla y el uso de microorganismos benéficos en el momento de la siembra.

Conclusiones

La aplicación del esquema de aseguramiento sanitario en los diferentes núcleos de producción de semilla permitió garantizar la sanidad del material en relación con enfermedades limitantes como *Foc R1*, *Foc R4T* y *Moko*.

La aplicación de este esquema fue lo suficientemente robusta para manejar de manera oportuna otros problemas presentados en los huertos, como sigatokas, picudos, insectos o pudriciones, los cuales se presentaron muy esporádicamente y cuyas plantas fueron eliminadas antes de que empezaran a generar problemas dentro de los diferentes lotes.

Dadas las condiciones del material de partida, se presentaron niveles de incidencia bajos de BSV en los diferentes huertos, lo que indica la necesidad de mantener una vigilancia constante sobre estos para evitar su dispersión. Además, se recomienda que los núcleos de producción de semilla de musáceas partan siempre de semilla *in vitro*, debido a las dificultades para detectar tempranamente los virus y al enmascaramiento de síntomas.

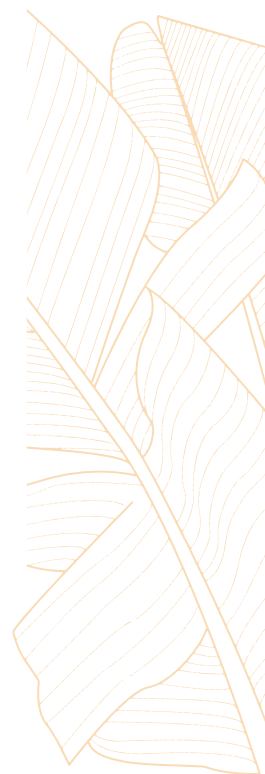


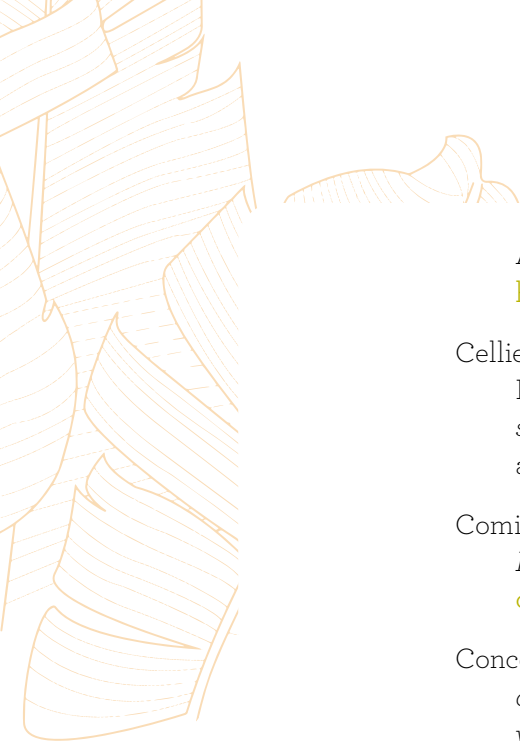


Referencias

- Acuña, R., Rouard, M., Leiva, A. M., Marques, C., Olortegui, J. A., Ureta, C., Cabrera-Pintado, R. M., Rojas, J. C., Lopez-Alvarez, D., Cenci, A., Cuellar, W. J., & Dita, M. (2022). First report of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* Tropical Race 4 causing Fusarium wilt in Cavendish bananas in Peru. *Plant Disease*, 106(8), 22-68. <https://doi.org/10.1094/PDIS-09-21-1951-PDN>
- Agrios, G. N. (2006). *Plant pathology* (5.ª ed.). Elsevier.
- Alarcón Restrepo, J. J., & Jiménez Neira, Y. (2012). *Manejo fitosanitario del cultivo del plátano (Musa spp.)*. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).
- Álvarez, E., Pantoja, A., Gañán, L., & Ceballos, G. (2013). *Estado del arte y opciones de manejo del Moko y la Sigatoka negra en América Latina y el Caribe*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT); Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). <http://www.fao.org/3/a-as124s.pdf>
- Anses. (2021). *Détection du Banana streak virus (BSV) sur bananier, espèces Obino l'Ewai, Goldfinger, Imové et Mysore par PCR conventionnelle multiplexe*. https://www.anses.fr/fr/system/files/ANSES_LSV_MAO44_V3.pdf
- Araya, M., Centeno, M., & Carrillo, W. (1995). Densidades poblacionales y frecuencia de los nematodos parásitos del banano (*Musa AAA*) en nueve cantones de Costa Rica. *Corbana*, 20(43), 6-11. https://www.researchgate.net/publication/288348417_Densidades_poblacionales_y_frecuencia_de_los_nematodos_parasitos_del_banano_Musa_AAA_en_nueve_cantones_de_Costa_Rica
- Becerra Campiño, J. J., Rodríguez Yzquierdo, G. A., Alzate Henao, S. V., Miranda Salas, T. C., Tibaduiza Castañeda, L. P., & Cañar Serna, D. Y. (2019). *Manual técnico para la producción de semilla de plátano Hartón Llanero en los Llanos Orientales*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). <https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/35703/35703.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Belalcázar, S., Arcila, M. I., Valencia, J. A., Reichel, H., & Narváez, J. (1996). Efecto del virus del mosaico del pepino (CMV) sobre los parámetros de crecimiento, desarrollo y producción del clon de banano Gros Michel. *Revista Agrocambio*, 2(3), 34-39. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/1630>

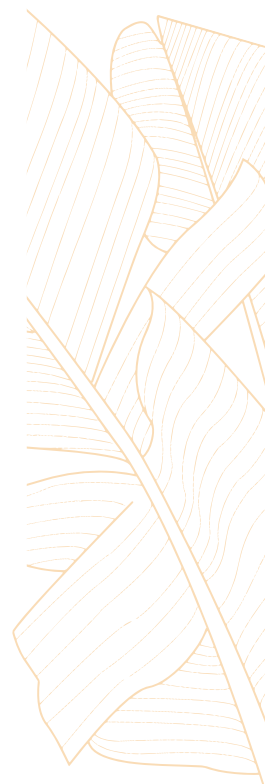
- Belalcázar, S., Cayón, G., & Arcila, M. I. (1998). Manejo de plantaciones. En *Memorias Seminario Internacional sobre Producción de Plátano* (pp. 123-136). https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/16629/40804_26324.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Belalcázar, S. C., Rosales, F. E., & Pocasangre, L. E. (2004). El moko del banano y el plátano y el rol de las plantas hospederas en su epidemiología. En M. Orozco-Santos, J. Orozco Romero, M. Robles Gonzalez, J. Velásquez Monreal, V. Medina-Urrutia, & J. A. Hernández Bautista (Eds.), *Proceedings of the XVI International Acorbat Meeting* (pp. 16-35). Artturi.
- Belalcázar Carvajal, S. L. (1991). *El cultivo del plátano* (Musa AAB Simmonds) en el trópico. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA); Centro Internacional de Investigación para el Desarrollo (CIID); Comité Departamental de Cafeteros del Quindío; Red Internacional para el Mejoramiento del Banano y el Plátano (Inibap).
- Betancourt, M., Escriu, F., Fraile, A., & García-Arenal, F. (2013). Virulence evolution of a generalist plant virus in a heterogeneous host system. *Evolutionary Applications*, 6(6), 875-890. <https://doi.org/10.1111/eva.12073>
- Betancourt Vásquez, M., & Alarcón, J. (2002). Reconocimiento de enfermedades virales en los municipios de Chinchiná y Palestina. *Boletín de Investigaciones de Unisarc*, 1(1), 2-5.
- Buddenhagen, I. (2009). Blood bacterial wilt of banana: History, field biology and solution. *Acta Horticulturae*, 828, 57-68. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2009.828.4>
- CABI. (s.f.). CABI Compendium. Crop Protection. <http://www.cabi.org/cpc/>
- Cárdenas, M. R., & Arango, B. L. (1987). Control del picudo negro del plátano *Musa AAB Simmonds Cosmopolites sordidus* (Germar, 1824) mediante prácticas culturales. *Cenicafé*, 38(1-4), 50-61.
- Carvalhais, L. C., Henderson, J., Rincon-Florez, V. A., O'Dwyer, C., Czislawski, 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>
- Castrillón, C. (2000). *Distribución de las especies de picudo del plátano y evaluación de sus entomopatógenos nativos en el departamento de Risaralda*. Corporación Colombiana de Investigación





- Agropecuaria (Corpoica). <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/17891>
- Cellier, G., Moreau, A., Chabirand, A., Hostachy, B., Ailloud, F., & Prior, P. (2015). A duplex PCR assay for the detection of *Ralstonia solanacearum* phylotype II strains in *Musa* spp. *PLOS ONE*, 10(3), artículo e0122182. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0122182>
- Comité Internacional de Taxonomía de Virus (ICTV). (s. f.). Genus: *Badnavirus*. <https://ictv.global/report/chapter/caulimoviridae/caulimoviridae/badnavirus>
- Conceição, L. D. S., Fonseca, S., & Fancelli, M. (2017). *Atividade: comportamento do cosmopolites sordidus quando submetidos a voláteis de rizomas de plantas de bananeiras sadias e infectados com o mal-do-panamá.*
- Da Silva R. C, Fancelli M, Silva K. S. (2017). *Preferência de Cosmopolites sordidus (Germar) por rizomas de plantas sadias e de plantas infectadas pelo agente causal do Fusarium wilt.*
- Dahal, G., Hughes, J., Thottappilly, G., & Lockhart, B. E. L. (1998). Effect of temperature on symptom expression and reliability of banana streak badnavirus detection in naturally infected plantain and banana (*Musa* spp.). *Plant Disease*, 82(1), 16-21. <https://doi.org/10.1094/pdis.1998.82.1.16>
- Dahal, G., Pasberg-Gauhl, C., Gauhl, F., Thottappilly, G., & Hughes, J. (1998). Studies on a Nigerian isolate of banana streak badnavirus: II. Effect of intraplant variation on virus accumulation and reliability of diagnosis by ELISA. *Annals of Applied Biology*, 132(2), 263-275. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1998.tb05202.x>
- Daire, X., Clair, D., Reinert, W., & Boudon-Padieu, E. (1997). Detection and differentiation of grapevine yellows phytoplasmas belonging to the elm yellows group and to the stolbur subgroup by PCR amplification of non-ribosomal DNA. *European Journal of Plant Pathology*, 103(6), 507-514. <https://doi.org/10.1023/A:1008641411025>
- Daniells, J. W., Thomas, J. E., & Smith, M. K. (1995). Seed transmission of banana streak virus confirmed. *Infomusa*, 4(1).
- Dita, M., Barquero, M., Heck, D., Mizubuti, E. S. G., & Staver, C. P. (2018). Fusarium wilt of banana: Current knowledge on epidemiology and research needs toward sustainable disease management. *Frontiers in Plant Science*, 9, artículo 1468. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01468>

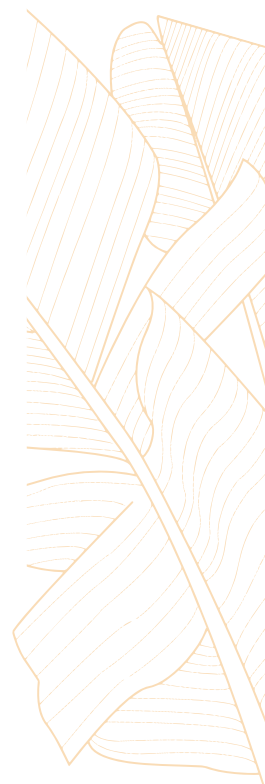
- Duque, D. N. (2012). *Caracterización molecular del complejo picudo del plátano (Coleoptera: Curculionidae), géneros Cosmopolites y Metamasius en tres localidades de Colombia* [tesis de grado, Universidad del Valle]. <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/8710/CB-0461347.pdf;jsessionid=01092FCF31F33ABE8BD5AA341E3BF13A?sequence=1>
- Edwardson, J. R., & Christie, R. G (1991). *CRC handbook of viruses infecting legumes*. CRC Press.
- Fegan, M., & Prior, P. (2005). *How complex is the “Ralstonia solanacearum species complex”*. En C. Allen, P. Prior, & A. C. Hayward (Eds.), *Bacterial wilt disease and the Ralstonia solanacearum species complex* (pp. 449-461). APS Press.
- Franco, C., & Stefanova, N. M. (2008). Determinación de actividades: cultivo de papa. *Protección Vegetal*, 21(2), 119-121.
- García-Bastidas, F. (2022). *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* tropical race 4 (Foc TR4). *CABI Compendium*. <https://doi.org/10.1079/cabicompendium.59074053>
- García-Bastidas, F., Quintero-Vargas, C., Ayala-Vásquez, M., Seidl, M., Schermer, T., Santos-Paiva, M., ... Kema, G. H. J. (2019). First report of Fusarium wilt Tropical Race 4 in Cavendish bananas caused by *Fusarium odoratissimum* in Colombia. *Plant Disease*. <https://doi.org/10.1094/PDIS-09-19-1922-PDN>
- García-Bastidas, F. A., Quintero-Vargas, J. C., Ayala-Vásquez, M., Schermer, T., Seidl, M. F., Santos-Paiva, M., Noguera, A. M., Aguilera-Gálvez, C., Wittenberg, A., Hofstede, R., Sørensen, A., & Kema, G. H. J. (2020). First report of Fusarium wilt Tropical Race 4 in Cavendish bananas caused by *Fusarium odoratissimum* in Colombia. *Plant Disease*, 104(3), 994-994. <https://doi.org/10.1094/PDIS-09-19-1922-PDN>
- Geering, A. D., McMichael, L. A., Dietzgen, R. G., & Thomas, J. E. (2000). Genetic diversity among banana streak virus isolates from Australia. *Phytopathology*, 90(8), 917-921. <https://doi.org/10.1094/phyto.2000.90.8.921>
- Geering, A. D. W., Parry, J. N., & Thomas, J. E (2011). Complete genome sequence of a novel badnavirus, banana streak IM virus. *Archives of Virology*, 156(4), 733-737. <https://doi.org/10.1007/s00705-011-0946-7>





- Genin, S., & Denny, T. P. (2012). Pathogenomics of the *Ralstonia solanacearum* species complex. *Annual Review of Phytopathology*, 50(1), 67-89. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-081211-173000>
- Gold, C. S., & Messiaen, S. (2000). El picudo negro del banano *Cosmopolites sordidus*. *Hoja Divulgativa Inibap*, (4). https://www.musalit.org/viewPdf.php?file=IN010181_spa.pdf&id=14071#:~:text=El%20picudo%20negro%20del%20banano%20es%20un%20insecto%20seleccionado%20como,sin%20alimentarse%20durante%20varios%20meses.
- Gómez, E. A., Álvarez, E., & Llano, G. (2004). Identificación y caracterización de cepas de *Ralstonia solanacearum* raza 2, agente causante del moko del plátano en Colombia. *Fitopatología Colombiana*, 28(2), 71-75. http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/cepas_ralstonia_Moko%20_2.pdf
- González, C., Aristizábal, M., & Aristizábal, J. C. (2007). Dinámica poblacional de picudos en plátano (*Musa* AAB) Dominico Hartón. *Agronomía*, 15(2), 33-38. https://www.researchgate.net/publication/200678852_Dinamica_poblacional_de_picudos_del_platano_Musa_AAB_Dominico_Harton
- 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
- González-García, H., González-Pedraza, A., Pineda-Zambrano, M., Casanova-Yépez, M., Rodríguez-Yzquierdo, G., & Soto-Bracho, A. (2021). Populations of phytonematodes associated to the vigor of plantain plants. *Agronomía Mesoamericana*, 32(1), 163-177. <https://doi.org/10.15517/am.v32i1.39697>
- Gowen, S. (Ed.). (1995). *Bananas and plantains*. Chapman and Hall.
- Guzmán Piedrahita, Ó. A., Castaño Zapata, J., & Villegas Estrada, B. (2009). Principales nematodos fitoparásitos y síntomas ocasionados en cultivos de importancia económica. *Revista de Agronomía*, 20(1), 38-50.
- Guzmán-Piedrahita, Ó. A., & Castaño-Zapata, J. (2004). Reconocimiento de nematodos fitopatógenos en plátanos Dominico Hartón (*Musa* AAB Simmonds), África, FHIA-20 y FHIA-21 en la granja Montelindo, municipio de Palestina (Caldas), Colombia. *Revista Academia Colombiana de Ciencias*, 28(107), 295-301. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/17478>

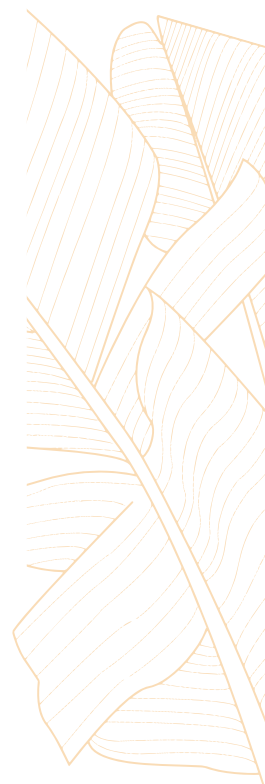
- Harper, G., Hart, D., Moul, S., Hull, R., Geering, A. D., & Thomas, J. (2005). La diversidad de aislamientos del virus de la raya del banano en Uganda. *Archivos de Virología*, 150, 2.407-2.420.
- Heck, D. W., Alves, G., Mizubuti, E. S. G. (2021). Weevil borers affect the spatio-temporal dynamics of banana Fusarium wilt. *Journal of Fungi*, 7, 329. <https://doi.org/10.3390/jof7050329>
- Hoggan, I. A. (1933). Some factors involved in aphid transmission of the cucumber-mosaic virus to tobacco. *Journal of Agricultural Research*, 47(9), 689-704.
- Hu, J. S., Li, H. P., Barry, K., & Wang, M. (1995). Comparison of Dot Blot, ELISA and RT-PCR assays for detection of two cucumber mosaic virus isolates infecting banana in Hawaii. *Plant Disease*, 79(9), 902-906.
- Hull, R., Geering, A., Harper, G., Lockhart, B. E., & Schoelz, J. E. (2005). Family - Caulimoviridae. En C. M. Fauquet, M. A. Mayo, J. Maniloff, U. Desselberger, & L. A. Ball (Eds.), *Virus taxonomy: Eighth Report of the International Committee on Taxonomy of Viruses*. Elsevier.
- Instituto Nacional de Salud Agrícola Integral (Insai). (2023). *Comunicado oficial, 19 de enero del 2023: Declaración de emergencia sanitaria en la República Bolivariana de Venezuela, en razón de la situación causada por el hongo: Fusarium oxysporum f. sp. cubense raza 4 Tropical agente causal de la marchitez por fusarium en musáceas*.
- Iskra-Caruana, M.-L., Baurens, F.-C., Gayral, P., & Chabannes, M. (2010). A four-partner plant-virus interaction: Enemies can also come from within. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 23(11), 1.394-1.402. <https://doi.org/10.1094/MPMI-05-10-0107>
- Jacobsen, K., Omondi, B. A., Almekinders, C., Alvarez, E., Blomme, G., Dita, M., Iskra-Caruana, M.-L., Ocimati, W., Tinzaara, W., Kumar, P. L., & Staver, C. (2019). Seed degeneration of banana planting materials: Strategies for improved farmer access to healthy seed. *Plant Pathology*, 68(2), 207-228. <https://doi.org/10.1111/ppa.12958>
- Jaraba, J., Jarma, A., Combatt, E., & Rodríguez, L. (2020). Nematodos fitopatógenos asociados al cultivo de plátano (*Musa AAB Simmonds*) clon Hartón en el Alto Sinú, Córdoba. Universidad de Córdoba. <https://larguez.science/nematodos.pdf>
- Javer Higginson, E. (2007). Reseña de *banana streak virus* (BSV): características biológicas, epidemiología e importancia económica. *Fitosanidad*, 11(4), 61-69. <https://www.redalyc.org/pdf/2091/209116154012.pdf>





- Kelman, A. (1955). The bacterial wilt caused by *Pseudomonas solanacearum*. Arthur Kelman. *The Quarterly Review of Biology*, 30(4). <https://doi.org/10.1086/401080>
- Kubiriba, J., Legg, J. P., Tushemereirwe, W., & Adipala, E. (2001a). Disease spread patterns of Banana streak virus in farmers' fields in Uganda. *Annals of Applied Biology*, 139(1), 31-36. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2001.tb00127.x>
- Kubiriba, J., Legg, J. P., Tushemereirwe, W., & Adipala, E. (2001b). Vector transmission of Banana streak virus in the screenhouse in Uganda. *Annals of Applied Biology*, 139(1), 37-43. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2001.tb00128.x>
- Lara, S., Núñez, A., López, D., & Carrión, G. (2016). Nematodos fitoparásitos asociados a raíces de plátano (*Musa acuminata* AA) en el centro de Veracruz, México. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 34(1), 116-130. <https://www.redalyc.org/pdf/612/61243205008.pdf>
- Leslie, J. F., & Summerell, B. A. (2008). *The Fusarium laboratory manual*. John Wiley & Sons.
- Li, C. Y., Mostert, G., Zuo, C. W., Beukes, I., Yang, Q. S., Sheng, O., Kuang, R. B., Wei, Y. R., Hu, C. H., Rose, L., Karangwa, P., Yang, J., Deng, G. M., Liu, S. W., Gao, J., Viljoen, A., & Yi, G. J. (2013). Diversity and distribution of the banana wilt pathogen *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* in China. *Fungal Genomics & Biology*, 3(2). <https://doi.org/10.4172/2165-8056.1000111>
- Li, P., Lin, B., Shen, H., & Pu, X. (2011). Species-specific detection of *Dickeya* sp. (*Pectobacterium chrysanthemi*) in infected banana tissues, soil and water. *African Journal of Biotechnology*, 10(74), 16.774-16.780. <https://www.ajol.info/index.php/ajb/article/view/97753>
- Lockhart, B. E. L. (1986). Purification and serology of a bacilliform virus associated with banana streak disease. *Phytopathology*, 76, 995-999.
- Lockhart, B. E. L., & Autrey, L. J. C. (1991, 22-26 de julio). *Mealy bug transmission of sugar cane bacilliform and sugar cane clostero-like viruses* [presentación en conferencia]. 3rd Sugar Cane Pathology Workshop of the International Society of Sugarcane Technologists, Mauricio.
- Lockhart, B. E. L., & Jones, D. R. (1999). Banana streak virus. En D. R. Jones (Ed.), *Diseases of banana, abacá and enset* (pp. 263-274). CABI.
- Mansoor, S., Qazi, J., Amin, I., Khatri, A., Khan, I. A., Raza, S., Zafar, Y., & Briddon, R. W. (2005). A PCR-based method, with internal control,

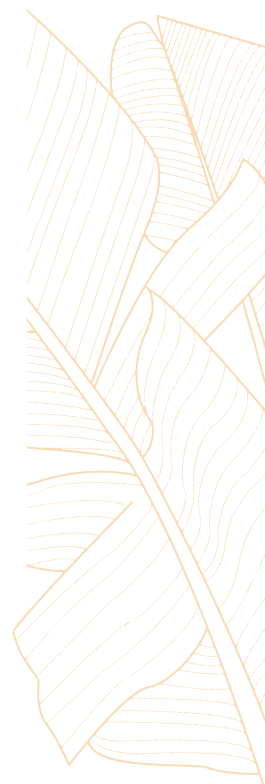
- for the detection of *Banana bunchy top virus* in banana. *Molecular Biotechnology*, 30(2), 167-170. <https://doi.org/10.1385/MB:30:2:167>
- Martínez, G. (2002). Virus emergentes en plátano y banano: un nuevo limitante para la producción en la zona cafetera colombiana. En *Memorias de la xv Reunión Internacional Acorbat* (pp. 260-265). Acorbat Internacional; Augura.
- Martínez-Solórzano, G. E., Rey-Brina, J. C., Pargas-Pichardo, R. E., & Enrique-Manzanilla, E. (2020). Marchitez por *Fusarium* raza tropical 4: estado actual y presencia en el continente americano. *Agronomía Mesoamericana*, 31(1), 259-276. <http://dx.doi.org/10.15517/am.v31i1.37925>
- May, S., & Plaza, G. (1958). *The United Fruit Company in Latin America. Seventh case study in an NPA series on United State Business Performance Abroad*.
- Mocha-Cuenca, B. (2020). Diagnóstico de la presencia de *Badnavirus* en las plantaciones bananeras de la Provincia de El Oro. *Revista Ciencia Unemi*, 13(32), 100-108. <https://www.redalyc.org/journal/5826/582661898010/html/>
- Montesdeoca, M., Lobo, M. G., Casañas, N., Carnero, A., Castañera, P., & Ortego, F. (2005). Partial characterization of the proteolytic enzymes in the gut of the banana weevil, *Cosmopolites sordidus*, and effects of soybean Kunitz trypsin inhibitor on larval performance. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 116(3), 227-236. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.2005.00329.x>
- Morales Romero, L., Herrera Isla, F. L., & Folgueras Montiel, M. de la C. (2020). Enfermedad bacteriana en plátanos (*Dickeya paradisiaca*): síntomas, epidemiología y elementos de manejo. *Agrisost*, 26(3), 1-8. <https://zenodo.org/records/7945067>
- Obregón Barrios, M., Rodríguez Gaviria, P. A., Morales Osorio, J. G., & Salazar Yepes, M. (2008). Hospedantes de *Ralstonia solanacearum* en plantaciones de banano y plátano en Colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 61(2), 4.518-4.526. <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v61n2/a06v61n2.pdf>
- Olivares, B. O., Rey, J. C., Lobo, D., Navas-Cortés, J. A., Gómez, J. A., & Landa, B. B. (2021). *Fusarium* wilt of bananas: A review of agro-environmental factors in the Venezuelan production system affecting its development. *Agronomy*, 11(5). <https://doi.org/10.3390/agronomy11050986>





- Palukaitis, P., & García-Arenal, F. (2018). *Cucumber mosaic virus*. Amer Phytopathological Society.
- Palukaitis, P., Roossinck, M. J., Dietzgen, R. G., & Francki, R. I. B. (1992). Cucumber mosaic virus. En K. Maramorosch, F. A. Murphy, & A. J. Shatkin (Eds.), *Advances in virus research* (vol. 41, pp. 281-348). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S0065-3527\(08\)60039-1](https://doi.org/10.1016/S0065-3527(08)60039-1)
- Paparu, P., Dubois, T., Gold, G. S., Niere, B., Adipala, E., & Coyne, D. (2008). Screenhouse and field persistence of nonpathogenic endophytic *Fusarium oxysporum* in *Musa* tissue culture plants. *Microbial Ecology*, 55(3), 561-568. <https://doi.org/10.1007/s00248-007-9301-7>
- Pegg, K. G., Coates, L. M., O'Neill, W. T., & Turner, D. W. (2019). The epidemiology of Fusarium wilt of banana. *Frontiers in Plant Science*, 10, artículo 1395. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01395>
- Ploetz, R. C. (2006). Fusarium wilt of banana is caused by several pathogens referred to as *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*. *Phytopathology*, 96(6), 653-656. <https://doi.org/10.1094/phyto-96-0653>
- Raccah, B., Gal-On, A., & Eastop, V. F. (1985). The role of flying aphid vectors in the transmission of cucumber mosaic virus and potato virus Y to peppers in Israel. *Annals of Applied Biology*, 106, 451-460. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1985.tb03135.x>
- Rivera, N. (1978). Estudio comparativo de dos nuevas enfermedades bacterianas en áreas plataneras de Cuba. *Agrotecnia de Cuba*, 10, 35-44.
- Rivera, N., & Ezavin, M. (1989). Necrosis del cormo del plátano causada por *Erwinia chrysanthemi*. *Ciencia Técnica en la Agricultura. Protección de Plantas*, 12(2), 59-70.
- Rodríguez Yzquierdo, G. A., Becerra Campiño, J. J., Betancourt Vásquez, M., Miranda Salas, T. C., Alzáte Henao, S. V., Pisco Ortiz, Y. C., & Sandoval Contreras, H. A. (2018). *Modelo productivo para la producción de plátano en los Llanos Orientales*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). <https://doi.org/10.21930/agrosavia.model.7402674>
- Rodríguez Yzquierdo, G. A., Becerra Campiño, J. J., Betancourt Vásquez, M., Miranda Salas, T. C., & Alzáte Henao, S. V. (2019). Modelo productivo tecnologías eficientes para la producción de semilla de plátano en los Llanos Orientales. Mosquera, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). <https://doi.org/10.21930/agrosavia.model.7402711>

- Rorer, J. B. (1911). A bacterial disease of bananas and plantains. *Phytopathology*, 1, 45-49.
- Rubio, J. D., & Acuña, J. R. (2006). Comparative anatomy of the digestive tract in imago of the weevil complex (Coleoptera: Curculionidae) associated with plantain plantations. *Revista Colombiana de Entomología*, 32(1), 67-72. <https://doi.org/10.25100/socolen.v32i1.9363>
- Sacristán, S., Fraile, A., & García-Arenal, F. (2004). Population dynamics of cucumber mosaic virus in melon crops and in weeds in central Spain. *Phytopathology*, 94(9), 992-998. <https://doi.org/10.1094/phyto.2004.94.9.992>
- Salazar, J., Arroyave, N. A., & Aristizábal, M. (2012). Evaluación de métodos de manejo de nematodos fitoparásitos en plátano (*Musa AAB*) Dominico Hartón. *Agronomía*, 20(1), 51-63. [http://vip.ucaldas.edu.co/agronomia/downloads/Agronomia20\(1\)_6.pdf](http://vip.ucaldas.edu.co/agronomia/downloads/Agronomia20(1)_6.pdf)
- Samson, R., Legendre, J. B., Christen, R., Fischer-Le Saux, M., Achouak, W., & Gardan, L. (2005). Transfer of *Pectobacterium chrysanthemi* (Burkholder et al. 1953) Brenner et al. 1973 and *Brenneria paradisiaca* to the genus *Dickeya* gen. nov. as *Dickeya chrysanthemi* comb. nov. and *Dickeya paradisiaca* comb. nov. and delineation of four novel species, *Dickeya dadantii* sp. nov., *Dickeya dianthicola* sp. nov., *Dickeya dieffenbachiae* sp. nov. and *Dickeya zeae* sp. nov. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 55(4), 1.415-1.427. <https://doi.org/10.1099/ij.s.0.02791-0>
- Sánchez Bernal, R., & Vallejo Espinosa, L. F. (2010). *El complejo de picudos (Coleoptera: Curculionidae) asociados a cultivariedades de plátano en Colombia*. Universidad de Caldas.
- 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
- Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (Senasica). (2019). *Moko del plátano*. *Ralstonia solanacearum* raza 2 *Smith* (Ficha Técnica No. 3). Sagarpa. <http://www.cesaveson.com/files/docs/campanas/vigilancia/fichas2016/mokoplatano.pdf>
- Simons, J. N. (1955). Some plant-vector-virus relationships of southern cucumber mosaic virus. *Phytopathology*, 45, 217-219.

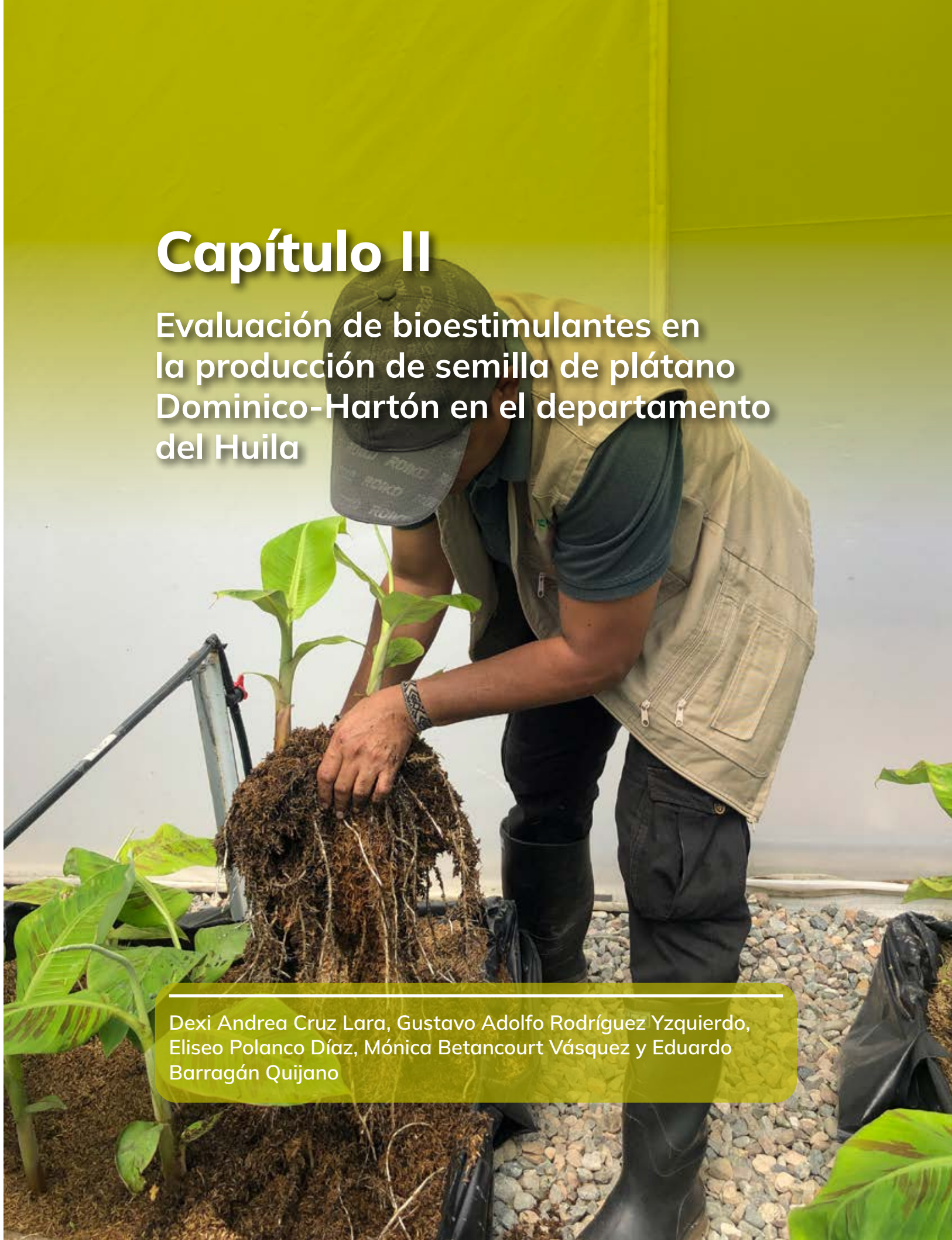




- Snehalatharani, A., & Khan, A. N. A. (2010). Biochemical and physiological characterisation of *Erwinia* species causing tip-over disease of banana. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 43(11), 1.072-1.080. <https://doi.org/10.1080/03235400802285422>
- Stover, R. H. (1972). *Banana, plantain and abaca diseases*. Commonwealth Mycological Institute.
- Stover, R. H. (1990). Fusarium wilt of banana: some history and current status of the disease. En R. C. Ploetz (Ed.), *Fusarium wilt of bananas*. APS Press.
- Stover, R. H., Hildreth, R. C., & Thornton, N. C. (1961). Studies on Fusarium wilt of bananas: VII. Field control. *Canadian Journal of Botany*, 39(1), 197-206. <https://doi.org/10.1139/b61-015>
- Umber, M., Pressat, G., Fort, G., Pineau, K. P., Guiougiou, C., Lambert, F., Farinas, B., Pichaut, J.-P., Janzac, B., Delos, J.-M., Salmon, F., Dubois, C., & Teycheney, P.-Y. (2022). Risk assessment of infectious endogenous banana streak viruses in Guadeloupe. *Frontiers in Plant Science*, 13, artículo 951285. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.951285>
- Watson, G. W., & Kubiriba, J. (2005). Identification of mealybugs (Hemiptera: Pseudococcidae) on banana and plantain in Africa. *African Entomology*, 13(1), 35-47.
- Wu, R. Y., & Su, H. J. (1991). Regeneration of healthy banana plantlets from banana bunchy top virus-infected tissues cultured at high temperature. *Plant Pathology*, 40(1), 4-7. <https://www.musalit.org/seeMore.php?id=1583>

Capítulo II

Evaluación de bioestimulantes en
la producción de semilla de plátano
Dominico-Hartón en el departamento
del Huila

A person wearing a dark cap, a light-colored vest over a dark shirt, and black rubber boots is working in a field. They are holding a large, dense root system of a banana plant, likely for transplanting or evaluation. The ground is covered with gravel and other banana plants are visible in the background.

Dexi Andrea Cruz Lara, Gustavo Adolfo Rodríguez Yzquierdo,
Eliseo Polanco Díaz, Mónica Betancourt Vásquez y Eduardo
Barragán Quijano



Introducción

Los bioestimulantes han recibido numerosas definiciones en la literatura científica. En líneas generales, diferentes autores coinciden en que este tipo de productos se diferencian de los fertilizantes o plaguicidas (Halpern et al., 2015) y en que desarrollan, en el interior de la planta, una serie de reacciones que traen beneficios en la absorción de nutrientes (European Biostimulants Industry Council [EBIC], 2020), la promoción del crecimiento (Beaudreau, 2013) y la tolerancia al estrés abiótico (Yakhin et al., 2016).

Los bioestimulantes y su efecto en las plantas

El EBIC (2020) señala que

Los bioestimulantes de plantas estimulan los procesos naturales en las plantas para mejorar la absorción y eficiencia de nutrientes, la calidad de los cultivos y la tolerancia al estrés abiótico, beneficiando tanto el rendimiento como el vigor de las plantas. Esto garantiza que las plantas tengan una buena salud y resistencia básica, lo que las hace menos vulnerables al estrés, las plagas y otras amenazas, incluidas las crisis climáticas.

Por su parte, Beaudreau (2013) indica que son sustancias que,

cuando se aplican a una planta, semilla, suelo o medio de cultivo, junto con los planes de fertilización, mejoran la eficiencia del uso de nutrientes de la planta o proporcionan otros beneficios directos o indirectos al desarrollo de la planta o respuesta al estrés.

De igual modo, Du Jardin (2015) menciona que un bioestimulante es

cualquier sustancia o microorganismo aplicado a las plantas con el objetivo de mejorar la eficiencia nutricional, caracteres de tolerancia al estrés abiótico y/o calidad del cultivo, independientemente de su contenido de nutrientes. Por extensión, los bioestimulantes vegetales también se designan como productos comerciales que contengan mezclas de dichas sustancias y/o microorganismos.

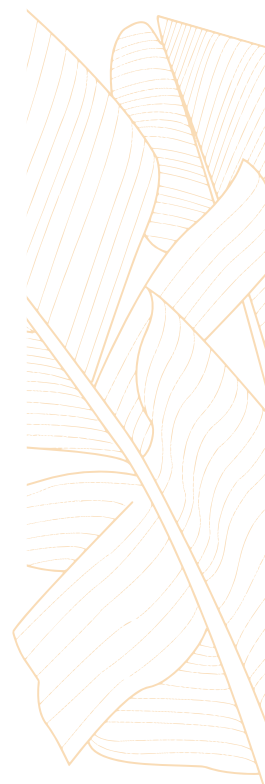
Halpern et al. (2015), por su parte, dice que

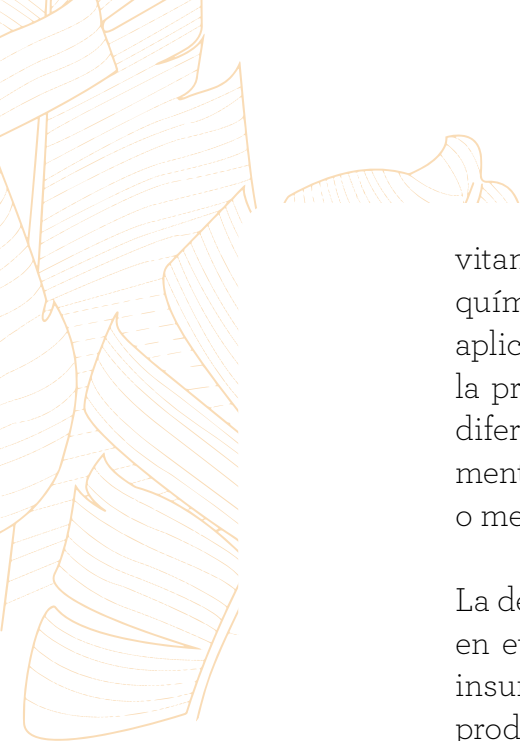
son sustancias o materiales, con excepción de los nutrientes y plaguicidas, que, cuando se aplican a las plantas, semillas o sustratos de cultivo en formulaciones específicas, tienen la capacidad de modificar procesos fisiológicos en plantas de una manera que proporcionen beneficios potenciales para el crecimiento, el desarrollo o la respuesta al estrés.

Yakhin et al. (2016) señalan que son

productos basados principalmente en materias primas naturales, utilizados en dosis ultrapequeñas y pequeñas para la modificación de procesos fisiológicos y bioquímicos de las plantas con el objetivo de una realización más completa del potencial genético de su productividad debido a cambios en el estado hormonal, activación de procesos metabólicos, aumento de la eficiencia de la nutrición, estimulación del crecimiento, desarrollo y fortalecimiento de la capacidad de resistir a los efectos negativos de varios factores de estrés.

Indistintamente de las definiciones, es común en ellas que los bioestimulantes, usados en pequeñas concentraciones, son eficaces para el mejoramiento de la nutrición, la tolerancia al estrés abiótico y la calidad del cultivo, independientemente de su contenido de nutrientes. Cuando se aplican exógenamente, tienen acciones similares a los grupos de hormonas como las auxinas, giberelinas y citoquininas. Estos productos, a diferencia de los tradicionales fertilizantes nitrogenados, fosfatados y potásicos, pueden contener en su fórmula una variedad de compuestos orgánicos como los ácidos húmicos, los extractos de algas, las





vitaminas, los aminoácidos, el ácido ascórbico y otros productos químicos que pueden variar según su fabricante. Cuando se aplican correctamente en los cultivos, aportan beneficios como la promoción del crecimiento, el desarrollo y la respuesta a los diferentes tipos de estreses (hídrico, salino y de toxicidad de elementos), en función de la estimulación de respuestas fisiológicas o metabólicas en el interior de las plantas (Couto et al., 2012).

La definición y concepto de “bioestimulantes vegetales” aún está en evolución, lo que es en parte un reflejo de la diversidad de insumos que pueden considerarse como bioestimulantes. Estos productos pueden contribuir a hacer la agricultura más sostenible y resiliente, ya que una breve revisión de la literatura muestra un papel claro para una gran diversidad y número de sustancias bioestimulantes que tienen efectos protectores contra el estrés abiótico (Feitosa & Garófalo, 2019).

Los bioestimulantes se convierten en una alternativa novedosa para mejorar el desarrollo de las plantas mediante una transformación en sus procesos fisiológicos para aumentar el crecimiento y tolerar las condiciones de estrés, lo cual permite obtener mejores rendimientos (Sobarzo Bernal, 2018). Los efectos de los bioestimulantes todavía no están claros, ya que pueden actuar sobre la productividad de las plantas, como respuesta directa, o en el suelo y microbioma de la planta, como respuesta indirecta, con efectos posteriores en su rendimiento (Yakhin et al., 2017).

Las líneas de investigación de estas sustancias hacia la mitigación del estrés abiótico tienen muchas evidencias científicas sobre sus bondades y su interacción favorable con factores limitantes como las alteraciones del medio ambiente, conocidas como estrés medioambiental. Este tipo de estrés involucra una amplia gama de factores, como la temperatura, el agua, la radiación, sustancias químicas, entre otros. Estos factores son responsables de pérdidas de hasta el 50 % en los cultivos. Por esta razón, se ha evaluado la mitigación del estrés abiótico en diferentes sistemas productivos, en distintas condiciones medioambientales (Nardi

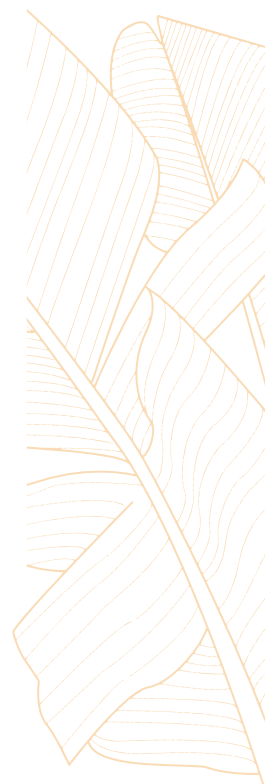
et al., 2016; Ruzzi & Aroca, 2015; Veobides Amador et al., 2018; Van Oosten et al., 2017).

En cuanto al estrés biótico, este puede desencadenar cambios en el metabolismo que afectan el crecimiento de las plantas y su productividad final (Berger et al., 2007). En tal sentido, se pueden ver afectados procesos fisiológicos de forma directa, como el transporte de agua y nutrientes, e indirecta, como la disminución en la tasa fotosintética, la conductancia estomática y la transpiración, lo cual puede afectar la tasa de crecimiento de la planta, su metabolismo y su fisiología, incluso hasta causar la muerte (Caldwell et al., 2017).

Los principales organismos causantes de estrés biótico son los agentes patógenos, como hongos, bacterias, virus y fitoplasmas; además, insectos, nematodos e incluso plantas también pueden ser desencadenantes de estrés en cultivos. En la hipótesis llamada “gen a gen”, el reconocimiento de un patógeno por la planta se debe a una interacción directa o indirecta entre el producto de un gen de resistencia en la planta (gen R) y un gen de avirulencia en el patógeno (gen Avr). Una vez detectado el patógeno, comienzan a desencadenarse en el interior de la planta una serie de reacciones de orden fisiológico, bioquímico y metabólico que disparan respuestas defensivas. De acuerdo con Glazebrook (2005, citado por Ramírez & Rodríguez, 2012, p. 273),

las respuestas de resistencia gen-gen, mediadas por hormonas como ácido salicílico (SA), ácido jasmónico (JA) y etileno (ET), se presentan en las plantas como mecanismos de defensa mediante efectores, con producción de metabolitos, proteínas y acumulación de calosa y lignina.

La respuesta de defensa puede iniciarse por un reconocimiento gen-gen, que limita el crecimiento del organismo invasor y puede estar acompañado por la producción de especies reactivas de oxígeno (ROS), necesarias para la respuesta hipersensible (HR), que permite la programación de muerte celular y le impide al invasor el acceso a nutrientes y agua (Ramírez & Rodríguez, 2012).





Esta resistencia mediada por genes R está asociada a la activación de la vía de señalización dependiente del SA, que permite la expresión de proteínas relacionadas con patogénesis (PR), mientras que otras defensas de la planta están controladas por mecanismos que dependen de ET o JA (Glazebrook, 2005, citado por Ramírez & Rodríguez, 2012, p. 273).

Por su parte, los efectores específicos de los patógenos, también llamados “determinantes de avirulencia”, son reconocidos por proteínas de resistencia específicas (R), o “determinantes de resistencia” (Díaz-Puentes, 2012). “Si la planta o el patógeno no poseen el apropiado determinante de resistencia o de avirulencia, entonces la activación de la respuesta de defensa de la planta puede ser retrasada o inefectiva, generando una interacción compatible” (Glazebrook, 2005; Mysore et al., 2004; Thatcher et al., 2005; Wiermer et al., 2005, citados por Díaz-Puentes, 2012, p. 259), es decir, el patógeno es virulento y puede invadir la planta.

La resistencia sistémica adquirida (SAR) confiere protección ante una infección secundaria por patógenos (Díaz-Puentes, 2012). Este proceso presenta dos etapas: una primera, de inducción de las defensas en las células cercanas al ataque del patógeno, llamada “respuesta local”, y una segunda, de inducción de las defensas en los tejidos alejados del foco de infección. Esta última confiere protección sistémica a la planta ante una gran variedad de patógenos (Ballaré, 2011; Grant et al., 2006; Durrant et al., 2004; Sticher et al., 1997; Vlot et al., 2009; Hayat et al., 2010; Vlot et al., 2008, citados por Díaz-Puentes, 2012, p. 260).

Por otra parte, la resistencia sistémica inducida (ISR) está asociada a la capacidad de las rizobacterias para promover el crecimiento de la planta y protegerla contra patógenos (Ruzzi & Aroca, 2015).

El uso de sustancias bioestimulantes en el cultivo de plátano es de relativa actualidad, con pocos trabajos que ilustren su efecto sobre la planta y sobre algunos tipos de estreses. En tal sentido, efectos de promoción de crecimiento e incremento en la

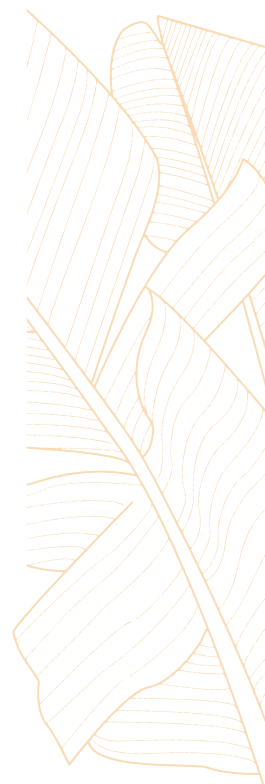
eficiencia de procesos fisiológicos, como la actividad fotosintética, la eficiencia fotoquímica del fotosistema II y el intercambio gaseoso, que mejoran la calidad fisiológica de la semilla, han sido demostrados por Mateus-Cagua y Rodríguez-Yzquierdo (2019). De igual modo, el efecto de los bioestimulantes sobre estreses bióticos es otro frente de trabajo muy interesante, pues este tipo de sustancias puede mitigar o retrasar el efecto de patógenos en el cultivo de plátano, incluso de enfermedades vasculares que ocasionan efectos perjudiciales en la planta. Una de ellas es *R. solanacearum* raza 2, causante de la enfermedad conocida como Moko; al respecto, sustancias como el SA, el dióxido de silicio y algunos microorganismos benéficos han retrasado la curva de desarrollo de esta enfermedad en ensayos en etapa de vivero utilizando plátano Hartón (Mateus-Cagua et al., 2024).

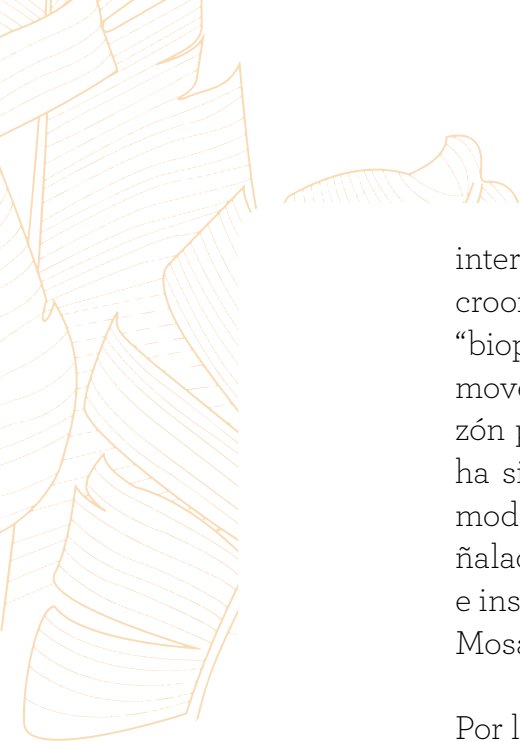
Para el caso de patógenos vasculares, como *R. solanacearum*,

cuando la infección ocurre en el suelo, *R. solanacearum* invade los espacios intercelulares del córtex de la raíz y el parénquima vascular, vasos del xilema, y se mueve a través de ellos causando marchitez progresiva debido a la secreción de polisacáridos extracelulares, medio sobre el cual se agregan en biopelículas, que ocluyen los haces vasculares y limitan su flujo. (Schell, 2000; Peeters et al., 2013, citados por Mateus-Cagua et al., 2024)

El modo como actúan estos patógenos repercute en el movimiento de nutrientes y en las relaciones hídricas de la planta, ya que se obstruye el ascenso del agua vía xilema, generando cambios en la relación suelo-planta-atmósfera (Buchanan et al., 2015). En la medida que avanza la colonización del patógeno, disminuye la actividad fotosintética y la conductancia estomática debido a que el agua no puede ser transportada hacia la parte aérea, por lo que la planta disminuye toda actividad y se presenta colapso total (Narancio et al., 2013).

Por otra parte, algunos microorganismos que desempeñan sustancias bioestimulantes tienen la capacidad de ser endófitos, es decir, de penetrar en los tejidos de la planta y colonizar





internamente espacios que podrían ser ocupados por otros macroorganismos patogénicos. Esta capacidad, conocida como “bioprotección”, es una característica muy importante para promover la calidad fisiológica y sanitaria del material vegetal, razón por la cual, en procesos de producción de plántulas, su uso ha sido promovido en diferentes sistemas de cultivo. De igual modo, el uso de este tipo de microorganismos también se ha señalado como potencial para el control biológico de fitopatógenos e insectos plaga (Feitosa & Garófalo, 2019; Hernández et al., 2015; Mosa et al., 2021).

Por lo anterior, la investigación sobre el uso de sustancias bioestimulantes, dada su variedad de efectos y beneficios sobre las plantas, como las mejoras en la calidad fisiológica y sanitaria y las ventajas comparativas de tipo adaptativo que generan en las plantas para su establecimiento en condiciones de campo, permite vislumbrar que la validación de los resultados obtenidos sea apropiable por parte de agricultores multiplicadores de semilla en el cultivo de plátano, pues los beneficios de esta tecnología han sido validados específicamente para las condiciones del departamento del Huila en el cultivo de plátano Dominico-Hartón, en esquemas de multiplicación de semilla, con diferentes tipos de material vegetal, ambientes y técnicas de multiplicación.

Validación de resultados en las condiciones del departamento del Huila

Ensayo de sustancias bioestimulantes y enraizadoras en plántulas de plátano en etapa de vivero

En cuatro municipios del departamento del Huila (Timaná, Garzón, Palermo y Santa María) se estableció un ensayo de evaluación de sustancias bioestimulantes sobre variables de desarrollo y fisiológicas de plántulas del clon Dominico-Hartón provenientes de propagación *in vitro*. Las condiciones climáticas de cada localidad se presentan en la tabla 2.1.

Tabla 2.1. Condiciones climáticas de los núcleos de semilla

Municipio	Altura (m s. n. m.)	Precipitación anual (mm)	Temperatura media (°C)	Humedad relativa (%)
Santa María	1.320	1.836	20,8	89
Garzón	830	1.263	20,1	84
Palermo	609	2.099	27	81
Timaná	1.100	1.012	24	81

Fuente: Elaboración propia con base en Alcaldía Municipal de Santa María (2015); Alcaldía Municipal de Garzón (2020); Alcaldía Municipal de Palermo (2019); Alcaldía Municipal de Timaná (2020); Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam, 2022); Weather Spark (2023); Climatology Lab (2021)

La infraestructura de los viveros estuvo compuesta por techo y paredes perimetrales de polisombra con entrada del 70 % de luz, y una cobertura plástica para aislar el suelo de las plantas. Adicionalmente, se ubicaron estibas plásticas para garantizar que las plantas no quedaran sobre la superficie del suelo y se generaran problemas asociados con exceso de agua en superficie que afectaran las plantas contenidas en las bolsas.

Las plantas se sembraron en bolsas de polietileno de 2 kg de capacidad, en un sustrato de cascarilla de arroz, suelo y materia orgánica en relación 1:2:1, respectivamente. El periodo de aclimatación fue de aproximadamente 30 días, después del cual se procedió a realizar la primera aplicación de sustancias bioestimulantes en plantas ya adaptadas a las condiciones locales.

El manejo del riego dependió de las condiciones ambientales de cada localidad y por lo general se hizo en forma interdiaria, con un sistema de riego por aspersión. La fertilización se aplicó de forma foliar y en *drench* dos veces por semana, utilizando fertilizantes foliares a base de macro y microelementos. Prácticas culturales como la eliminación de hojas senescentes se realizaron de acuerdo con las condiciones locales de desarrollo de las plantas durante la etapa de vivero. Una imagen del área experimental se presenta en la figura 2.1.

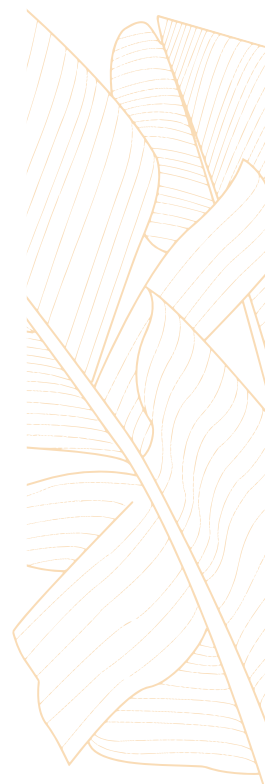


Figura 2.1.

Área experimental y distribución de plantas de acuerdo con el diseño experimental propuesto.



Foto: Dexi Andrea Cruz Lara

Se utilizó un diseño completamente aleatorio con 8 tratamientos, 4 repeticiones y 6 plantas por unidad experimental (figura 2.2). Los tratamientos se describen en la tabla 2.2. Para el establecimiento del ensayo se utilizaron vitroplantas ya endurecidas, provenientes de meristemas seleccionados de huertos de plantas madre de cada localidad, previa revisión de los lotes madre, para verificar las condiciones de desarrollo y su estado sanitario mediante análisis de laboratorio para la identificación de patógenos limitantes en la producción de semilla (*R. solanacearum*, *Foc R1*, *Foc R4T*, CMV y BSV).

Figura 2.2.

Distintos tratamientos a los 90 días después de la siembra en el área experimental. a. Fertilizante orgánico/enraizador dosis 1; b. Fertilizante orgánico dosis 1 + sustancia húmica; c. Fertilizante orgánico dosis 2; d. Fertilizante orgánico dosis 2 + sustancia húmica; e. Fertilizante orgánico dosis 3; f. Fertilizante orgánico dosis 3 + sustancia húmica; g. *Bacillus amyloliquefaciens*; h. Testigo sin aplicación de producto.



Fotos: Dexi Andrea Cruz Lara

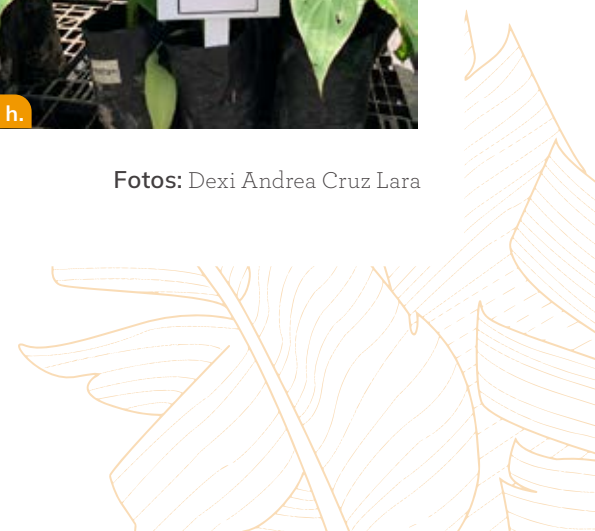


Tabla 2.2. Descripción de los tratamientos de evaluación de bioestimulantes y sustancias húmicas en plántulas *in vitro* del clon Dominico-Hartón durante la fase de vivero

Tratamiento	Descripción	Composición	Dosis y forma de aplicación
T1	Fertilizante orgánico/ enraizador dosis 1	Fertilizante orgánico: N total: 3,19 % K ₂ O: 9,27 % Zn: 0,11 % C: 12,33 %	0,5 cm ³ de producto enraizador/L de agua vía foliar y en <i>drench</i> . Cinco aplicaciones por ciclo de vivero.
T2	Fertilizante orgánico dosis 1 + sustancia húmica	Fertilizante orgánico: N total: 3,19 % K ₂ O: 9,27 % Zn: 0,11 % C: 12,33 % Sustancia húmica: K ₂ O: 35 g/L CaO: 4 g/L MgO: 0,2 g/L Carbono de extracto húmico total (CEHT): 150 g/L Carbono de ácidos húmicos (CAH): 20 g/L Carbono de ácidos fúlvicos (CAF): 30 g/L	0,5 cm ³ de producto enraizador/L de agua + sustancia húmica (3 cm ³ /L) en aplicación foliar y en <i>drench</i> . Cinco aplicaciones por ciclo de vivero.
T3	Fertilizante orgánico dosis 2	Fertilizante orgánico: N total: 3,19 % K ₂ O: 9,27 % Zn: 0,11 % C: 12,33 %	1 cm ³ de producto enraizador/L de agua vía foliar y en <i>drench</i> . Cinco aplicaciones por ciclo de vivero.
T4	Fertilizante orgánico dosis 2 + sustancia húmica	Fertilizante orgánico: N total: 3,19 % K ₂ O: 9,27 % Zn: 0,11 % C: 12,33 % Sustancia húmica: K ₂ O: 35 g/L CaO: 4 g/L MgO: 0,2 g/L CEHT: 150 g/L CAH: 120 g/L CAF: 30 g/L	1 cm ³ de producto enraizador/L agua + sustancia húmica (3 cm ³ /L) en aplicación foliar y en <i>drench</i> . Cinco aplicaciones por ciclo de vivero.

Continúa en la siguiente página...

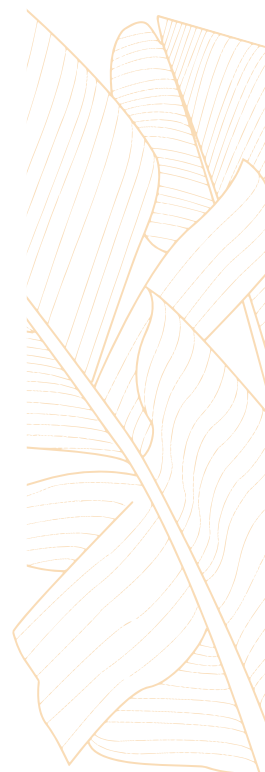
T5	Fertilizante orgánico dosis 3	Fertilizante orgánico: N total: 3,19 % K ₂ O: 9,27 % Zn: 0,11 % C: 12,33 %	1,5 cm ³ de producto enraizador/L de agua vía foliar y en <i>drench</i> . Cinco aplicaciones por ciclo de vivero.
T6	Fertilizante orgánico dosis 3 + sustancia húmica	Fertilizante orgánico: N total: 3,19 % K ₂ O: 9,27 % Zn: 0,11 % C: 12,33 % Sustancia húmica: K ₂ O: 35 g/L CaO: 4 g/L MgO: 0,2 g/L CEHT: 150 g/L CAH: 120 g/L CAF: 30 g/L	1,5 cm ³ de producto enraizador/L de agua vía foliar y en <i>drench</i> . Cinco aplicaciones por ciclo de vivero.
T7	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	Esporas viables de <i>B. amyloliquefaciens</i> Bso06, 0,2% (1 × 10 ⁹ UFC)	25 cm ³ de producto enraizador/L de agua vía foliar y en <i>drench</i> . Cinco aplicaciones por ciclo de vivero.
T8	Testigo sin aplicación de producto	Agua potable	Solo aplicación de agua.

Fuente: Elaboración propia

Se midieron parámetros fisiológicos y de desarrollo durante el ciclo de vivero, el cual duró aproximadamente 90 días después del trasplante (DDT). Se garantizó que todos los tratamientos se aplicaran cinco veces durante el ciclo de las plantas en vivero. Las variables evaluadas se describen a continuación.

Variables de desarrollo

Altura de planta: se midió con una frecuencia quincenal, hasta los 60 días luego de la primera aplicación de los tratamientos, es decir, 90 DDT. Se determinó como la distancia desde la superficie del suelo hasta la inserción de la primera hoja desarrollada en el pseudotallo de la planta. Se realizaron mediciones en cuatro plantas por unidad experimental.





Perímetro de pseudotallo: se determinó usando una cinta de medición a 5 cm de altura desde la superficie del suelo, en cuatro plantas por unidad experimental.

Hojas activas: se cuantificó el número de hojas totales fotosintéticamente activas por cada planta, descartando áreas foliares con senescencia o afectadas por enfermedades foliares. Se realizó de forma quincenal en cuatro plantas por unidad experimental.

Hojas totales: se cuantificó el número total de hojas emitidas, con una frecuencia quincenal, en cuatro plantas por unidad experimental.

Variables fisiológicas

Cuarenta y cinco días después de la primera aplicación de los tratamientos de bioestimulantes, se registraron variables asociadas al comportamiento fisiológico de la planta, con ayuda de un equipo medidor de intercambio gaseoso. Se tomó la hoja número 3, en sentido ápice-base (hoja recientemente madura), en su tercio medio, la cual ha sido señalada como hoja indicadora para este tipo de variables en el cultivo de plátano en etapa de vivero (Mateus-Cagua & Rodríguez-Yzquierdo, 2019). De igual forma, se determinó el índice de clorofila con uso de un medidor Spad. Las variables determinadas fueron fotosíntesis neta ($\text{mol de CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$), conductancia estomática ($\text{mol de H}_2\text{O}/\text{m}^2/\text{s}$), transpiración ($\text{mmol de H}_2\text{O}/\text{m}^2/\text{s}$) e índice de clorofila (unidades Spad).

Los análisis estadísticos se aplicaron por medio del *software* Infostat versión 8.0, mediante un ANOVA con el 5 % de significancia, de acuerdo con el diseño experimental propuesto. Se analizaron las cuatro localidades por separado y en conjunto (análisis combinado) para poder interpretar los efectos diferenciados por cada condición particular en que se desarrolló el trabajo experimental.

Resultados y discusión

Los resultados del análisis estadístico para los tratamientos y localidades evaluadas se presentan en la tabla 2.3.

Tabla 2.3. Resumen de los parámetros estadísticos utilizados en la expresión del uso de bioestimulantes en semilla de plátano Dominico-Hartón en el departamento del Huila

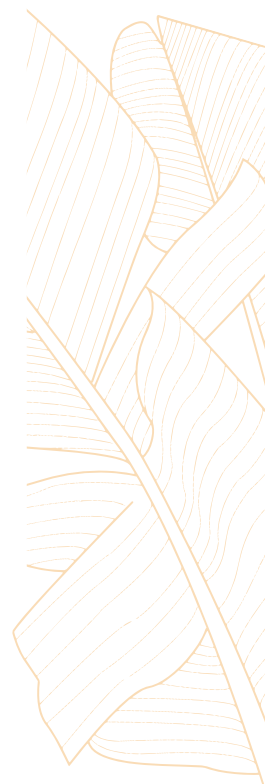
Variables	Altura	Perímetro	HF	HT	Pn	Gs	Tr	IC
FDV	Probabilidad							
Modelo	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0041	<0,0001	<0,0001
Localidad	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0002	0,8725	0,0011	0,0010
Tratamientos	0,1564	0,6945	0,551	0,6834	0,3043	0,8976	0,7629	0,5107
Tratamiento × localidad	0,0499*	0,9341	0,2639	0,4951	0,0463*	0,487	0,613	0,697
CV (%)	15,45	22,56	15,16	11,83	26,71	85,58	33,12	10,23

FDV: fuente de variación; HF: hojas funcionales; HT: hojas totales; Pn: fotosíntesis neta; Gs: conductancia estomática; Tr: transpiración; IC: índice de clorofila; CV: coeficiente de variación.

* Diferencias estadísticamente significativas según la prueba de Tukey ($\alpha = 0,05$)

Fuente: Elaboración propia

El análisis de datos de cada factor y sus interacciones indicó que no se presentaron diferencias estadísticamente significativas para los tratamientos evaluados, mientras que se presentó una alta significancia para el efecto de localidad, y la interacción de localidad × tratamiento solo fue significativa para las variables de altura de planta y fotosíntesis neta. De esta forma, se puede concluir que los tratamientos fueron similares entre sí, y que cuando se analiza la interacción con el ambiente, es decir, su aplicación en localidades con condiciones climáticas contrastantes, las respuestas son diferenciadas. Por esta razón, los resultados varían de acuerdo con el sitio específico evaluado, y, por lo tanto, las recomendaciones e interpretaciones deben considerar el contexto local y evitar ser genéricas en cuanto al uso de esta tecnología. Esto es muy importante teniendo en cuenta que el material vegetal es de la misma procedencia local y que, tratándose del mismo clon, las respuestas de los tratamientos son distintas entre las localidades evaluadas.





Los resultados del factor localidad para todas las variables (de desarrollo y fisiológicas) se presentan en la tabla 2.4.

Tabla 2.4. Resultados de variables de desarrollo y fisiológicas en plántulas del clon Dominico-Hartón en las cuatro localidades evaluadas en el departamento del Huila

Factor localidad	Altura (cm)	Perímetro (mm)	HF	HT	Pn (mol CO ₂ m ⁻² s ⁻¹)	Gs (mol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹)	Tr (mmol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹)	IC unidades Spad
Timaná	28,43 a	19,95 a	7,85 a	8,49 a	8,62 ab	0,14 a	2,67 a	51,76 a
Palermo	21,71 b	18,97 a	5,70 b	6,61 b	10,27 a	0,17 a	2,64 a	46,1 b
Garzón	16,74 c	16,00 b	5,46 b	6,43 b	7,47 b	0,13 a	2,53 a	46,23 b
Santa María	16,01 c	15,60 b	5,16 b	5,81 c	6,76 c	0,15 a	1,66 b	46,50 b

HF: hojas funcionales; HT: hojas totales; Pn: fotosíntesis neta; Gs: conductancia estomática; Tr: transpiración; IC: índice de clorofila. Las letras diferentes dentro de una misma columna se corresponden con diferencias significativas según la prueba de medias de Tukey ($\alpha = 0,05$).

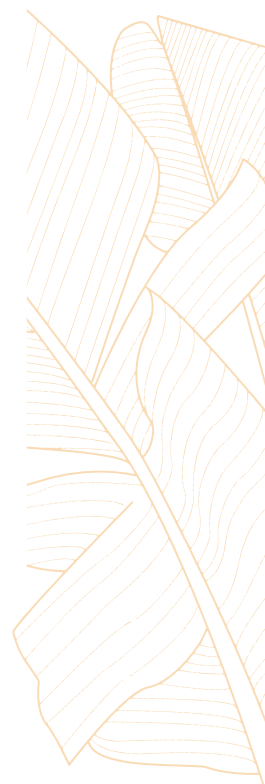
Fuente: Elaboración propia

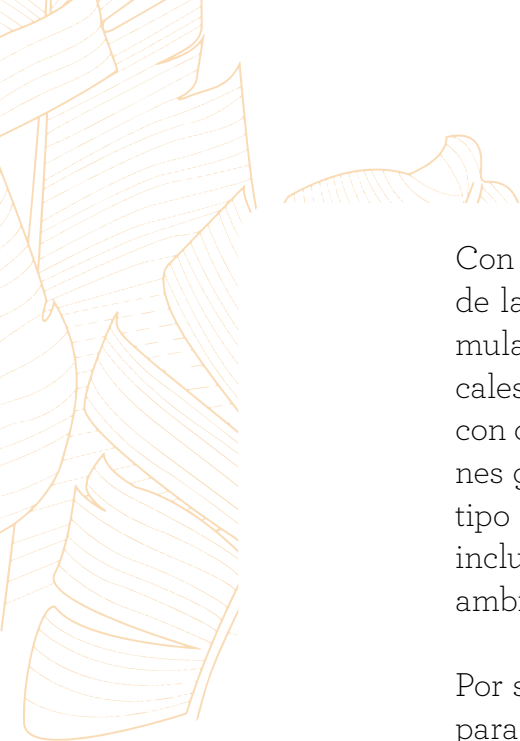
En la tabla 2.4 se puede observar que las variables de desarrollo (altura, perímetro, HF y HT) fueron mayores en las localidades de Timaná y Palermo, caracterizadas por estar situadas a una menor altura sobre el nivel del mar y por sus condiciones de clima más cálido en comparación con Garzón y Santa María, que tienen climas más fríos. En tal sentido, las condiciones ambientales juegan un papel fundamental en la respuesta de crecimiento de las plantas de plátano. En líneas generales, en localidades con menores temperaturas, que para el caso de las regiones tropicales corresponden a lugares de mayor altitud, el crecimiento vegetativo se ve disminuido. Esto se ve reflejado tanto en vivero como en campo, con menores ritmos de emisión foliar y disminución en el vigor de las plantas, asociados a parámetros de altura y perímetro del pseudotallo (Rodríguez Yzquierdo et al., 2018). Los resultados de mayor altura y grosor del pseudotallo, así como de mayor número de hojas emitidas totales y activas, indican, para Timaná y Palermo, condiciones de temperatura más favorables para el desarrollo vegetativo de las plantas, razón por la cual los tiempos de la fase de vivero pueden ser más cortos que en Garzón y Santa María. Para poder determinar esto, es conveniente tener indicadores de

calidad de planta asociados a la cantidad de hojas activas y a la altura de la planta, que son comúnmente tenidos en cuenta como criterios para que las plantas sean llevadas a campo. De esta forma, en términos generales, plantas de plátano con al menos 25 cm de altura y con 4-5 hojas verdaderas emitidas pueden ser consideradas aptas para el trasplante definitivo a campo (Mateus-Cagua & Rodríguez-Yzquierdo, 2019; Rodríguez Yzquierdo et al., 2019).

Para el caso de las variables fisiológicas asociadas al intercambio gaseoso (P_n , G_s y T_r), el efecto del ambiente también provocó diferencias estadísticamente significativas entre las localidades en donde se realizó la experimentación. Al respecto, nuevamente las localidades más cálidas fueron las que presentaron mejores valores de fotosíntesis, conductancia estomática y transpiración; es probable que el microclima, una menor nubosidad y un adecuado manejo de las plantas en cuanto a la dotación hídrica se combinen para favorecer una expresión más adecuada del intercambio gaseoso, de forma diferenciada para cada localidad. Los valores encontrados de fotosíntesis, conductancia estomática y transpiración son adecuados o normales para el caso de plantas en etapa de vivero, y coinciden con los reportados por Mateus-Cagua y Rodríguez-Yzquierdo (2019).

En términos generales, valores de fotosíntesis entre 6 y 8 $\mu\text{mol de CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$ suelen ser normales para plantas de plátano en etapa de vivero que no se encuentren en condiciones de estrés (Mateus-Cagua et al., 2024). No obstante, en la localidad de Palermo se pudieron observar mayores valores para esta variable. En el caso de la conductancia estomática, plantas no sometidas a estrés suelen presentar valores entre 0,10 y 0,15 $\text{mol de H}_2\text{O}/\text{m}^2/\text{s}$, y en cuanto a transpiración, el rango suele ser entre 2 y 3 $\text{mmol de H}_2\text{O}/\text{m}^2/\text{s}$ (Mateus-Cagua & Rodríguez-Yzquierdo, 2019). La mayoría de los valores encontrados en las diferentes localidades con todos los tratamientos estudiados se encontraron en el rango normal para el cultivo en etapa de vivero; sin embargo, se observan tendencias diferenciales de acuerdo con la condición particular de cada localidad, pues los procesos pueden ser ligeramente afectados en localidades con ambientes más fríos.





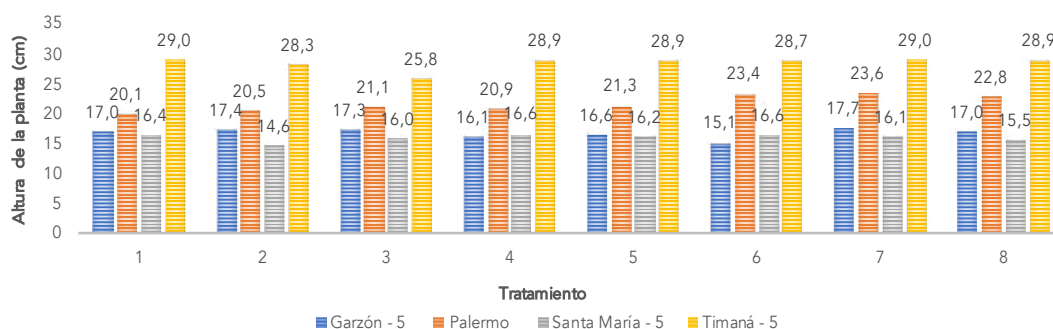
Con lo anterior, se puede afirmar que las respuestas fisiológicas de las plantas sometidas a tratamientos con sustancias bioestimulantes se verán afectadas por las condiciones ambientales locales, manifestando comportamientos diferenciales de acuerdo con cada localidad evaluada, razón por la cual las recomendaciones genéricas no son adecuadas para la implementación de este tipo de tecnologías en la multiplicación de semilla de plátano, incluso cuando se utiliza el mismo material vegetal en distintos ambientes.

Por su parte, el índice de clorofila es una variable que se utiliza para comparar el grado de verdor de las hojas, el cual puede verse afectado por la condición nutricional de la planta, pero a su vez por procesos de senescencia natural o inducida por estreses de orden abiótico o biótico que comienzan a generar especies reactivas de oxígeno que afectan a la planta (Nadarajah, 2020; Rehman et al., 2021; Rodríguez Yzquierdo et al., 2019).

En las figuras 2.3 a 2.6 se presentan las variables de desarrollo en etapa de vivero según las localidades asociadas a los tratamientos evaluados.

Figura 2.3.

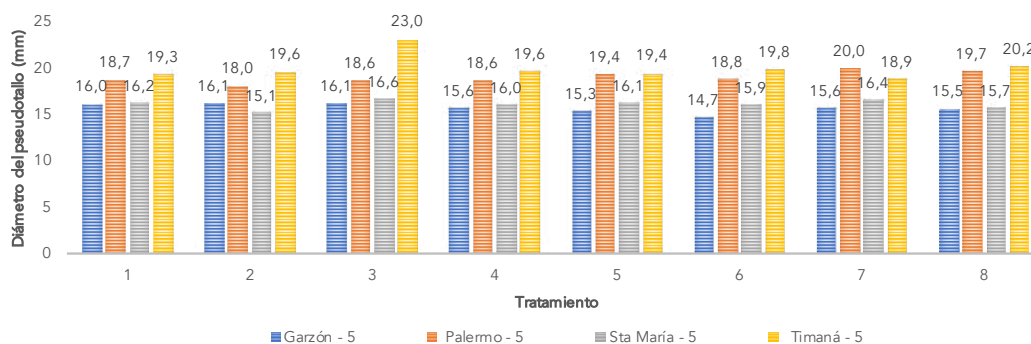
Altura de la planta de plátano Dominico-Hartón 60 días después de la primera aplicación de los tratamientos (3 meses después de la siembra) en las cuatro localidades del departamento del Huila.



Fuente: Elaboración propia

Figura 2.4.

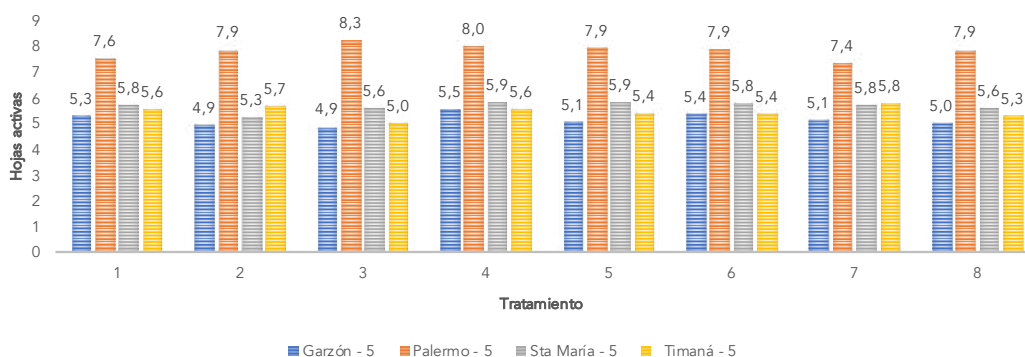
Diámetro del pseudotallo en plantas de plátano Dominico-Hartón 60 días después de la primera aplicación de los tratamientos (3 meses después de la siembra) en las cuatro localidades del departamento del Huila.



Fuente: Elaboración propia

Figura 2.5.

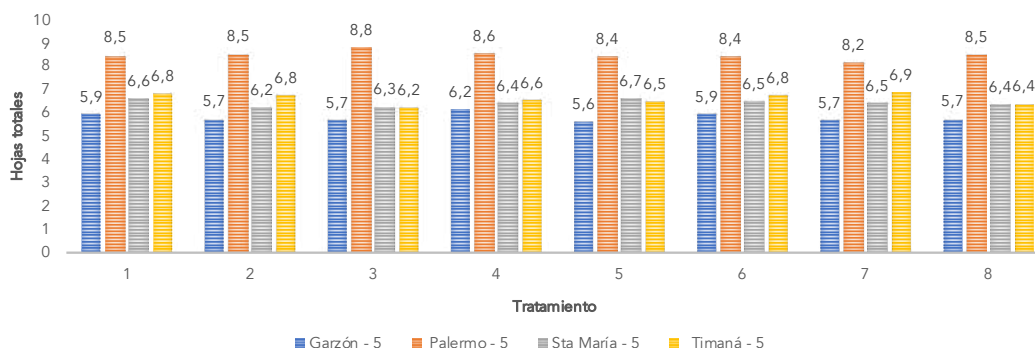
Número de hojas activas en plantas de plátano Dominico-Hartón 60 días después de la primera aplicación de los tratamientos (3 meses después de la siembra) en las cuatro localidades del departamento del Huila.



Fuente: Elaboración propia

Figura 2.6.

Número de hojas totales en plantas de plátano Dominico-Hartón 60 días después de la primera aplicación de los tratamientos (3 meses después de la siembra) en las cuatro localidades del departamento del Huila.



Fuente: Elaboración propia

La altura de la planta presentó diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados en las cuatro localidades (tabla 2.5). Se puede observar un efecto en la promoción del crecimiento con el uso del microorganismo *B. amyloliquefaciens* (T7), con la dosis más alta del producto enraizador solo (T5) y al combinarlo con sustancias húmicas (T6), teniendo en cuenta los resultados encontrados en todas las localidades evaluadas. De igual modo, con la combinación del enraizador con sustancias húmicas se incrementó el valor de altura para cada concentración del enraizador evaluada (T2, T4 y T6), lo que sugiere un efecto de sinergia con la aplicación de ambas sustancias, que además tienen efecto sobre procesos distintos en la fisiología de la planta (Canellas et al., 2015; Pichyangkura & Chadchawan, 2015). Por su parte, el tratamiento testigo (T8) presentó el menor valor de altura, lo cual indica un efecto benéfico de todas las sustancias bioestimulantes evaluadas. Vale la pena destacar que estos valores corresponden al promedio de cada tratamiento en las cuatro localidades.

Tabla 2.5. Altura de la planta (cm) con los distintos tratamientos en las localidades evaluadas para el clon Dominico-Hartón

Variable	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Altura (cm)	18,02 b	18,45 b	18,97 b	19,21b	21,34 a	22,56 a	22,89 a	17,79 c

Fuente: Elaboración propia

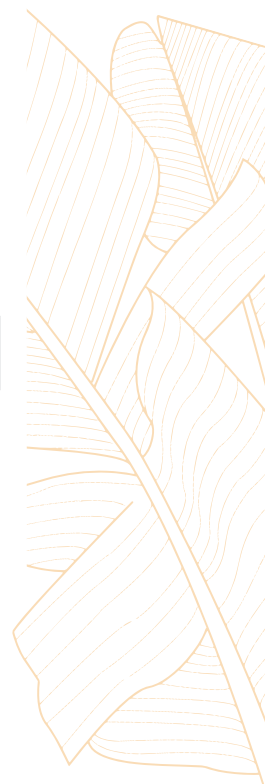
En este sentido, diversos autores señalan como beneficios de las sustancias húmicas la promoción del crecimiento por medio del aumento del peso seco en la parte aérea y radicular, la estimulación de la actividad de enzimas clave en el metabolismo de C y N, la mejora en la producción de ciertas hormonas, cambios en la expresión génica y el aumento en la calidad y rendimiento de las cosechas en diferentes cultivos (Calderín et al., 2016; Canellas et al., 2015; Colla et al., 2015; Hernández et al., 2015; Nardi et al., 2016; Ruzzi & Aroca, 2015; Vaccaro et al., 2015; Veobides Amador et al., 2018). De igual modo, el efecto promotor de crecimiento en plántulas de plátano Hartón en etapa de vivero con el uso de *Bacillus subtilis* y *B. amyloliquefaciens*, así como con otras sustancias bioestimulantes, como el SA y el dióxido de silicio, ha sido reportado por Mateus-Cagua y Rodríguez-Yzquierdo (2019).

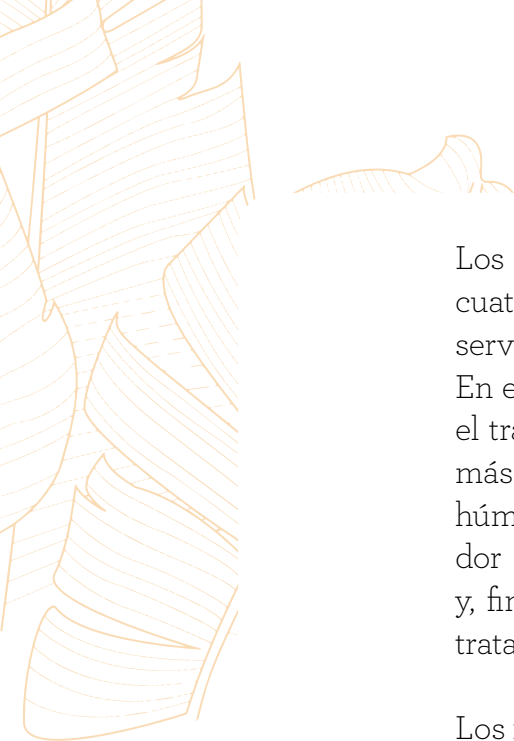
En cuanto al desempeño fisiológico de las plantas según los tratamientos evaluados, el análisis estadístico indica que se presentaron diferencias significativas solo para la fotosíntesis neta (tabla 2.6).

Tabla 2.6. Fotosíntesis neta ($\mu\text{mol de CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$) con los distintos tratamientos en las localidades evaluadas para el clon Dominico-Hartón

Variable	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Fotosíntesis neta (Pn)	8,44 b	8,60 b	8,19 b	8,41b	9,21 ab	9,61 ab	10,41 a	7,84 c

Fuente: Elaboración propia





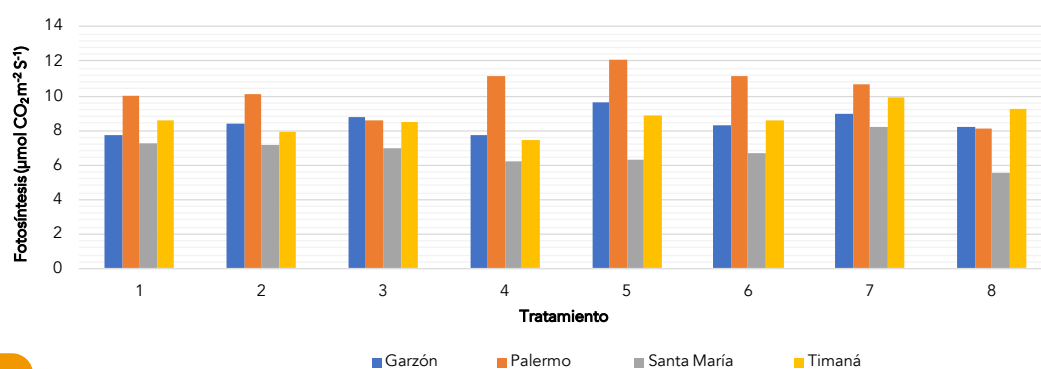
Los resultados de fotosíntesis neta para cada tratamiento en las cuatro localidades estudiadas presentan la misma tendencia observada entre los tratamientos en cuanto a la altura de la planta. En este sentido, la mayor tasa de fotosíntesis fue encontrada para el tratamiento con *B. amyloliquefaciens* (T7), seguido por la dosis más alta del enraizador solo (T5) y en combinación con sustancias húmicas (T6); les siguen las dosis intermedia y baja del enraizador (ya sea solo o en combinación con las sustancias húmicas), y, finalmente, los menores valores de fotosíntesis los presentó el tratamiento testigo sin aplicación de bioestimulantes (T8).

Los resultados de los tratamientos evaluados para cada localidad se pueden observar en la figura 2.7. La tendencia general de las variables fisiológicas indica que en Palermo y Timaná se presentaron los mejores valores, en concordancia con lo encontrado para las variables de desarrollo en estas dos localidades de clima cálido. En cuanto a los tratamientos que presentaron ciertas mejoras en las variables fisiológicas, nuevamente fueron los tratamientos T7, T5 y T6, indistintamente de la localidad evaluada.

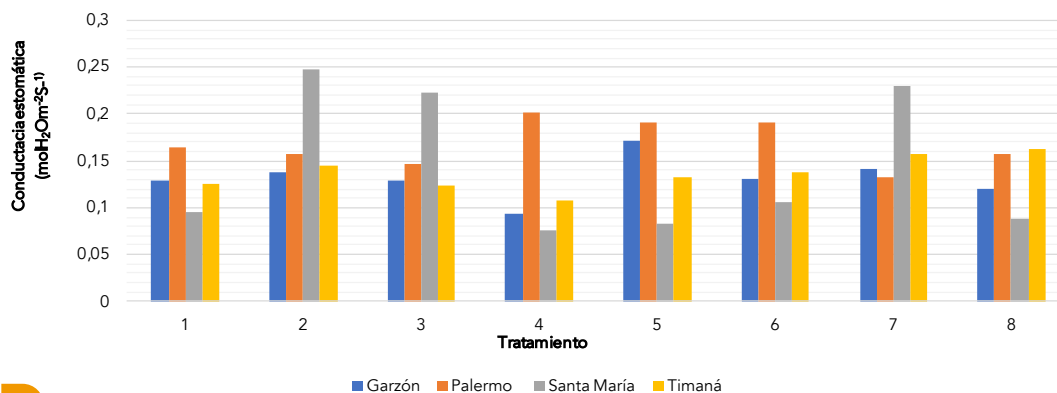
Figura 2.7.

Variables fisiológicas asociadas al intercambio gaseoso en las cuatro localidades del departamento del Huila para el clon Dominico-Hartón.

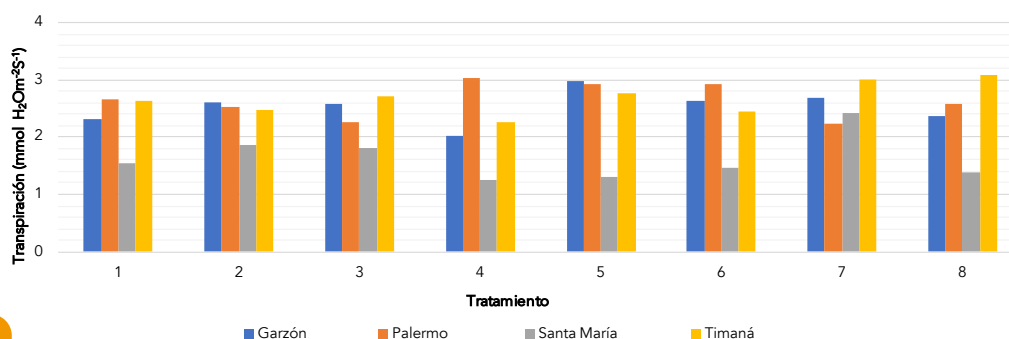
a. Fotosíntesis; b. Conductancia estomática; c. Transpiración.



a.



b.

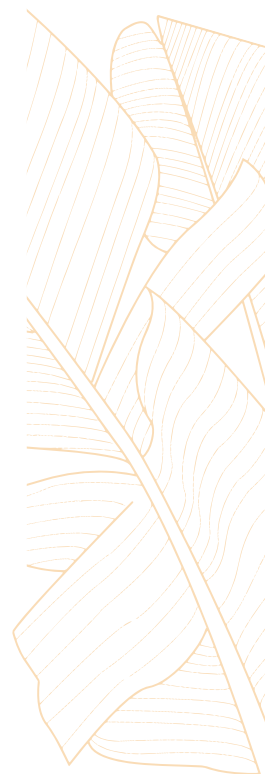


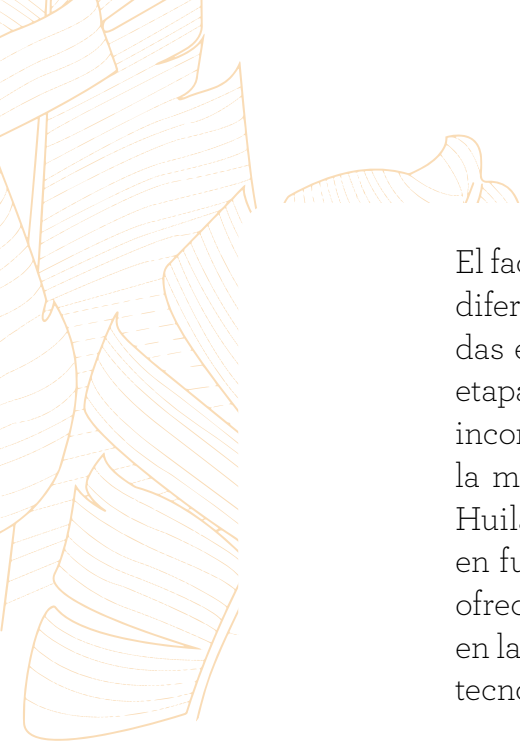
c.

Fuente: Elaboración propia

Conclusiones

El uso de sustancias bioestimulantes sobre plantas de plátano en etapa de vivero generó diferencias en las variables de desarrollo y fisiológicas en las cuatro localidades estudiadas; estas diferencias son muestra de los beneficios que el uso de estos productos genera sobre aspectos de la calidad de la semilla durante la etapa de vivero. La promoción del crecimiento y las mejoras en variables asociadas a la fisiología de la planta, como la fotosíntesis, representan resultados muy importantes en cuanto al mejoramiento de la calidad física y fisiológica del material vegetal y a la incorporación de estas plantas para lograr en ellas un desarrollo más acelerado en la etapa de vivero, entre otras ventajas con respecto a la adaptación de estas a las condiciones en campo.





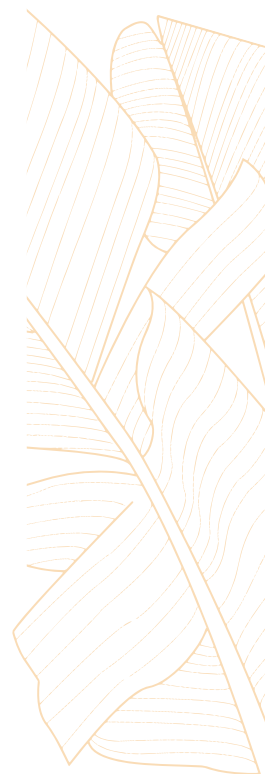
El factor localidad mostró una alta significancia para la expresión diferenciada de las variables de desarrollo y fisiológicas evaluadas en el material vegetal del clon Dominico-Hartón durante la etapa de vivero. Con estos resultados, se hace evidente que la incorporación de sustancias bioestimulantes, como estrategia en la multiplicación de semilla de plátano en el departamento de Huila, requiere una evaluación y un seguimiento diferenciados en función de las condiciones locales, por lo cual se debe evitar ofrecer recomendaciones genéricas, buscando validar resultados en las condiciones particulares donde se quiera hacer uso de esta tecnología.

La calidad de semilla en sus cuatro dimensiones (genética, física, fisiológica y sanitaria) debe tenerse en cuenta para los procesos de multiplicación de material vegetal en el cultivo de plátano. La incorporación del uso de sustancias bioestimulantes mejora atributos de calidad física (vigor de la planta), así como fisiológica (mejor desempeño en cuanto a la actividad fotosintética), lo que le da un valor agregado al material vegetal durante la etapa de vivero y le confiere mejores condiciones para su establecimiento definitivo en condiciones de campo.

Referencias

- Alcaldía Municipal de Garzón, Huila. (2019). *Diagnóstico Plan de desarrollo municipio de Garzón 2016-2019*. <https://www.sirhuila.gov.co/wp-content/uploads/2021/03/Garzon-Acuerdo-No.-007-de-2020-Garzon-si-somos-el-cambio.pdf>
- Alcaldía Municipal de Palermo, Huila. (2019). *Plan de Desarrollo Municipal*. <https://www.sirhuila.gov.co/wp-content/uploads/2022-ACTUALIZACIONES/PlanDesarrollo/Palermo-Plan-de-desarrollo-2016-2019.pdf>
- Alcaldía Municipal de Santa María, Huila. (2015). *Plan de Desarrollo Municipal*. <https://www.sirhuila.gov.co/wp-content/uploads/2021/07/Santa-Mara.pdf>

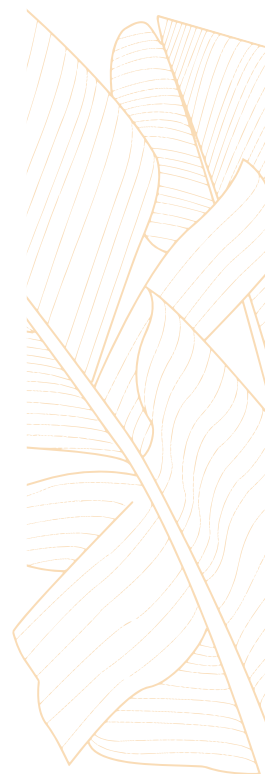
- Alcaldía Municipal de Timaná, Huila. (2020). *Plan de Desarrollo 2020-2023*. https://timanahuila.micolombiadigital.gov.co/sites/timanahuila/content/files/000405/20224_plan-definitivo.pdf
- Beaudreau, D. (2013). *Biostimulants in agriculture: Their current and future role in a connected agricultural economy*. Bioestimulant Coalition.
- Berger, S., Benediktyova, Z., Matou, K., Bonfig, K., Mueller, M. J., & Nedbal, L. (2007). High throughput quantitative phenotyping of plant resistance using chlorophyll fluorescence image analysis. *Plant Methods*, 9(17).
- Buchanan, B. B., Gruissem, W., & Jones, R. L. (2015). *Biochemistry and molecular biology of plants*. John Wiley & Sons.
- Calderín, A., Pimentel, J., Martínez, D., Huelva, R., & Guridi, F. (2016). Efeitos no cultivo do milho de um extrato líquido humificado residual, obtido a partir de vermicomposto. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 25(1), 38-43. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93242698007>
- Caldwell, D., Kim, B. S., & Iyer-Pascuzzi, A. S. (2017). *Ralstonia solanacearum* differentially colonizes roots of resistant and susceptible tomato plants. *Phytopathology*, 107(5), 528-536.
- Canellas, L. P., Olivares, F. L., Aguiar, N. O., Jones, D. L., Nebbioso, A., Mazzei, P., & Piccolo, A. (2015). Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196, 15-27. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.013>
- Climatology Lab. (2021). *Terraclimate*. <https://www.climatologylab.org/terraclimate.html>
- Colla, G., Nardi, S., Cardarelli, M., Ertani, A., Lucini, L., Canaguier, R., & Roupheal, Y. (2015). Protein hydrolysates as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196, 28-38. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.08.037>
- Couto, C. A., Peixoto, C. P., Vieira, E. L., Carvalho, E. V., & Peixoto, V. A. B. (2012). Ação da cinetina, ácido indolbutírico e ácido giberélico na emergência do girassol sob estresse por alumínio. *Comunicata Scientiae*, 3(3), 206-209. https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=pt-BR&user=2JjHKiEAAAJ&citation_for_view=2JjHKiEAAAJ:gyKSN-GCBoIC
- Díaz-Puentes, L.-N. (2012). Resistencia sistémica adquirida mediada por el ácido salicílico. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y*

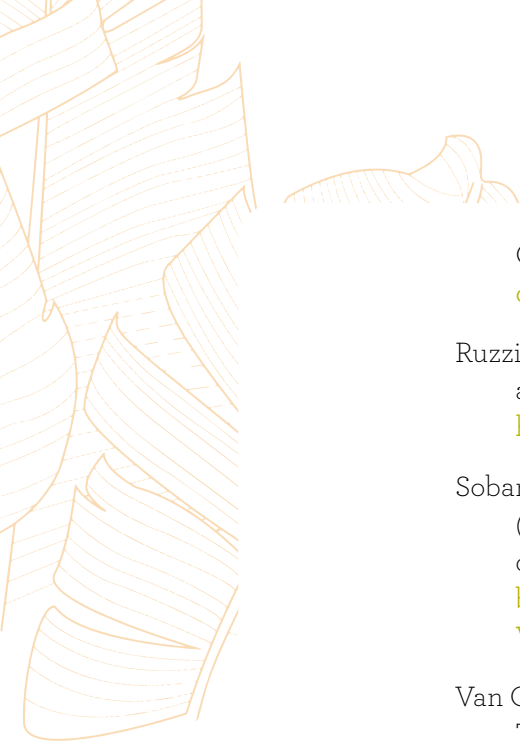




- Agroindustrial*, 10(2), 257-267. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612012000200030&lng=en&tln g=es
- Du Jardin, P. (2015). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae*, 196, 3-14. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021>
- European Biostimulants Industry Council (EBIC). (2020). *Economic overview of the European biostimulants market*. <https://biostimulants.eu/highlights/economic-overview-of-the-european-biostimulants-market/>
- Feitosa, A. C., & Garófalo, L. H. (2019). Biostimulants and their role in improving plant growth under abiotic stresses. En S. M. Mirmajlessi, & R. Radhakrishnan (Eds.), *Biostimulants in plant science*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.88829>
- Halpern, M., Bar-Tal, A., Ofek, M., Minz, D., Muller, T., & Yermiyahu, U. (2015). The use of biostimulants for enhancing nutrient uptake. En D. L. Sparks (Ed.), *Advances in agronomy* (vol. 130, pp. 141-174). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2014.10.001>
- Hernández, O. L., Calderín, A., Huelva, R., Martínez-Balmori, D., Guridi, F., Aguiar, N. O., Olivares, F. L., & Canellas, L. P. (2015). Humic substances from vermicompost enhance urban lettuce production. *Agronomy for Sustainable Development*, 35, 225-232. <https://doi.org/10.1007/s13593-014-0221-x>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam). (2022). Consulta y descarga de datos hidrometereológicos (DHIME). <http://dhime.ideam.gov.co/atencionciudadano/>
- Mateus-Cagua, D., & Rodríguez-Yzquierdo, G. (2019). Effect of biostimulants on dry matter accumulation and gas exchange in plantain plants (*Musa AAB*). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 13(2), 151-160. <https://doi.org/10.17584/rech.2019v13i2.8460>
- Mateus-Cagua, D., González-Almario, A., Betancourt-Vásquez, M., & Rodríguez-Yzquierdo, G. (2024). Physiological response induced by biostimulants on plantain plants (*Musa AAB*) under *Ralstonia solanacearum* race 2 stress. *Ceres*, 71, e71019. <https://doi.org/10.1590/0034-737X2024710019>
- Mosa, W. F. A., Salem, M. Z. M., Al-Huqail, A. A., & Ali, H. M. (2021). Application of glycine, folic acid, and moringa extract as biostimulants for enhancing the production of 'Flame Seedless' grape

- cultivar. *Bioresources*, 16(2), 3.391-3.410. <https://bioresources.cnr.ncsu.edu/resources/application-of-glycine-folic-acid-and-moringa-extract-as-bio-stimulants-for-enhancing-the-production-of-flame-seedless-grape-cultivar/>
- Nadarajah, K. K. (2020). ROS homeostasis in abiotic stress tolerance in plants. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(15), artículo 5208. <https://doi.org/10.3390/ijms21155208>
- Narancio, R., Zorrilla, P., Robello, C., Gonzalez, M., Vilaró, F., Pritsch, C., & Dalla Rizza, M. (2013). Insights on gene expression response of a characterized resistant genotype of *Solanum commersonii* Dun. against *Ralstonia solanacearum*. *European Journal of Plant Pathology*, 136(4), 823-835. <https://doi.org/10.1007/s10658-013-0210-y>
- Nardi, S., Pizzeghello, D., Schiavon, M., & Ertani, A. (2016). Plant biostimulants: Physiological responses induced by protein hydrolyzed-based products and humic substances in plant metabolism. *Scientia Agricola*, 73(1), 18-23. <https://doi.org/10.1590/0103-9016-2015-0006>
- Pichyangkura, R., & Chadchawan, S. (2015). Biostimulant activity of chitosan in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196, 49-65. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.031>
- Ramírez, M., & Rodríguez, A. (2012). Mecanismos de defensa y respuestas de las plantas en la interacción micorrícica: una revisión. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 14(1), 271-284. <http://www.scielo.org.co/pdf/biote/v14n1/v14n1a25.pdf>
- Rehman, H., Alharby, H. F., Bamagoos, A. A., Abdelhamid, M. T., & Rady, M. M. (2021). Sequenced application of glutathione as an antioxidant with an organic biostimulant improves physiological and metabolic adaptation to salinity in wheat. *Plant Physiology and Biochemistry*, 158, 43-52. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.11.041>
- Rodríguez Yzquierdo, G. A., Becerra Campiño, J. J., Betancourt Vásquez, M., Miranda Salas, T. C., & Alzáte Henao, S. V. (2019). *Modelo productivo: tecnologías eficientes para la producción de semilla de plátano en los Llanos Orientales*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). <https://doi.org/10.21930/agrosavia.model.7402711>
- Rodríguez Yzquierdo, G. A., Becerra Campiño, J. J., Betancourt Vásquez, M., Miranda Salas, T. C., Alzáte Henao, S. V., Pisco Ortiz, Y. C., & Sandoval Contreras, H. A. (2018). *Modelo productivo para la producción de plátano en los Llanos Orientales*. Corporación





- Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). <https://doi.org/10.21930/agrosavia.model.7402674>
- Ruzzi, M., & Aroca, R. (2015). Plant growth-promoting rhizobacteria act as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196, 124-34. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.08.042>
- Sobarzo Bernal, O. (2018). *Cerio en germinación y producción de tomate (Solanum lycopersicum L.) en invernadero* [tesis de maestría, Colegio de Postgraduados]. http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/handle/10521/3283/Sobarzo_Bernal_O_MC_Fisiologia_Vegetal_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Van Oosten, M. J., Pepe, O., De Pascale, S., Silletti, S., & Maggio, A. (2017). The role of biostimulants and bioeffectors as alleviators of abiotic stress in crop plants. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 4(5), 1-12. <https://doi.org/10.1186/s40538-017-0089-5>
- Veobides Amador, H., Guridi Izquierdo, F., & Vázquez Padrón, V. (2018). Las sustancias húmicas como bioestimulantes de plantas bajo condiciones de estrés ambiental. *Cultivos Tropicales*, 39(4), 102-109. <https://www.redalyc.org/journal/1932/193260659015/html/>
- Weather Spark. (2023). *El clima y el tiempo promedio en todo el año en Timaná*. <https://es.weatherspark.com/y/22360/Clima-promedio-en-Timan%C3%A1-Colombia-durante-todo-el-a%C3%B1o#Sections-Precipitation>
- Yakhin, O. I., Lubyantov, A. A., & Yakhin, I. A. (2016). Biostimulants in agrotechnologies: Problems, solutions, outlook. *Agrochemical Herald*, 1, 15-21.
- Yakhin, O. I., Lubyantov, A. A., Yakhin, I. A., & Brown, P. H. (2017). Biostimulants in plant science: A global perspective. *Frontiers in Plant Science*, 7, artículo 2049. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.02049>

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).

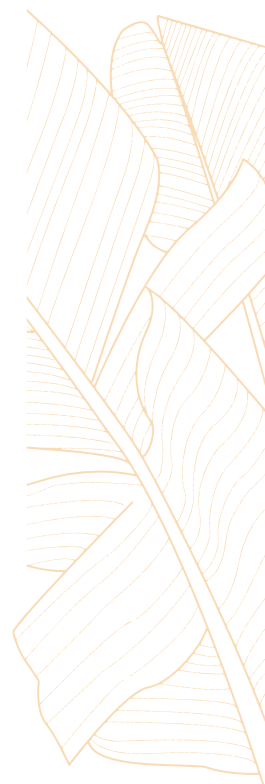
Entre las principales limitantes para la producción de plátano en el país se encuentran las enfermedades de importancia económica, entre estas la mancha foliar de sigatoka (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet var. *difformis*), el mal de Panamá (*Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*), el Moko del plátano (*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).

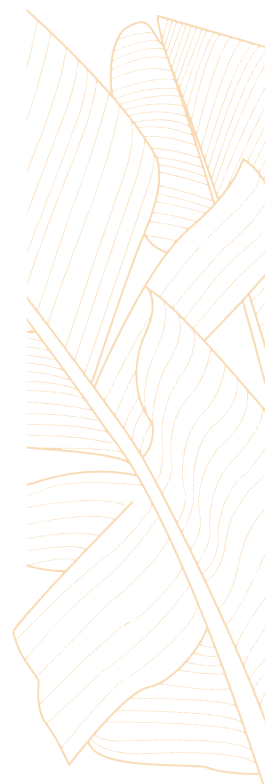
Las larvas de la mayoría de las especies de picudos viven dentro de su planta hospedante utilizando el material como alimento, como cubierta o como espacio para su desarrollo. Muchas especies de importancia económica utilizan las raíces, semillas, frutos y hojas. Los hábitos de las larvas pueden diferir 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.

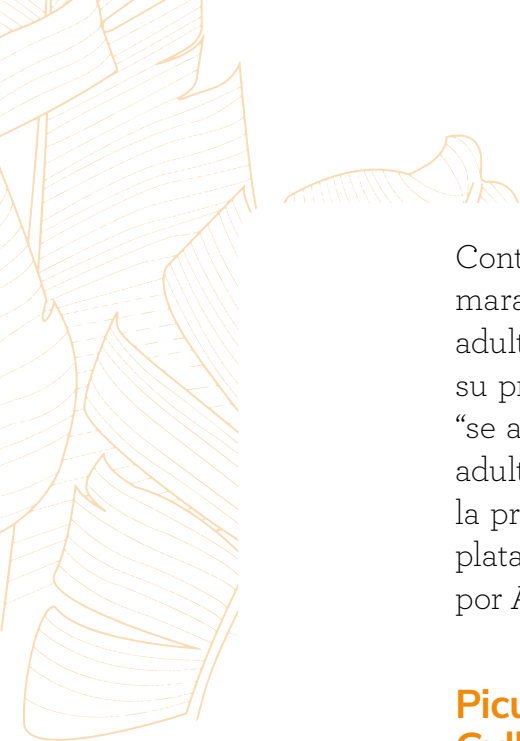
El adulto de *M. hemipterus* presenta tres manchas negras en el tórax, una central alargada que lo atraviesa y dos paralelas a esta, a lado y lado, pero de menor longitud. Los élitros son rojizos con manchas negras irregulares que se unen hacia la parte posterior del cuerpo. (Aranzazu et al., 2005) (Figura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

Figura 3.2.

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



Fotos: Edgar Varón y Claudia Flórez



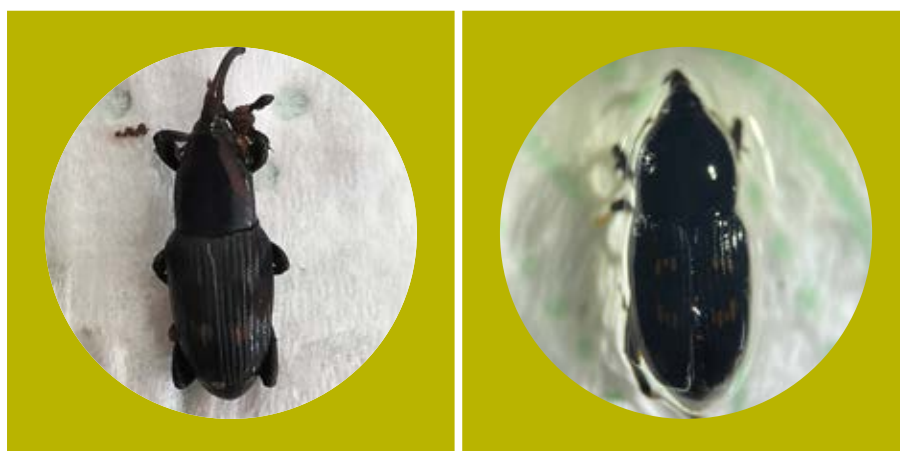
Contrario al picudo negro, el picudo rayado construye una cámara pupal con hojas y pedazos de pseudotallo y emerge como adulto después de 11 a 25 días (González Cardona et al., 2009); su presencia es más visible que la del picudo negro. Sus larvas “se alimentan principalmente de material vegetal cortado, 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).

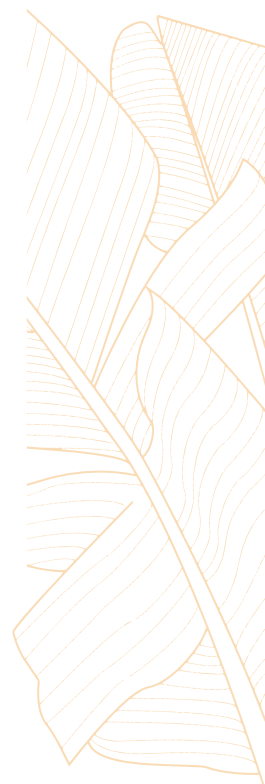


Figura 3.4.

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

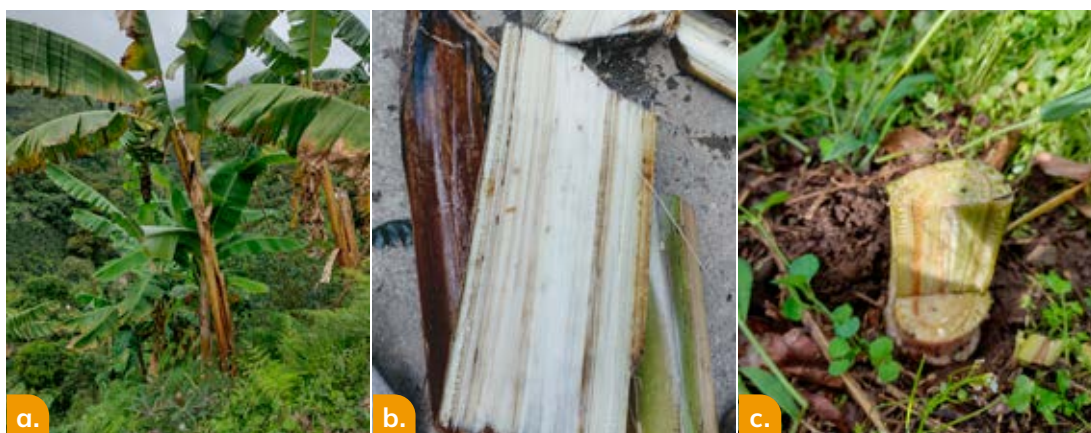
Las enfermedades de origen fúngico incluyen la sigatoka amarilla y negra. Esta enfermedad es la que afecta más cultivos de plátano. Inicialmente, se presentan manchas amarillas, las cuales se secan y provocan la muerte de la lámina foliar. Por su parte, la sigatoka negra presenta una considerable cantidad 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.



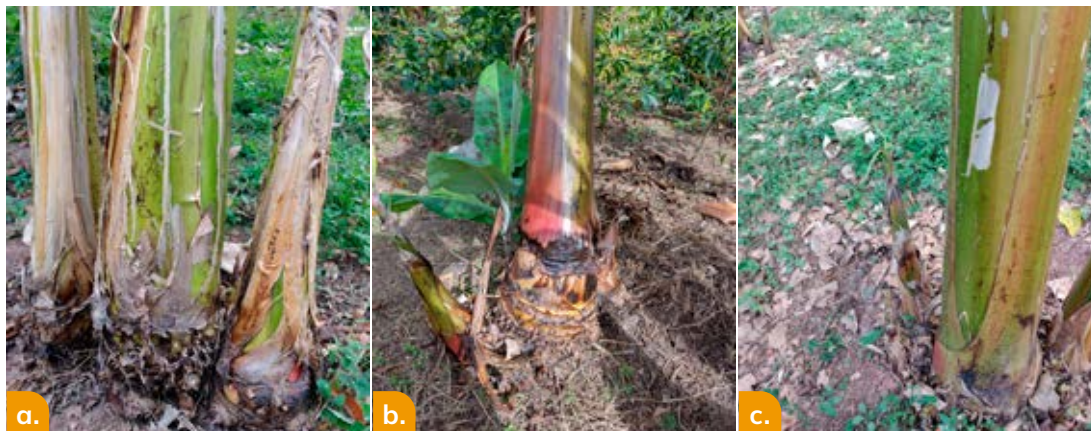
Fotos: Eleonora Rodríguez Polanco

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.



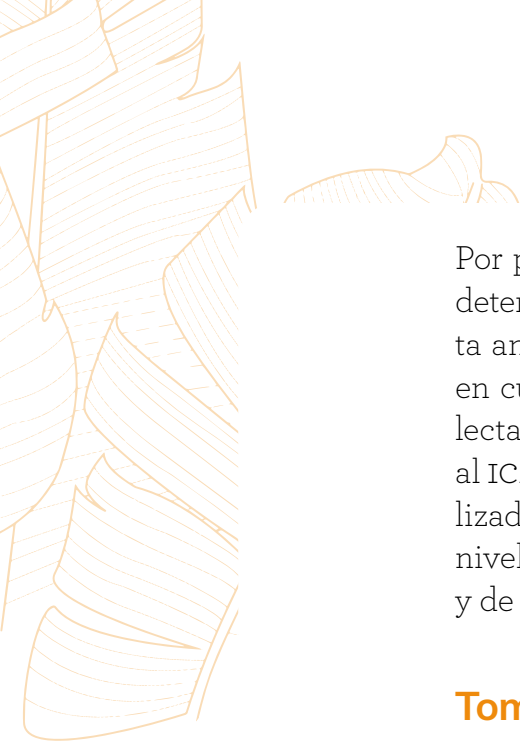
Fotos: Eleonora Rodríguez Polanco

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

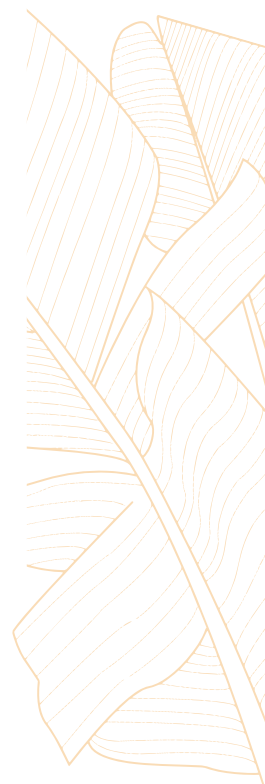
Muestreo para el diagnóstico de enfermedades

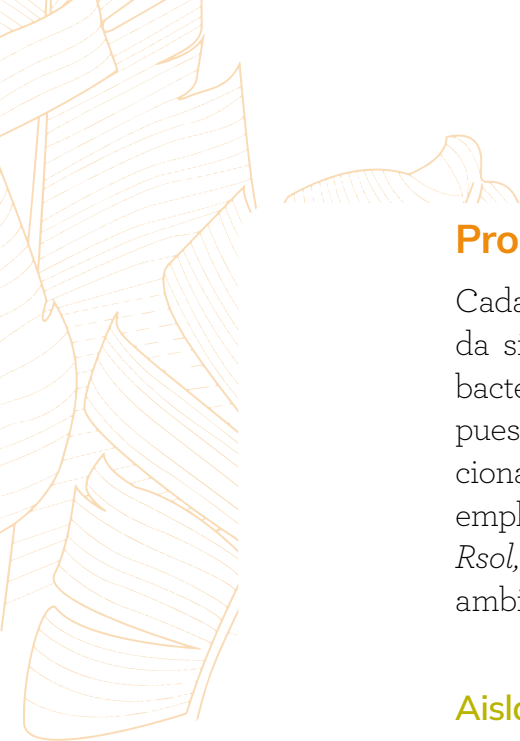
Se muestrearon 71 fincas comerciales de plátano seleccionadas dentro de los cuatro núcleos del proyecto, así: Garzón: 20 fincas; Santa María: 18 fincas; Timaná: 17 fincas; Palermo: 16 fincas. En el caso de Timaná, el muestreo fue realizado principalmente en plantaciones de banano. En cada una de estas 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 cm³ 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 trifetil 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 cm³ 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 cm³ 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

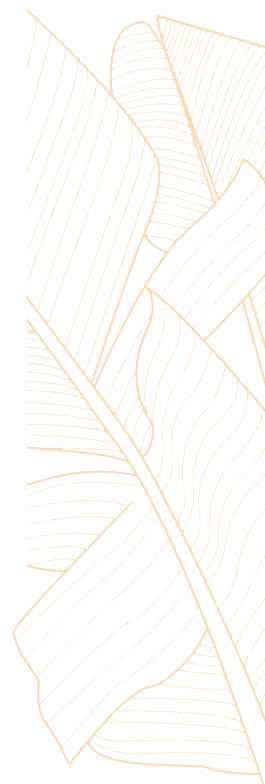
Para la selección de otras bacterias fitopatógenas asociadas a muestras sintomáticas, se emplearon las pruebas bioquímicas de catalasa, oxidasa, Gram y TSI, y se complementaron con 20 pruebas que permitieron determinar el perfil bioquímico de bacterias entéricas para corroborar su identificación a género 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 cm², 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.

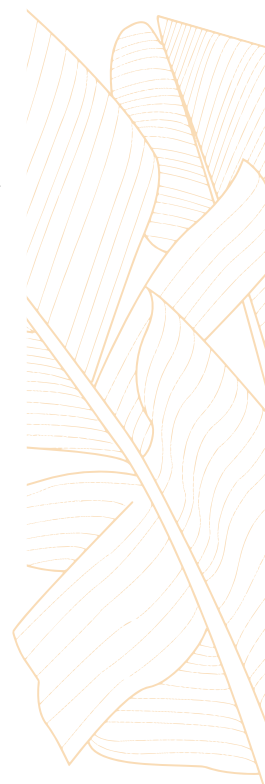
La extracción de nematodos se realizó siguiendo la metodología modificada de gradiente de sacarosa reportada por Rumiani, M., et al. (2023), como se describe a continuación: se pesaron y

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)

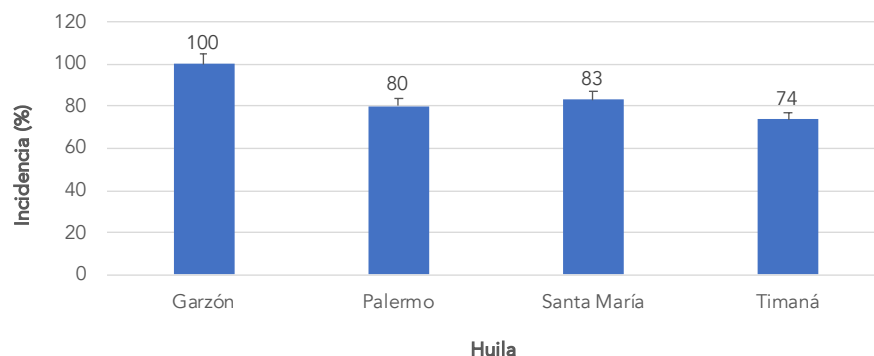
Especímenes de estas especies se enviaron a la CTNI, donde les fueron asignados los códigos de catálogo n.º 8626, 8627 y 8628, respectivamente.

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.



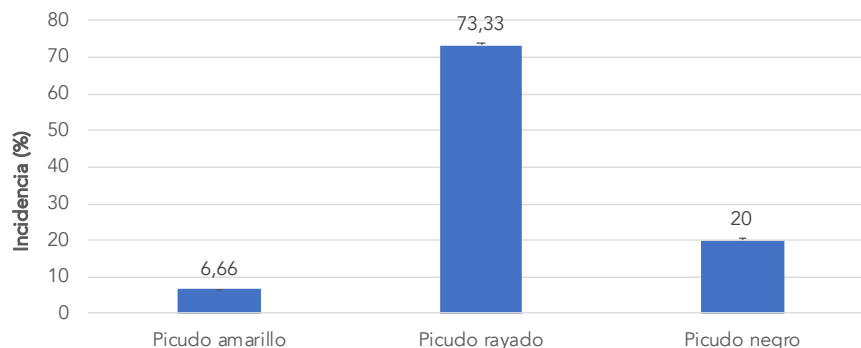
Fuente: Elaboración propia

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.

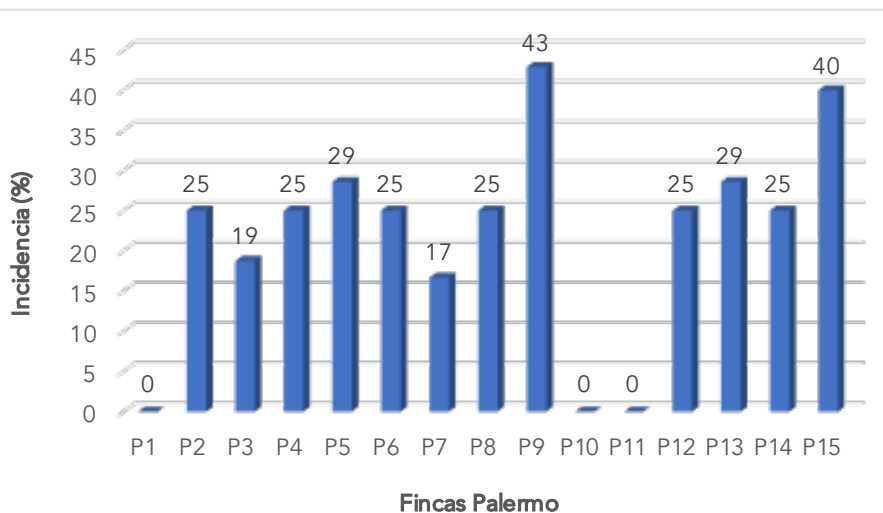
Porcentaje de incidencia de picudo amarillo, rayado y negro en las 15 fincas de productores de plátano del municipio de Palermo (Huila), 2021.



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.

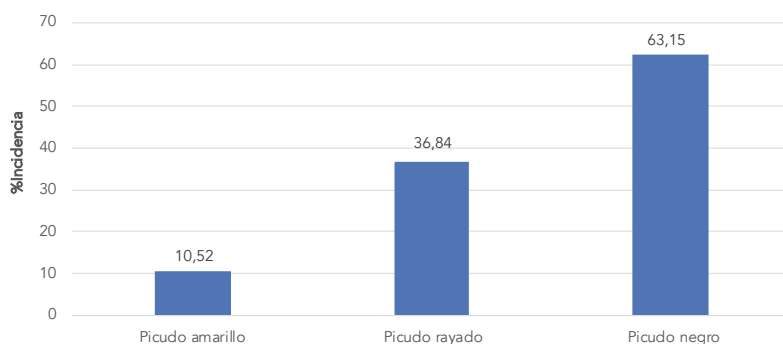


Fuente: Elaboración propia

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.

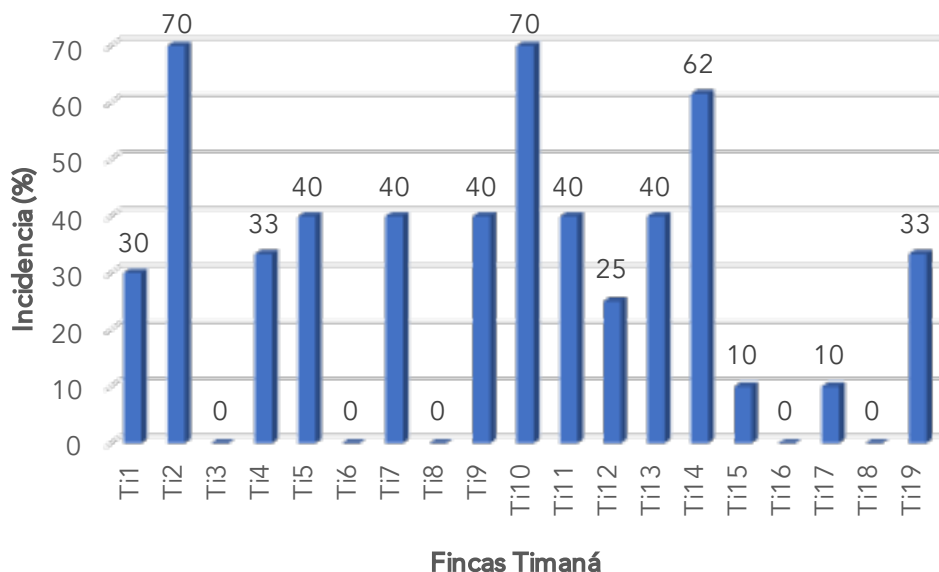
Porcentaje de incidencia de picudo amarillo, rayado y negro en las 19 fincas de productores de plátano del municipio de Timaná (Huila), 2021.



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.



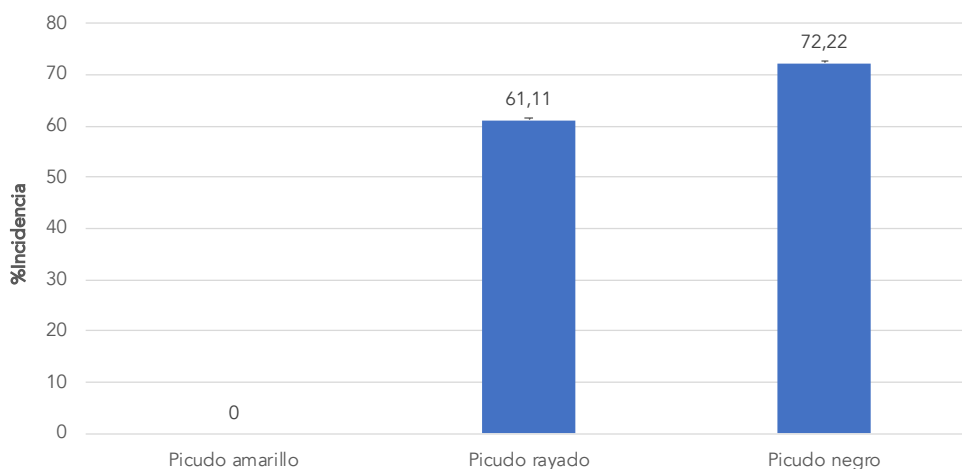
Fuente: Elaboración propia

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.

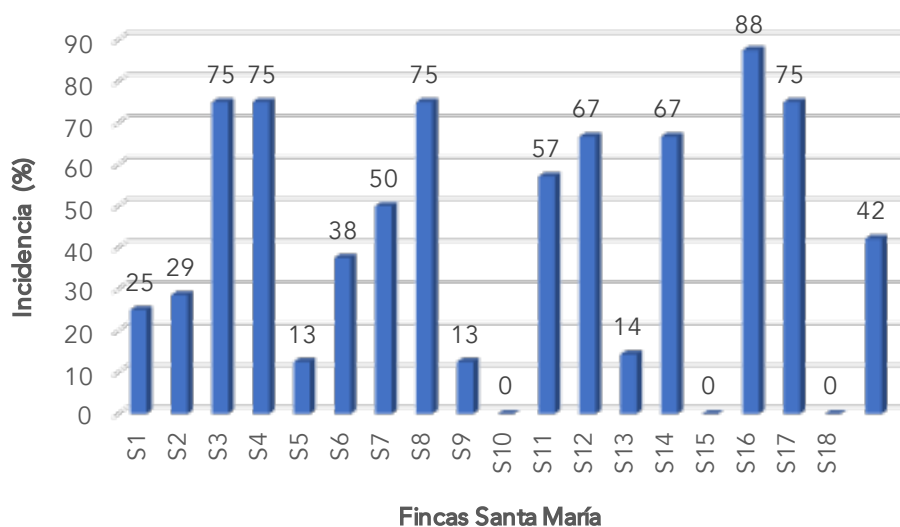
Porcentaje de incidencia de picudo amarillo, rayado y negro en las 18 fincas de productores de plátano del municipio de Santa María (Huila), 2021.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.14.

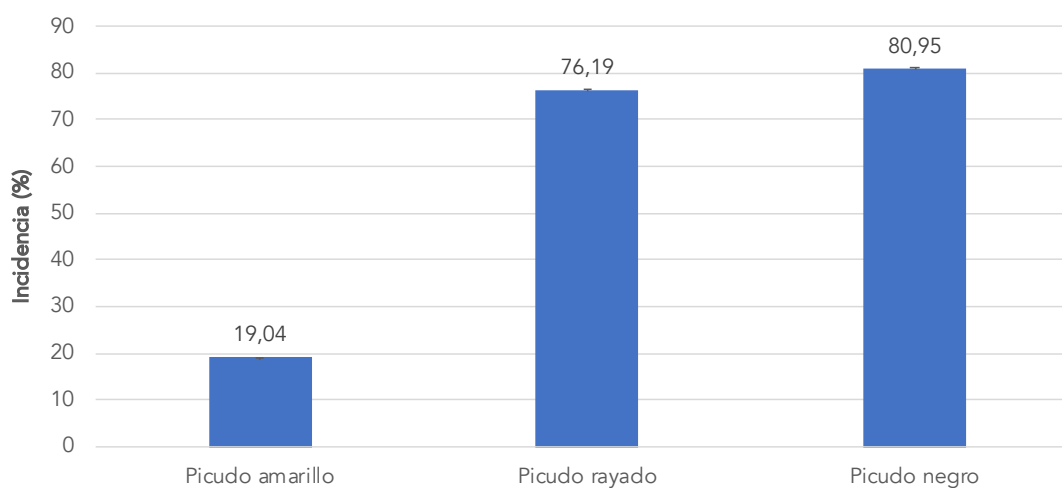
Porcentaje de incidencia de picudos en general en las 18 fincas de productores de plátano del municipio de Santa María (Huila), 2021.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.15.

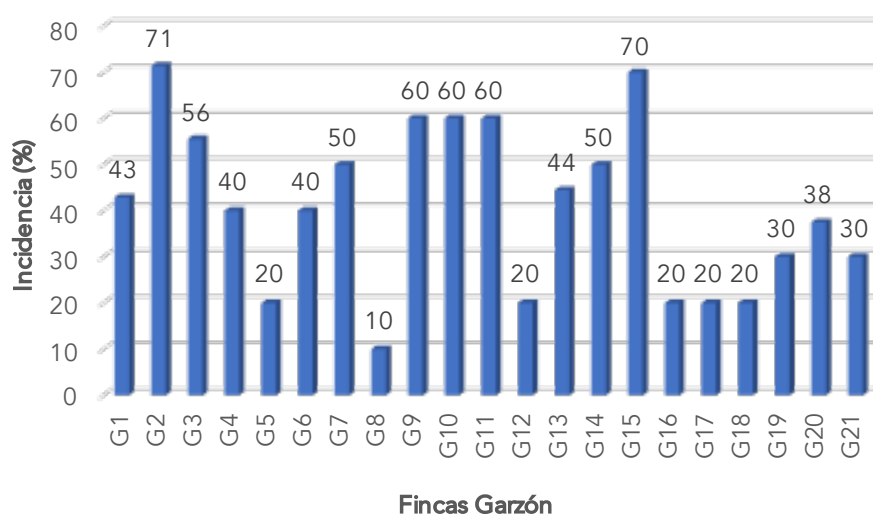
Porcentaje de incidencia de picudo amarillo, rayado y negro en las 21 fincas de productores de plátano del municipio de Garzón (Huila), 2021.



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.

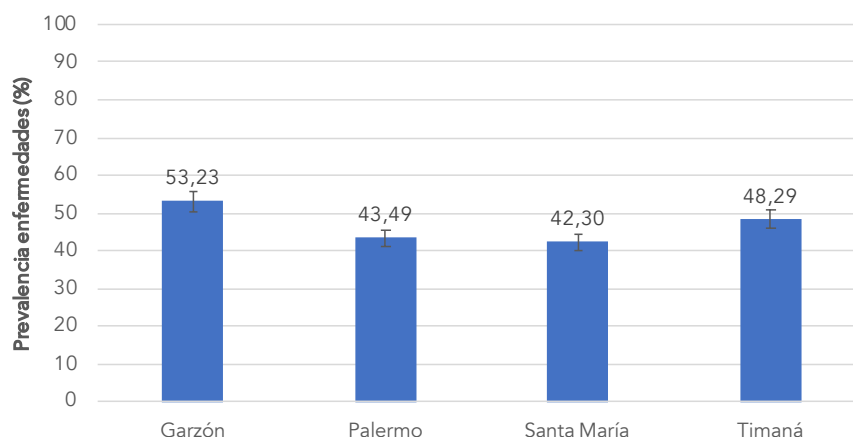
Diagnóstico en campo: *Sigatoka* sp., en los cuatro municipios. Sintomatología característica de la elephantiasis, en Timaná y Santa María.

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.



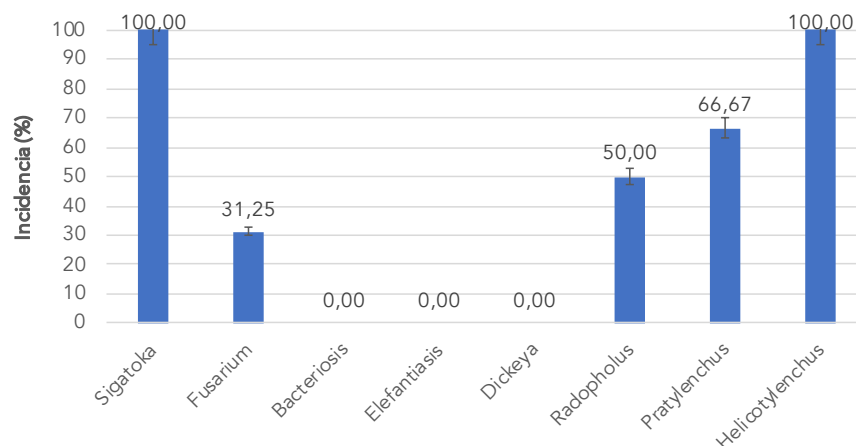
Fuente: Elaboración propia

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.

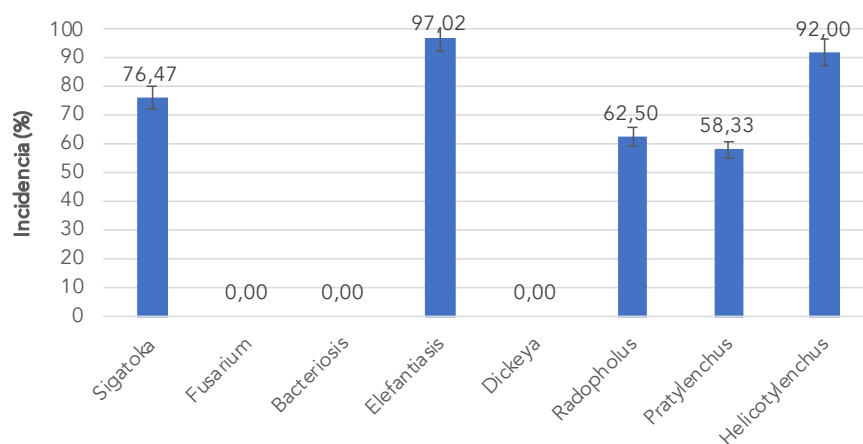


Fuente: Elaboración propia

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.

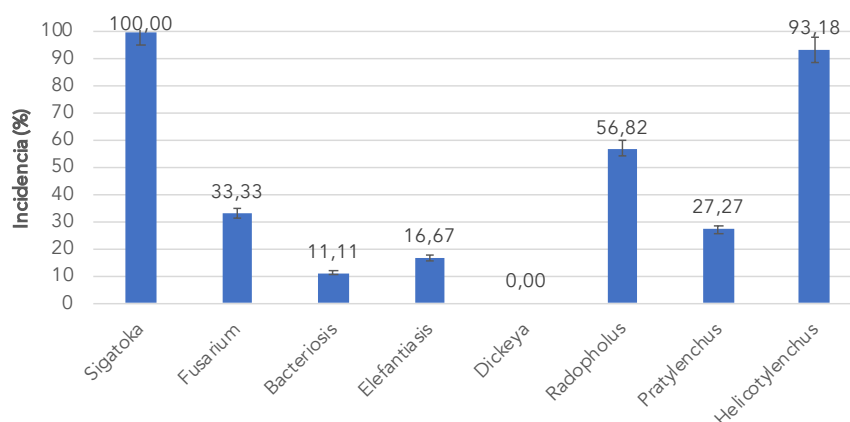


Fuente: Elaboración propia

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.

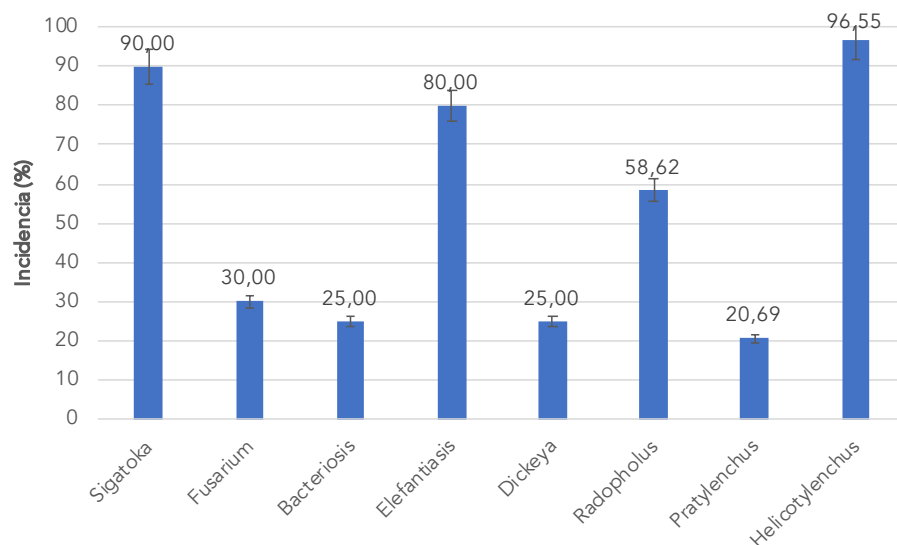


Fuente: Elaboración propia

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

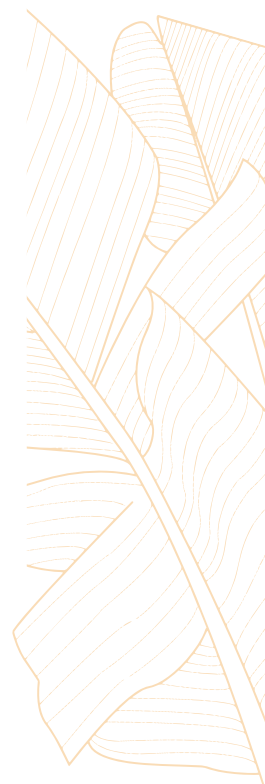
Referencias

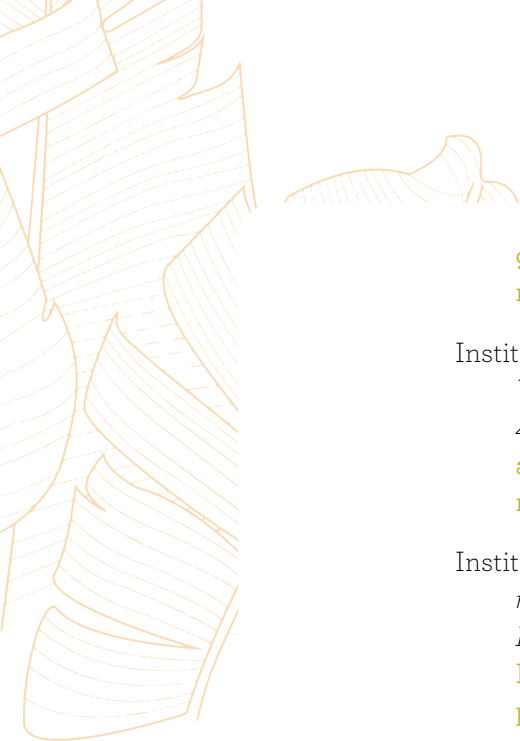
- Abera-Kalibata, A. M., Hasyim, A., Gold, C. S., & Van Driesche, R. (2006). Field surveys in Indonesia for natural enemies of the banana weevil, *Cosmopolites sordidus* (Germer). *Biological Control*, 37(1), 16-24. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2005.11.009>
- Adegbola, R. O., Ayodeji, O., Awosusi, 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
- 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
- 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
- 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
- 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
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2012). *Manejo fitosanitario del cultivo de plátano (Musa spp.). Medidas para la temporada invernal*. <https://www.ica.gov.co/>

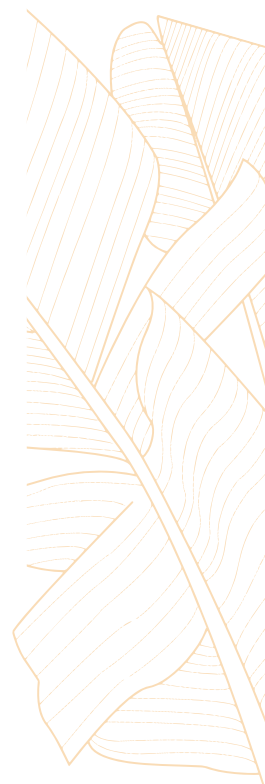


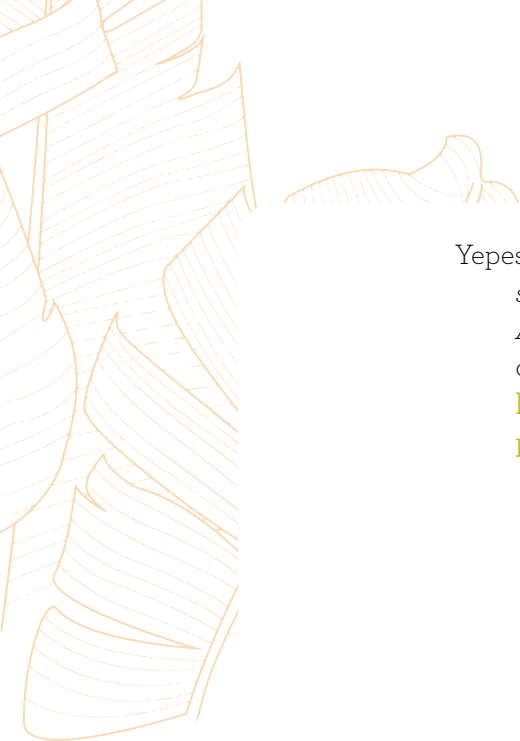


[getattachment/08fbb48d-a985-4f96-9889-0e66a461aa8b/-nbs;Manejo-fitosanitario-del-cultivo-de-platano.aspx](https://www.ica.gov.co/getattachment/08fbb48d-a985-4f96-9889-0e66a461aa8b/-nbs;Manejo-fitosanitario-del-cultivo-de-platano.aspx)

- 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
- 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

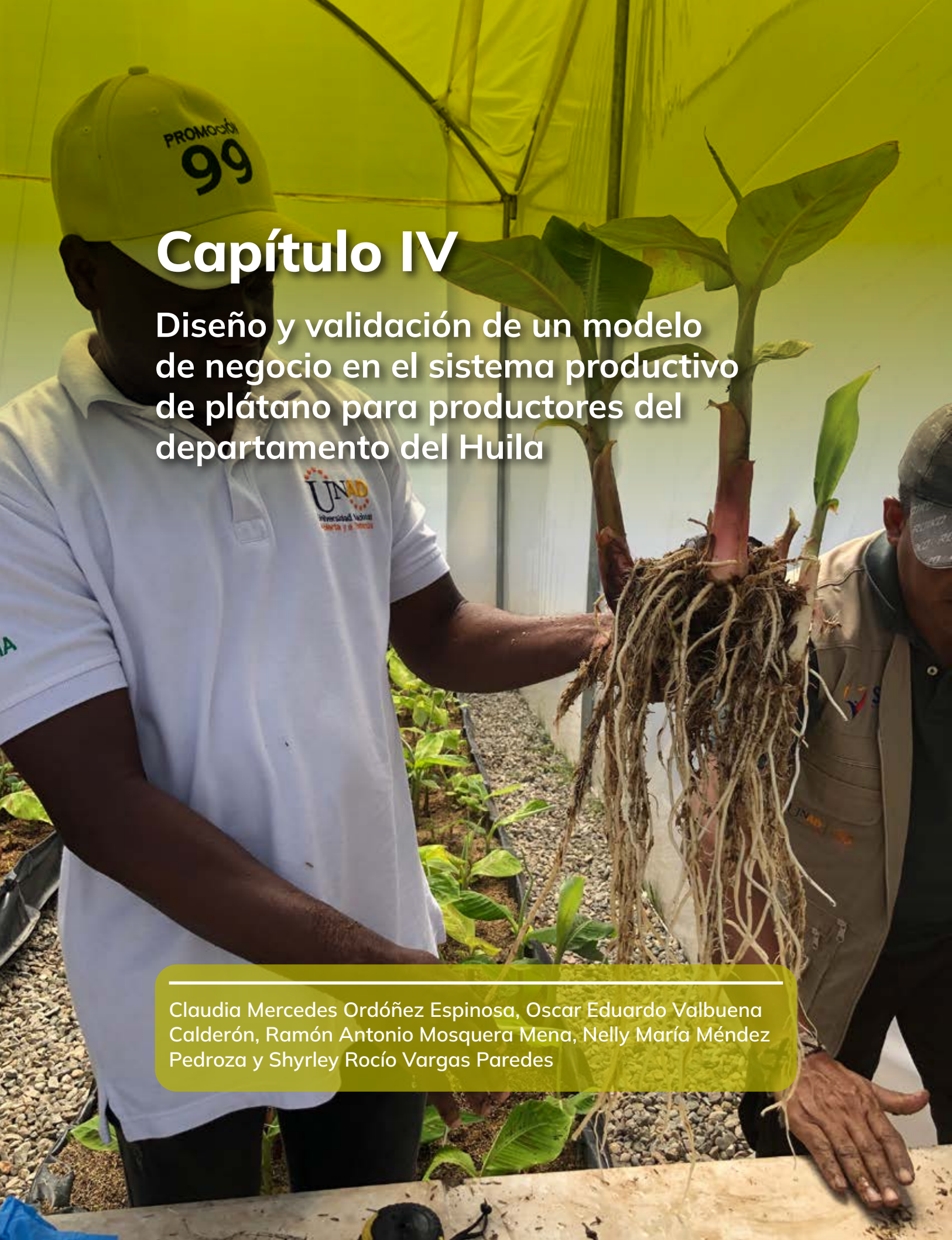
- Burkholderia solanacearum (formerly *Pseudomonas solanacearum*). *Asia-Pacific Journal of Molecular Biology and Biotechnology*, 5, 19-30.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2017). *La importancia del diagnóstico de plagas*. https://assets.ippc.int/static/media/files/publication/es/2017/08/R_07_Es_2017-08-24_Combined.pdf
- 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.^a 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
- 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>



A photograph of two men in a greenhouse setting. The man on the left is wearing a white polo shirt with a 'UNAD' logo and a yellow cap with 'PROMOCIÓN 99' on it. He is holding a banana plant with its root system exposed. The man on the right is wearing a grey jacket and a cap. They are standing in front of a large banana plant. The background shows the structure of the greenhouse.

Capítulo IV

Diseño y validación de un modelo de negocio en el sistema productivo de plátano para productores del departamento del Huila

Claudia Mercedes Ordóñez Espinosa, Oscar Eduardo Valbuena Calderón, Ramón Antonio Mosquera Mena, Nelly María Méndez Pedroza y Shyrley Rocío Vargas Paredes



Introducción

El plátano es considerado uno de los alimentos básicos por ser una de las fuentes más económicas de carbohidratos en el mundo (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [Corpoica], 2016). En Colombia, el cultivo de plátano se distribuye en 721 municipios, con un área de 450.329 ha, una producción de 4.376.922 t y un rendimiento promedio nacional de 10,59 t/ha (Agronet, 2019). Los departamentos con mayor producción son Arauca, Meta, Antioquia, Córdoba y Chocó, siendo el mayor productor Arauca, con rendimientos de 25 t/ha (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MADR], 2020). Entre las variedades más cultivadas se destacan la Dominico-Hartón (*Musa* AAB), Guayabo y Guineo, establecidas en monocultivo o intercaladas con otros cultivos (Instituto Colombiano Agropecuario [ICA], 2012).

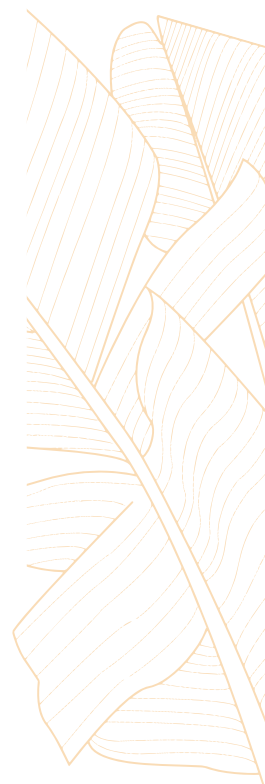
En el departamento del Huila existen 213.950 familias que cultivan plátano, y este sector genera en promedio 960.000 empleos directos e indirectos (MADR, 2020). Se tiene un registro de aproximadamente 30.000 ha de plátano y banano, la mayor parte intercalada con café o en monocultivo (ICA, 2022).

La cadena productiva del plátano en Colombia enfrenta limitaciones que se relacionan con los diferentes agentes que intervienen en la cadena productiva. Una de estas es la procedencia de la semilla usada para el establecimiento del cultivo, pues generalmente es obtenida de manera informal, sin trazabilidad y sin garantía en cuanto a su calidad genética, física y sanitaria. Otra limitación que se evidencia es el escaso control en el cálculo de los precios de venta y los costos de producción, la insuficiente estandarización del producto y la poca exigencia de criterios de

calidad en los mercados locales, lo cual limita la comercialización del producto en otros mercados (Rodríguez & Riveros, 2016).

Si bien las organizaciones rurales dedicadas a la producción de plátano tienen experiencia en el cultivo y la comercialización de plátano en fresco en mercados informales, desconocen aspectos que les facilitaría su articulación con mercados formalizados y equitativos; además, es incipiente la información que poseen sobre espacios institucionales que apoyan este tipo de iniciativas para acceder a mercados mejor remunerados. Lo anterior se puede alcanzar a través de un modelo de negocio inclusivo, que contribuya a que las asociaciones de productores sean sostenibles en el tiempo, mediante procesos de agregación de valor, dentro de una sólida organización socioeconómica y con la adopción de tecnología acorde a sus necesidades.

Estas son limitaciones que afrontan las asociaciones de productores de plátano en el departamento del Huila, por lo cual fue necesario realizar un trabajo colectivo entre la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), AGROSAVIA y la Asociación Hortifrutícola de Colombia (Asohofrucol) para la formulación y ejecución del proyecto denominado “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”, financiado por el Sistema General de Regalías (SGR) del departamento del Huila. El proyecto se desarrolló en las asociaciones de productores de plátano Asofrupaz, Asproplat, Asoplasam y Asproplabap, ubicadas en los municipios Timaná, Garzón, Santa María y Palermo, respectivamente. Entre los objetivos específicos del proyecto, se propuso diseñar un modelo de negocio alternativo para la producción de plátano, dirigido a los viveristas y productores de semillas, acorde con las características de producción del departamento.





Metodología

La estrategia elegida para fortalecer el sistema productivo del plátano en los cuatro municipios radicó en la formulación de modelos de negocio enfocados en el aprovechamiento del sistema desde varios puntos focales de comercialización, con enfoque de agronegocios. Esta importante labor se realizó a partir del trabajo conjunto con la comunidad, mediante la metodología diseñada para el proyecto, compuesta por cinco fases y sus respectivas herramientas: 1) priorización de ideas de modelo de plan de negocios exitoso propuesto por Hernández Alburquerque (2017); 2) Ruta para el Éxito de Negocios Innovadores Rurales (Runin), desarrollada por la Gobernación del Cauca en 2018; 3) Lean Canvas, propuesto por Alexander Osterwalder; 4) estructura de costos con la metodología trabajada por el Fondo Emprender del SENA, y 5) modelos de negocio relacionados con la cadena productiva del plátano.

Priorización de ideas de modelo de plan de negocios exitoso

En este apartado se presenta cómo se realizó la priorización de ideas de modelo de plan de negocios exitoso propuesto por Hernández Alburquerque (2017).

Con la participación de los integrantes de cada grupo asociativo que hizo parte del proyecto, se realizó una lluvia de ideas que podrían convertirse en su potencial negocio; luego, se diligenció la matriz de evaluación de ideas de negocios (tabla 4.1), que consta de cuatro niveles (innovación, mercado potencial, conocimiento técnico y requerimiento de capital), a los cuales se les asignó una valoración de 1 a 5, siendo 5 el puntaje más alto; después de sumar cada criterio, la idea con mayor puntaje fue la seleccionada para convertirse en modelo de plan de negocios exitoso en cada asociación.

Tabla 4.1. Matriz de evaluación de ideas de negocio

	Idea	Nivel de innovación	Mercado potencial	Conocimiento técnico	Requerimiento de capital	Total
1						
2						
3						
4						

Fuente: Elaboración propia con base en Hernández Alburquerque (2017)

Ruta para el Éxito de Negocios Innovadores Rurales (Runin)

Esta metodología comprende una caja de herramientas para la construcción de modelos de negocio participativos en organizaciones rurales, integrada por cuatro pasos: evalúa fácil, modela fácil, planea fácil y monitorea fácil (figura 4.1).

Figura 4.1.

Paso a paso de la metodología Runin en su cuatro herramientas o fases de proceso.



Fuente: Quiñónez Zúñiga & Laverde Urrea (2019)



Evalúa fácil

En cada asociación se aplicó la evaluación de siete componentes de interés primordial para el buen funcionamiento de la organización: 1) área organizativa y administrativa, 2) área de producción, 3) área de transformación, 4) área de mercadeo y comercialización, 5) área financiera, 6) eje de asociatividad y 7) eje de alianzas interinstitucionales. A cada componente se le asignó un puntaje de 1 a 5 y un color, con una escala de semáforo, siendo 5 el nivel más alto (color verde) y 1 el más bajo (color rojo).

Modela fácil

Esta herramienta se usó con la idea de negocio seleccionada por cada asociación en la fase 1 (priorización de ideas de modelo de plan de negocios exitoso), y permitió orientar ocho componentes clave para el desarrollo de la organización, ya sea pequeña o grande: 1) identificación del segmento de clientes, 2) problema o necesidad, 3) solución, 4) propuesta de valor, 5) canales de comercialización y comunicación, 6) flujo de ingresos, 7) estructura de costos, 8) componente innovador o ventaja especial y 8) métricas o actividades clave. Esta herramienta se usó como insumo en pasos posteriores.

Planea fácil

En este paso, los asociados se encargaron de planear todas las acciones necesarias para que la empresa actual y la idea de negocio priorizada en la fase 1 funcionaran de forma adecuada. Con este ejercicio se fortalecen las habilidades de planificación y asignación de fechas para las actividades, de manera que los productores identifiquen la importancia de ponerle fechas a lo que se quiere realizar y reconozcan la practicidad y seguridad que genera la planificación de todas las actividades en el marco de sus ideas de negocio. La herramienta permite generar preguntas y una fecha específica para cada tarea, lo cual ayuda a calificarla según su desempeño y cumplimiento.

Monitorea fácil

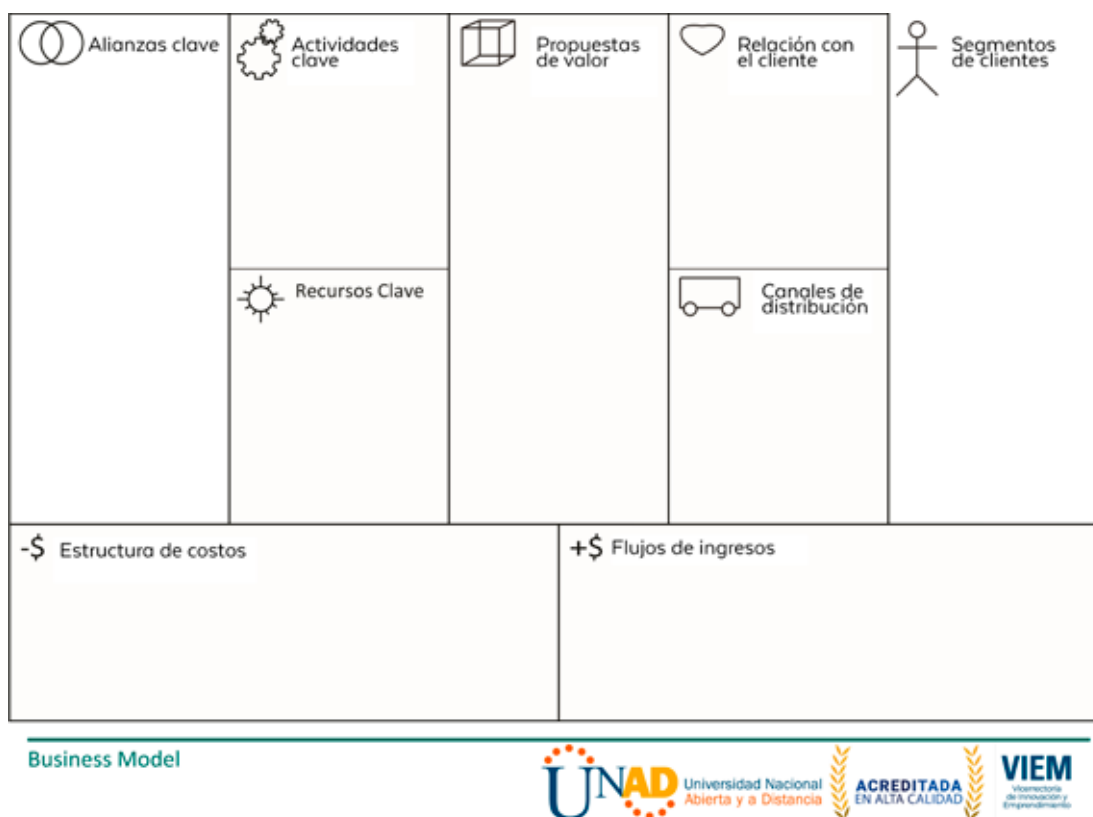
El último paso de la metodología Runin se debe aplicar después del inicio del modelo de negocio, como forma de seguimiento de este.

Lean Canvas

Como complemento al paso “modela fácil” de la metodología Runin, se realizó el taller de Lean Canvas (figura 4.2) con la idea de negocio priorizada en la fase 1 de la metodología.

Figura 4.2.

Estructura de Lean Canvas utilizada en campo.



Fuente: <https://branch.com.co/>



Estructura de costos

Esta fase, para la cual se usaron las herramientas del Fondo Empezar del SENA, hace referencia a todas las formas como el modelo de negocio generará ingresos; estas fuentes tienen en cuenta el estudio de mercado, los costos de producción, el valor que los clientes estarían dispuestos a pagar por el producto o servicio ofertado, y la percepción y aceptación de la propuesta de valor generada. Para los modelos diseñados en el sector productivo del plátano, se tuvieron en cuenta los costos de infraestructura, mano de obra directa e indirecta, establecimiento, insumos, máquinas y equipos, permisos y publicidad.

Modelos de negocio relacionados con la cadena productiva del plátano

Las propuestas de modelo de negocio relacionadas con la cadena productiva del plátano fueron el resultado de la metodología usada, donde la propuesta de valor permitió identificar qué tiene cada asociación que no tengan las demás y que los posibles clientes están dispuestos a pagar por ello. En las cuatro asociaciones de productores que participaron en el proyecto se elaboró un modelo de negocio según la idea de negocio priorizada en la fase 1 de la metodología.

Resultados

Priorización de ideas de modelo de plan de negocios exitoso

Como resultado del ejercicio participativo con los integrantes de las cuatro asociaciones que hicieron parte del proyecto, se priorizaron las siguientes ideas de negocio (tablas 4.2 y 4.3).

Tabla 4.2. Ejercicio de selección de ideas de negocio en la asociación Asofrupaz

Producto o servicio		Características		Abono compostaje sólido y líquido Concentrado para animales Hoja de tamal	
Semilla		Sanidad - Genética, física y fisiológica			
Harina de plátano		Nutritiva - Mejor certificada			
Plátano precocido		Agilidad - calidad - comunidad al cliente			
Chips - Plátano verde y maduro		Certificado			
Línea artesanal		Accesorios - Asesoría hogar			
Criterios - Ideas	Nivel de innovación	Mercado potencial	Conocimiento técnico	Requerimiento de capital	Total
Semilla	5	5	5	1	16
Harina	4	5	3	2	14
Plátano precocido	4	3	1	1	9
Abono	3	5	4	1	13
Chips verde-maduro	5	5	2	1	13
Artesanal	5	5	1	1	12

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.3. Ideas de negocio priorizadas en las cuatro asociaciones de productores

Asofrupaz	Municipio	Timaná
	Actividad económica	Producción de plátano
	Ideas de negocio priorizadas	1. Producción de semilla de plátano Dominico Hartón 2. Producción de harina de plátano
	Modelo de negocio diseñado	Producción y venta de semilla de plátano
Asproplat	Municipio	Garzón
	Actividad económica	Producción de plátano
	Ideas de negocio priorizadas	1. Producción y comercialización de harina de plátano 2. Producción de semilla de plátano Dominico Hartón
	Modelo de negocio diseñado	Producción y comercialización de harina de plátano

Fuente: Elaboración propia



Ruta para el Éxito de Negocios Innovadores Rurales (Runin)

Evalúa fácil

Esta evaluación se realizó a través de un ejercicio participativo de autoevaluación entre los miembros de las asociaciones. Como resultado, se obtuvo un diagrama de araña que refleja el estado actual de la organización en cada uno de los componentes evaluados (área organizativa y administrativa, área de producción, área de transformación, área de mercadeo y comercialización, área financiera, eje de asociatividad y eje de alianzas interinstitucionales), como se evidencia en la figura 4.3, que corresponde a la asociación Asoplasam, del municipio de Santa María.

Figura 4.3.

Resultado de la actividad “evalúa fácil” con la asociación Asoplasam, del municipio de Santa María.



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.3 se evidencia que en la asociación Asoplasam, del municipio de Santa María, las áreas organizativa-administrativa y el eje de asociatividad se encuentran en el nivel medio (3 puntos/color amarillo); entretanto, el área de mercadeo-comercialización y el eje de alianzas interinstitucionales están en el nivel medio-bajo (2 puntos/color amarillo), mientras que las áreas de transformación, financiera y de producción obtuvieron niveles bajos (1 punto/color rojo).

Con estos resultados se ve que en la organización Asoplasam se deben implementar acciones para mejorar en el corto plazo las áreas de transformación, financiera y de producción, al estar en el nivel bajo, así como para lograr que el resto de las áreas y ejes puedan alcanzar un nivel más alto.

Modela fácil

Durante este paso de la metodología Runin, se logró que los integrantes de las asociaciones de productores participaran en el uso de la herramienta para modelar la idea de negocio priorizada (figura 4.4).

Figura 4.4.

Uso de la herramienta “modela fácil” en la asociación Asprolabap, del municipio de Palermo.



Foto: Oscar Eduardo Valbuena



Planea fácil

Con el uso de la herramienta “planea fácil”, los integrantes de las asociaciones identificaron las labores principales que se deben realizar para ejecutar su idea de negocio priorizada. En primer lugar, se identificó el *qué*, sobre las actividades de organización, gestión e investigación; luego se describió el *cómo*, al realizar cada una de las actividades del punto anterior; como tercer paso se mencionó el *quién*, es decir, el miembro de la asociación, la entidad o la institución responsable del negocio; luego se asignó el *cuándo*, correspondiente a la fecha, y finalmente se determinó el *cuánto*, referente al costo de las actividades indicadas inicialmente. A su vez, se diligenció la última casilla con el nombre del responsable de la actividad. En la tabla 4.4 se presenta el desarrollo de la actividad en la asociación Asproplat, del municipio de Garzón.

Tabla 4.4. Uso de la herramienta “planea fácil” en la asociación Asproplat, del municipio de Garzón

¿Qué?	¿Cómo?	¿Quién?	¿Cuándo?	Entregable
Comercialización y producción de la harina del plátano	1. Estudio de mercado	Asproplast	Enero 2023 - semana 1	Documento estudio mercado
	2. Identificar calidad de plátano	Asproplast	Diciembre 2023	Documento de calidad
	3. Probar y ed (sabor)	Asproplast	Diciembre 2023	Documento de calidad
	4. Formación en tecnificación de producción	SENA	Enero 2023	# personas capacitadas
	5. Tecnoparque, extalzar estandarizar procesos	SENA	Diciembre, enero, febrero	Producto fórmula exacta
	6. Elaboración ficha técnica	Asproplast - SENA	Febrero	Ficha técnica
	7. Diseño de empaque (biodegradable)	Asproplast - SENA	Marzo	Diseño empaque
	8. Diseño de marca diferenciado	Asproplast - SENA	Marzo	Diseño marca

Continúa en la siguiente página...

9. Priorizar clientes, abrir mercado y validar	Asproplast	Marzo	Registro de ventas
10. Adquirir maquinaria para la producción	Asproplast. A productivo	Marzo - abril	Proyecto diseñado
11. Definir estrategia de venta	Asproplast	Largo plazo	Estrategia mercado
12. Seguimiento y aceptación del cliente	Asproplast	Largo plazo	Entrevista al cliente

Fuente: Elaboración propia

Monitorea fácil

Este paso de la metodología Runin no se logró ejecutar en el tiempo establecido del proyecto; sin embargo, es importante realizar el seguimiento de los resultados de la puesta en marcha de las ideas de negocio priorizadas en cada asociación, teniendo en cuenta que la mayoría de estas propuestas ya están participando en espacios de emprendimiento y ferias, y ya están comercializando sus productos.

Lean Canvas

Durante esta fase de la metodología se logró la participación de los integrantes de las asociaciones, como se evidencia en la figura 4.5. Uno de los resultados más satisfactorios de este ejercicio fue la organización de la información por parte de los productores, la distribución de funciones y el reconocimiento de la importancia de todos los aspectos que se deben tener en cuenta para iniciar un proyecto de emprendimiento o fortalecimiento de una empresa ya existente.

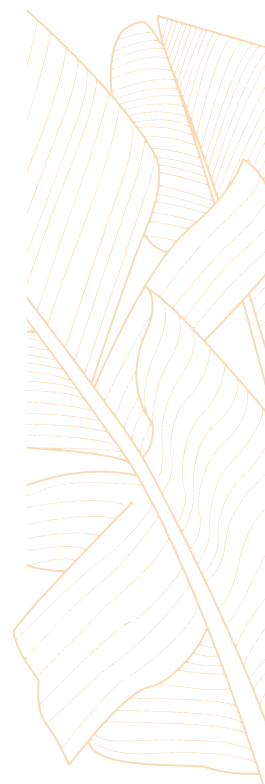
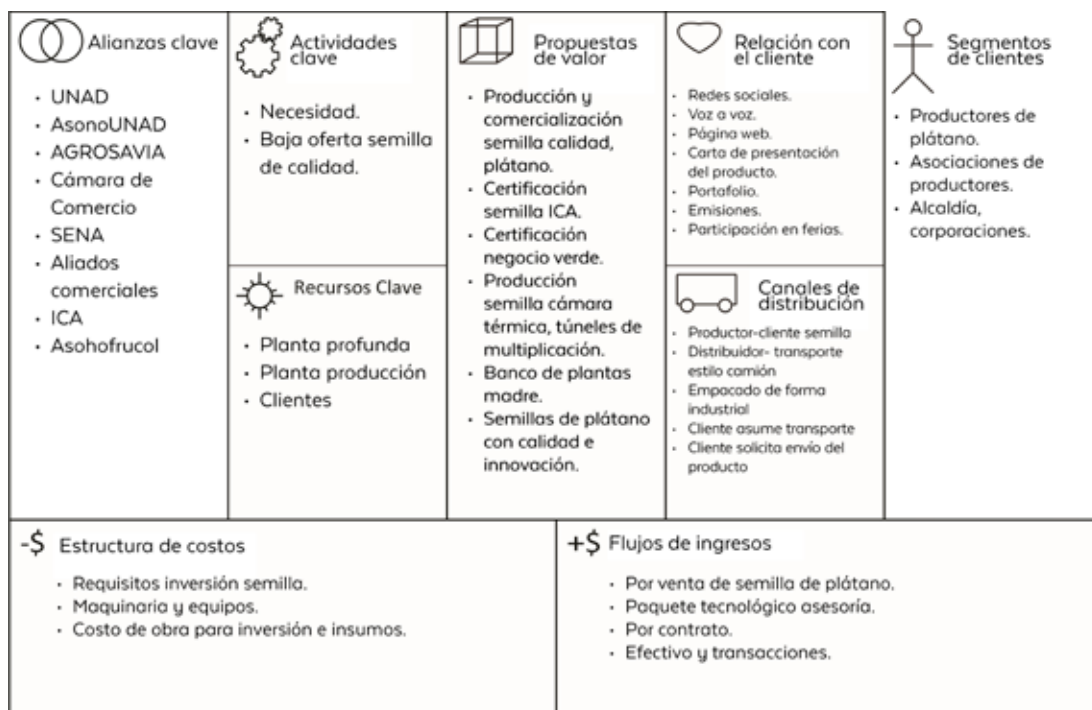


Figura 4.5.

Cartelera del modelo Lean Canvas trabajado con la asociación Asoplasam, del municipio de Santa María.



Business Model



ACREDITADA EN ALTA CALIDAD



VIEM

Fuente: Elaboración propia

Costos de producción y comercialización de semilla de plátano Dominico Hartón – asociación Asoplasam (Santa María)

En la estructura de costos se proyecta producir y comercializar 42.200 plántulas de plátano en el primer año; 53.799 en el segundo año; 56.489 en el tercer año; 59.314 en el cuarto año, y 62.279 en el quinto año.

El modelo de negocio para la producción de semilla de plátano en la asociación Asoplasam es rentable según los criterios de decisión que se indican en la tabla 4.5.

Tabla 4.5. Criterios de decisión para determinar la viabilidad del modelo de negocio de producción y venta de semilla de plátano para la asociación Asoplasam

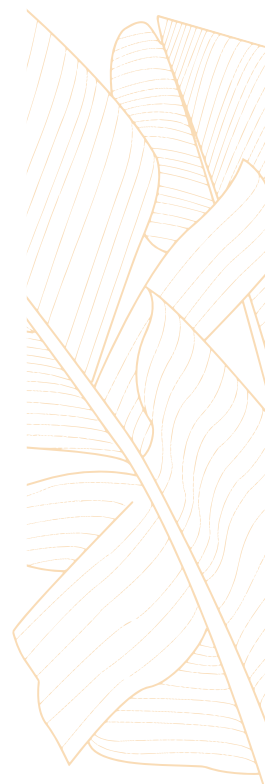
Criterio de decisión	Valor
Tasa mínima de rendimiento a la que aspira la asociación	10 %
Tasa interna de retorno (TIR)	24,57 %
Valor actual neto (VAN)	COP 40.605.871
Periodo de recuperación de la inversión (PRI)	2,59 años
Duración de la etapa improductiva del negocio (fase de implementación)	3 meses

Fuente: Elaboración propia

La comercialización de semilla de plátano Dominic Hartón le permite a la asociación Asoplasam fortalecerse económicamente. Las utilidades son muy positivas, pues, como mencionan las personas que están vinculadas con este proyecto y estos productos, “así se bajen los precios del plátano, siempre es rentable y sostenible”; es así como se espera obtener una tasa de rendimiento del 10 %, con una TIR del 24,57 %, un VAN de COP 40.605.871 y un PRI de 2,59 años.

Mediante una validación del mercado de productos similares, datos históricos y estadísticos de fuentes como el DANE y reportes financieros del Banco de la República, sumados al análisis de los costos de producción, teniendo en cuenta los márgenes de comercialización para el cliente, la demanda existente y las ventas actuales, se pudo determinar un estimado de venta para los primeros cinco años de operación, con nueve meses operativos, así: para el primer año se han proyectado ventas por COP 84.399.200; para el segundo, por COP 111.095.348; para el tercero, por COP 120.266.269; para el cuarto, por COP 130.320.529, y para el quinto, por COP 141.215.235.

No obstante, el plan de negocio plantea la implementación de más acciones para el mejoramiento continuo de sus procesos, así como métodos de comercialización, modelos organizativos, productos y servicios, con el fin de conducir estos procesos hacia la innovación; para ello, se contará con recursos como nuevas





tecnologías, capacitación permanente, transferencias metodológicas y actualización de métodos, medios, maquinaria y equipos. Todas estas acciones impactarán positivamente la operación del vivero en términos de productividad (menos costos, más ingresos, más rentabilidad) y competitividad.

Costos de producción y comercialización de harina de plátano – asociación Asproplat (Garzón)

Se realizó una proyección de ventas a 5 años, con un alcance de 7.000 unidades de harina de plátano en presentación de 250 g al mes, teniendo en cuenta que en el primer año existe un tiempo improductivo; la proyección de ventas sería para 7 meses. Desde el segundo año, la proyección de ventas se hace a 12 meses, y teniendo en cuenta que desde el tercer año se realiza un incremento del 20 % en producción, se genera un mayor aprovechamiento de la capacidad instalada de la planta de producción, un incremento en el número de clientes y la posibilidad de validar los procesos de producción. Así pues, se proyecta, como meta de ventas para 5 años obtener un valor de utilidad que supere los COP 90.000.000.

La proyección de ventas de este modelo de negocio está dirigida a dos tipos de clientes potenciales: en primer lugar se encuentran las tiendas de barrio, supermercados y tiendas de productos saludables, y en segundo lugar están los consumidores directos en todo el país. Para lograr esto, la estrategia de mercado incluye el uso constante de las redes sociales y la página web de la empresa.

El modelo de negocio para la producción de harina de plátano en la asociación Asproplat es rentable según los criterios de decisión que se indican en la tabla 4.5.

Tabla 4.6. Criterios de decisión para determinar la viabilidad del modelo de negocio de producción y venta de harina de plátano para la asociación Asproplat

Criterio de decisión	Valor
Tasa mínima de rendimiento a la que aspira la asociación	20 %
TIR	32,21 %
VAN	COP 62.165.014
PRI	1,77 años
Duración de la etapa improductiva del negocio (fase de implementación)	5 meses

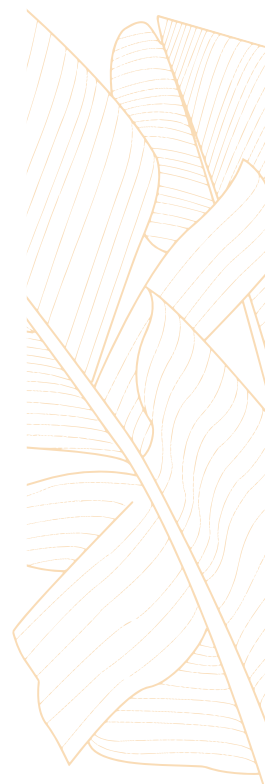
Fuente: Elaboración propia

La producción de harina de plátano le permite a la asociación Asproplat diversificar sus ingresos económicos. Las utilidades son muy positivas, pues se espera obtener una tasa de rendimiento del 20 %, con una TIR del 32,21 %, un VAN de COP 62.165.014 y un PRI de 1,77 años.

Modelos de negocio relacionados con la cadena productiva del plátano

El diseño del modelo permitió desarrollar en los productores habilidades de identificación de clientes potenciales, segmentos de mercado, aliados y actividades clave, así como de análisis de la estructura de costos de las ideas de negocio priorizadas. En la metodología usada se encontraron situaciones particulares en las áreas organizativa y administrativa, de producción, de transformación, de mercadeo y comercialización, financiera y de asociatividad. Se evidenció que los productores cuentan con un modelo de negocio enfocado en la venta de plátano en fresco, pero se identificó la necesidad de fortalecer el modelo existente, principalmente a causa de la inestabilidad de los precios, la escasa utilidad a la hora de la venta y el bajo o nulo acceso a mercados formales por los bajos volúmenes de producción y la falta de estandarización del producto.

En cuanto al modelo de negocio general (comercialización de semilla de plátano), se encuentra que el objetivo de este agronegocio





es la producción y comercialización de semilla de plátano Dominico-Hartón como un modelo productivo de plátano enfocado en el material de propagación en el departamento del Huila, con lo que se contribuye a mejorar la productividad y a suplir las necesidades del mercado de semilla de calidad.

La semilla de plátano producida en los cuatro núcleos establecidos en Garzón, Palermo, Santa María y Timaná tendrá atributos de calidad genética, física, fisiológica y sanitaria, y su selección de hará mediante la implementación de un sistema productivo en cámaras térmicas, túneles y huertos de multiplicación intensiva avalado por AGROSAVIA. Por lo anterior, en cada núcleo de producción se cuenta con ensayos de multiplicación intensiva de material vegetal, esquemas de aseguramiento de la calidad física, fisiológica y genética, y diagnósticos y caracterizaciones del estado sanitario del material y del sistema productivo de plátano.

Con relación a la estrategia de mercado, esta se plantea desde el *marketing mix*, basado en las cuatro variables básicas de la actividad (producto, precio, distribución y comunicación), teniendo en cuenta los enfoques del producto y del cliente; la estrategia también estará enfocada en el mercadeo a través de un punto de venta directo, un sitio web corporativo, Google Business, *marketing* de contenidos, *email marketing*, un plan de redes sociales, *marketing* de recomendación, escuelas de campo y participación en ferias.

Se han consolidado grupos asociativos unidos que trabajan en pro del desarrollo social y económico de sus asociados y de la región, dinamizando la economía y la innovación del sector.

Modelos de negocio para la producción de harina de plátano en los municipios de Timaná y Garzón

El objetivo de las asociaciones Asofrupaz y Asproplat, ubicadas en estos municipios, es producir y comercializar harina de plátano a nivel industrial, siendo este un bien recurrente de la canasta familiar no solo con demanda local, sino también nacional e

internacional. Para ello, se busca innovar con la industrialización, pues allí siempre se ha producido de manera artesanal, lo que ha conllevado a problemas de higiene y calidad que han dificultado su posicionamiento, crecimiento y expansión. Con esto se busca aprovechar que hay un mercado creciente para esta harina, ya que es una fuente importante de carbohidratos, proteínas y minerales primordiales para la nutrición.

El proyecto busca ayudar a la solución de una problemática que se ha venido presentado en Colombia: según el DANE, durante 2022 se registró un aumento en el valor de los alimentos por encima del 25 % promedio anual, teniendo en cuenta que la alimentación constituye el rubro más importante dentro de la canasta familiar de los colombianos; esto generó que en muchos hogares se redujera la cantidad de raciones habituales de los productos básicos para el consumo o que estos fueran definitivamente reemplazados por otros más económicos.

La idea de negocio para la producción de harina de plátano surgió de la necesidad de promover la agroindustria en la región con un producto nutritivo, a un precio moderado y que generara empleo, con lo cual se mejora la calidad de vida no solo de los integrantes de la asociación, sino de la comunidad aledaña, al generar ingresos económicos, nutrición y bienestar familiar.

En la validación del prototipo se encontraron diferentes presentaciones del producto, las cuales pueden potencializar la actividad comercial de las asociaciones (figura 4.6).

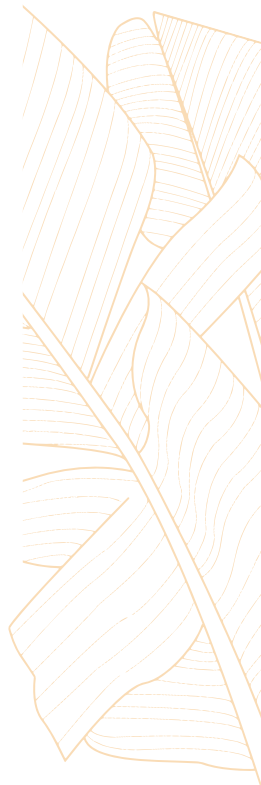


Figura 4.6.

Prototipos de harina de plátano producidos en Asofrupaz y Asproplat, de los municipios de Timaná y Garzón, respectivamente.



Foto: Claudia Mercedes Ordóñez

En cuanto a la oportunidad comercial, se encontró que con la proyección realizada únicamente para el Huila (37 municipios), buscando llegar al menos a cuatro supermercados por municipio, la cantidad de compra de cada uno sería mínima para poder garantizar el inicio de las ventas (tabla 4.6).

Se puede evidenciar el gran mercado que hay, pues solo llegando al Huila se cubriría la proyección de ventas, y si se analiza el mercado en otros departamentos cercanos, como Caquetá y Putumayo, se triplicaría la proyección, lo cual llevaría a hacer turnos de trabajo para aprovechar la maquinaria y triplicar los empleos, tanto directos como indirectos, además del incremento en la necesidad de materia prima, que se traduce en más productores comprando semilla para garantizar la calidad de la materia prima de la harina.

Si esta proyección se multiplica por los 32 departamentos de Colombia, el potencial de mercado es muy grande, y los actuales competidores no lo alcanzan a cubrir. Para los bultos, se

proyectan clientes mayoristas y consumidores como Bienestar Familiar, batallones, escuelas y colegios.

Tabla 4.7. Proyección comercial de harina de plátano en el departamento del Huila

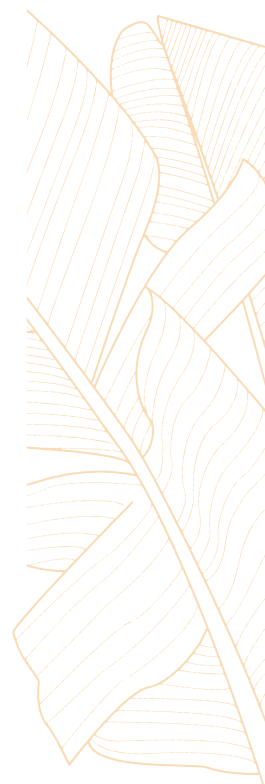
Presentación		Proyección mensual	Municipios	Supermercados	Cantidad por supermercado
Pequeña	200	1.000	37	4	7
Libra	500	2.960	37	4	20
Kilo	1.000	880	37	4	6
Bulto 50 K	50.000	45			

Fuente: Elaboración propia

Conclusiones

A partir de la metodología participativa usada en el diseño de modelos de negocio relacionados con la cadena productiva del plátano en las cuatro asociaciones de productores del Huila, se concluye que las herramientas participativas utilizadas permitieron comprender los modelos de negocio desde el reconocimiento de su entorno, el mercado y las capacidades de gestión y técnicas en cada asociación, además de fomentar la interacción, el trabajo colaborativo y el diálogo entre los integrantes de la asociación en torno a sus modelos de negocio.

Es pertinente reconocer que las propuestas de producción de semilla y harina de plátano en las cuatro asociaciones responden a las necesidades financieras, asociativas, organizativas, productivas y comerciales de estas; asimismo, se establecen como alternativas de modelos de negocio para satisfacer las necesidades del mercado.





Referencias

- Agronet. (2019). *Evaluaciones Agropecuarias (EVA) y Anuario Estadístico del Sector Agropecuario*. <https://www.agronet.gov.co/estadistica/paginas/home.aspx?cod=59>
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). (2016). *Pectia: Plan Estratégico de Ciencia, Tecnología e Innovación del Sector Agropecuario Colombiano (2017-2027)*. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/12759>
- Hernández Alburquerque, L. (2017). *La dinámica de las 4 Aes. Metodología para el emprendimiento corporativo basado en innovación*. Lagares.
- 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/-nbsp;Manejo-fitosanitario-del-cultivo-de-platano.aspx>
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2022, 22 de junio). *El ICA con AGROSAVIA, un aliado estratégico para el cultivo del plátano en el Huila*. <https://www.ica.gov.co/noticias/ica-agrosavia-aliado-estrategico-productores>
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR). (2020). *Cadena de plátano*. Dirección de Cadenas Agrícolas y Forestales. <https://sioc.minagricultura.gov.co/Platano/Documentos/2020-03-31%20Cifras%20Sectoriales.pdf>
- Quiñonez Zúñiga, C., & Laverde Urrea, L. H. (2019). Construcción participativa de modelos de negocios en organizaciones rurales. *Telos*, 21(3), 776-794. <http://ojs.urbe.edu/index.php/telos/article/view/3221>
- Rodríguez, D., & Riveros, H. (2016). *Esquemas de comercialización que facilitan la articulación de productores agrícolas con los mercados*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).

Capítulo V

Desarrollo tecnológico mediante
asistencia técnica y transferencia
de tecnología: el caso Asohofrucol
en Huila

Mirna Yesenia Vega Tello y Carlos Fernando Castillo Londoño



Introducción

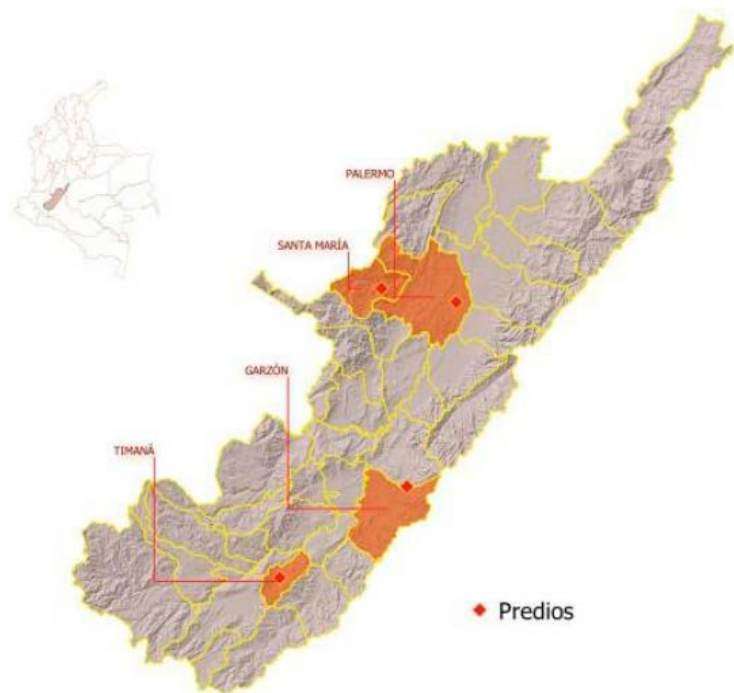
Es importante que tanto los productores como los consumidores tengan acceso a alimentos de calidad y que estos se cultiven de manera responsable y ecológica. La protección del medio ambiente y la conservación de los recursos naturales son fundamentales para garantizar un futuro sostenible para todos. La Asociación Hortifrutícola de Colombia (Asohofrucol) está enfocada en la transferencia de tecnología y la asistencia técnica integral para ayudar a los pequeños y medianos cultivadores a desarrollar una agricultura ecológicamente viable y económicamente beneficiosa. Las capacitaciones experienciales e interactivas a través de escuelas de campo para agricultores (ECA) son una excelente manera de combinar la información técnica con el conocimiento local, y así facilitar la adopción de tecnología en el corto plazo. El gremio está comprometido con la agricultura sostenible y la calidad de vida de los cultivadores.

Ubicación

Los municipios involucrados fueron Garzón, Palermo, Santa María y Timaná (figura 5.1); se atendió un total de 100 productores, 25 en cada municipio, a cada uno de los cuales Asohofrucol le brindó asistencia técnica y talleres ECA.

Figura 5.1.

Ubicación geográfica de los municipios del departamento del Huila atendidos.

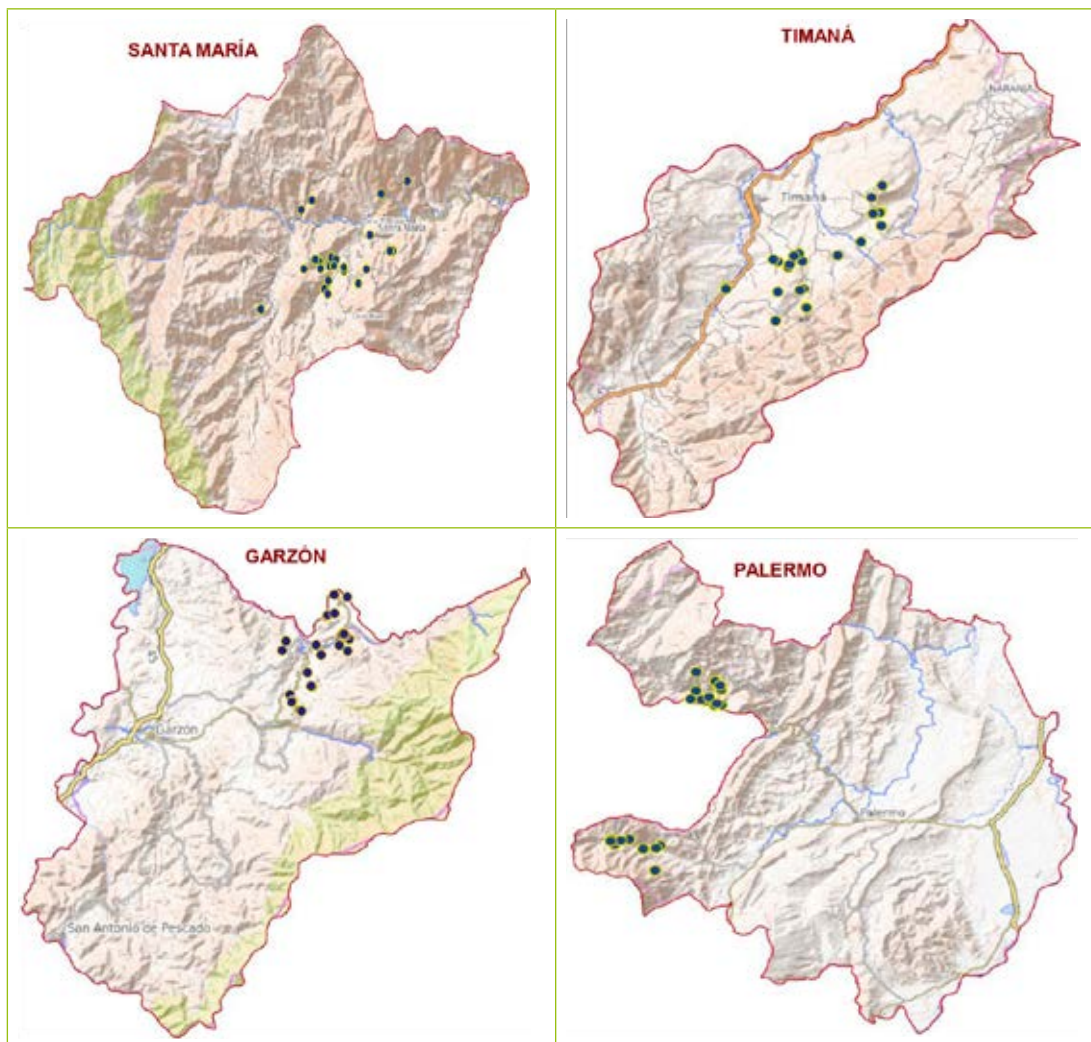


Fuente: Elaboración propia

En la figura 5.2 se detalla la ubicación geográfica de los productores asistidos por Asohofrucol.

Figura 5.2.

Ubicación geográfica de los productores atendidos.



Fuente: Elaboración propia

Asistencia técnica

El método de visita de asistencia técnica a fincas es una herramienta valiosa para la extensión rural, ya que permite establecer un diálogo cercano y personalizado entre el técnico y el agricultor. Mediante este intercambio de ideas se pueden identificar las necesidades y expectativas del agricultor y brindar soluciones adecuadas y personalizadas a la realidad de su finca.

Además, este método permite hacer una evaluación constante de los progresos alcanzados en el trabajo de extensión, a través de la evaluación verbal y el seguimiento de las prácticas implementadas en la finca. De esta manera se garantiza una atención personalizada y adaptada a las necesidades específicas de cada agricultor, lo que resulta en un trabajo más efectivo y beneficioso para la comunidad rural en general.

En Asohofrucol se valora la importancia de establecer relaciones cercanas y personalizadas con los productores, y se cree que el método de visita de asistencia técnica a fincas es una herramienta valiosa para lograrlo.

Las visitas se planificaron de acuerdo con la línea productiva, el ciclo productivo, el estado fenológico, entre otros eventos que requieran atención, como la oferta climática, lo que permitirá establecer las medidas de adaptación o mitigación, según sea necesario. Las recomendaciones específicas que el productor puede seguir en respuesta a la situación encontrada en cada predio serán registradas en la ficha utilizada para tal fin durante la visita de asistencia técnica (Asohofrucol, 2022a).

Con base en la sustentabilidad ambiental, cada uno de los procesos mencionados tiende a incrementar la eficiencia de las etapas. De esta forma, Asohofrucol desarrolla una asistencia técnica integral con un enfoque participativo.

El esquema participativo es un componente crucial del servicio de asistencia técnica porque permite incentivar el desarrollo del conocimiento y la capacitación integral de los beneficiarios. Se implementará un programa de asistencia técnica completo, duradero y de alta calidad. El papel de asistente técnico de Asohofrucol constará de las siguientes funciones:

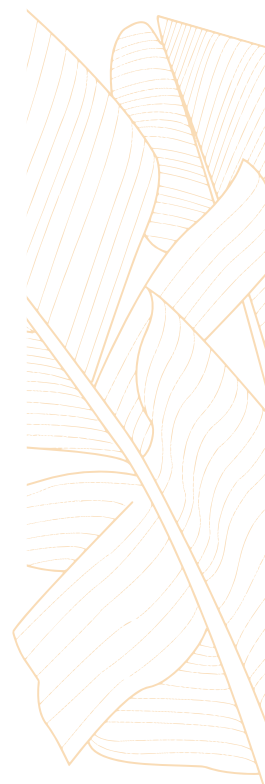
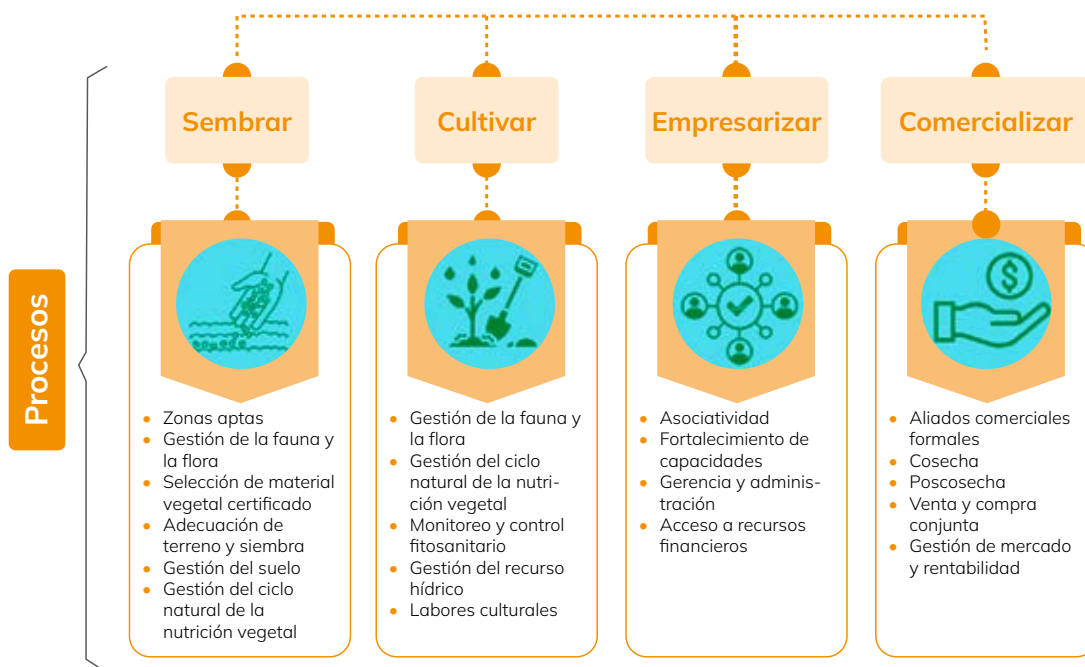


Figura 5.3.

Etapas de la asistencia técnica integral.



Fuente: Elaboración propia

- Informar sobre el estado real del predio que necesita ser atendido, el cual se registra mediante las variables definidas en la “Ficha de asistencia técnica”.
- Realizar un diagnóstico del estado del cultivo mediante parámetros predeterminados.
- Garantizar la exactitud y coherencia de los datos producidos.
- Construir argumentos en respuesta a problemas y desarrollar modelos tecnológicos para los sistemas de producción.
- Prestar la atención de las propuestas a los temas ambientales.
- Utilizar tecnologías agrícolas apropiadas que las comunidades puedan utilizar.
- Aprovechar de manera responsable los recursos naturales.

- Incrementar la capacidad para producir bienes con una ganancia.
- Propender por el mejoramiento de la calidad e inocuidad productiva.

De acuerdo con lo anterior, el sistema de asistencia técnica pertenece al modelo agrícola tropical, que define cinco criterios: manejo del suelo, manejo del agua, protección y manejo de fauna y flora, nutrición natural de las plantas, y organización y rentabilidad del mercado. Estos criterios permiten fortalecer el desarrollo y la bioarquitectura del árbol, su adecuada nutrición, mantener de manera óptima la protección vegetal del huerto y la producción segura de alimentos (Asohofrucol, 2023a).

La implementación de la agricultura tropical permitió que los productores de plátano mostraran interés en implementar las prácticas incluidas en el desarrollo del modelo.

Plagas y enfermedades

A continuación, se presentan las estadísticas de plagas y enfermedades comunes encontradas durante la asistencia técnica a los predios del departamento del Huila. Como se muestra en la figura 5.4, los problemas fitosanitarios más importantes en los municipios son la sigatoka negra y el picudo negro.

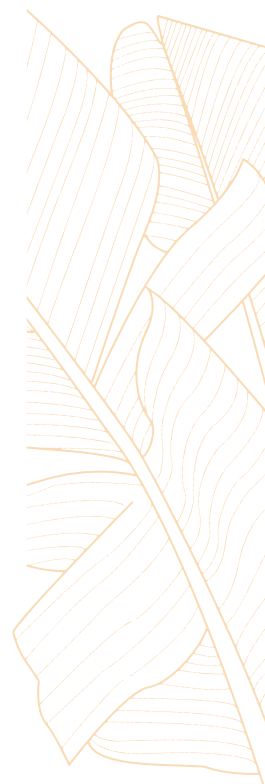
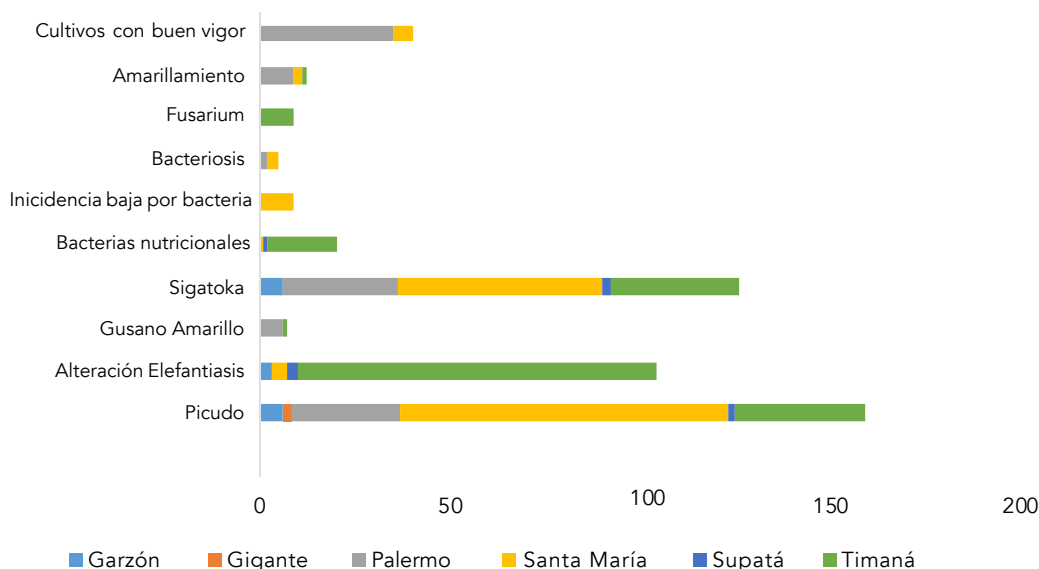


Figura 5.4.

Plagas y enfermedades comunes encontradas durante la prestación de la asistencia técnica.



Fuente: Elaboración propia

En la extensión rural que ofrece Asohofrucol, el productor se capacita en el manejo integrado de plagas, enfocándose en la agricultura tropical, donde cobra importancia el manejo de la flora y fauna. Por ello, se han utilizado algunas trampas manuales o biológicas con *Beauveria bassiana* para el control de una de las plagas más importantes del cultivo del plátano.

Esto ayuda a entender que, si no se hace un manejo integrado, el cual incluye una disminución en el uso de agroquímicos para el control de plagas, se conservará la microfauna sin modificar sus poblaciones, que en muchos casos son controladas por los otros insectos conocidos como controladores biológicos o incluso la protección de insectos como las abejas.

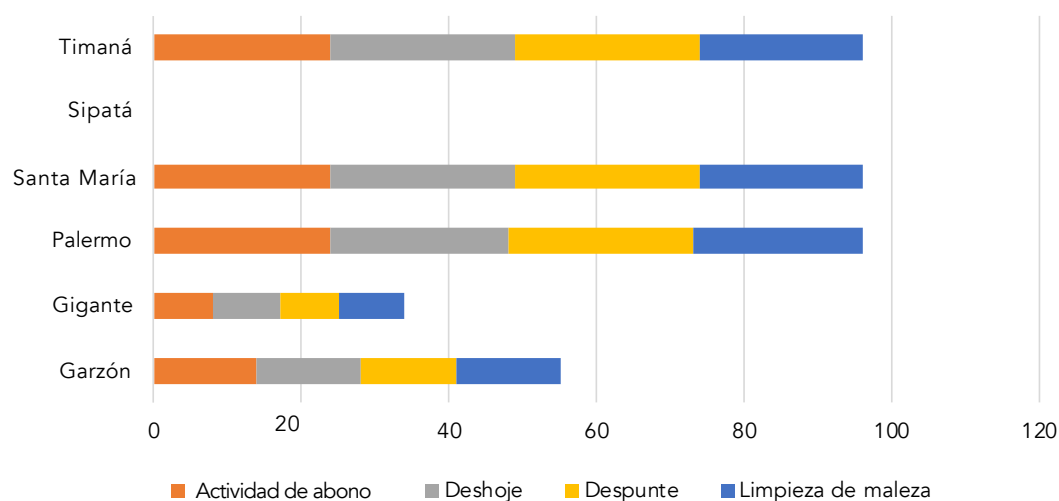
Adicionalmente, disminuir el uso de agroquímicos evita posibles riesgos de intoxicación durante su uso, así como la contaminación de fuentes de agua e incluso del propio producto durante su consumo, especialmente si no se tienen en cuenta los tiempos

de espera, además de que pueden provocar resistencia a plagas. Lo anterior, además del costo del producto y sus costos de operación, llevará a repensar varias técnicas de manejo integrado, enfocándose en una agricultura más limpia, basada en actividades propias del trópico, con el fin de proteger el agua, el suelo, la flora y la fauna (Asohofrucol, 2022b).

La figura 5.5 muestra que los productores realizan diversas labores agrícolas en sus cultivos. Cada visita realizada por Asohofrucol al productor intervenido en el proyecto y la adopción de las recomendaciones por parte de ellos cobra importancia para mantener la sanidad, productividad y calidad en la producción de sus cultivos.

Figura 5.5.

Principales prácticas agronómicas realizadas por los productores.



Fuente: Elaboración propia



Calendario e indicadores de trabajo para el manejo del cultivo de plátano

Como parte de la asistencia técnica, se elaboró un cronograma de trabajo, que consiste en una una tabla diligenciada en los primeros meses del año donde se listan todas las actividades por realizar y en la que se indica si estas fueron realizadas o no. La tabla se revisa y se actualiza semanalmente, para que el agricultor sepa exactamente qué tareas debe realizar en su cultivo, con qué frecuencia y qué insumos debe comprar.

La mayoría de las tareas del cultivo de plátano se enumeran en la tabla 5.1, junto con la frecuencia con la que se espera que se completen. Estas tareas están programadas para completarse entre la semana 1 y la 52.

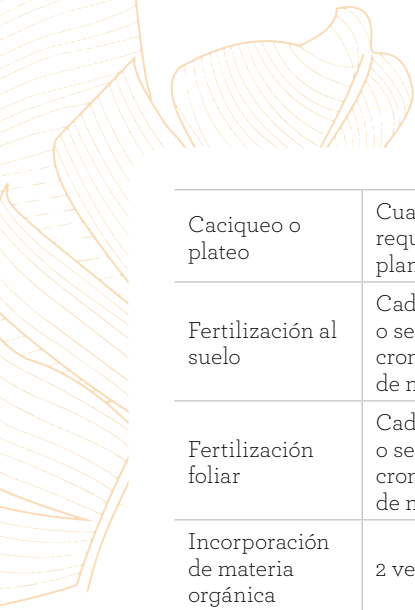
Cada casilla de la tarea programada se rellena con un color antes de ejecutarla, y cuando se realiza, se rellena con el mismo color. La frecuencia de cada labor puede ser diaria, semanal, cuando la plantación lo requiera o tantas veces como sea necesario.

Tabla 5.1. Cronograma de labores en el cultivo de plátano

Labor	Frecuencia	Planificación	Semanas											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
			Amarillo	Blanco	Azul	Naranja	Gris	Morado	Café	Negro	Naranja	Verde	Amarillo	Blanco
Embolse integral	Semanal	Programado												
		Realizado												
Amarre	Semanal	Programado												
		Realizado												
Deshoje	Semanal	Programado												
		Realizado												
Desmache integral	5 semanas libres	Programado												
		Realizado												
Resiembra	Cuando lo requiera la plantación	Programado												
		Realizado												
Control químico de sigatoka negra	Cada 15 días	Programado												
		Realizado												
Control químico de malezas	Antes de que se semille la maleza	Programado												
		Realizado												
Chapeo de canales	Cada 8 semanas	Programado												
		Realizado												
Chapeo en plantación establecida	Cuando lo requiera la plantación	Programado												
		Realizado												

Continúa en la siguiente página...





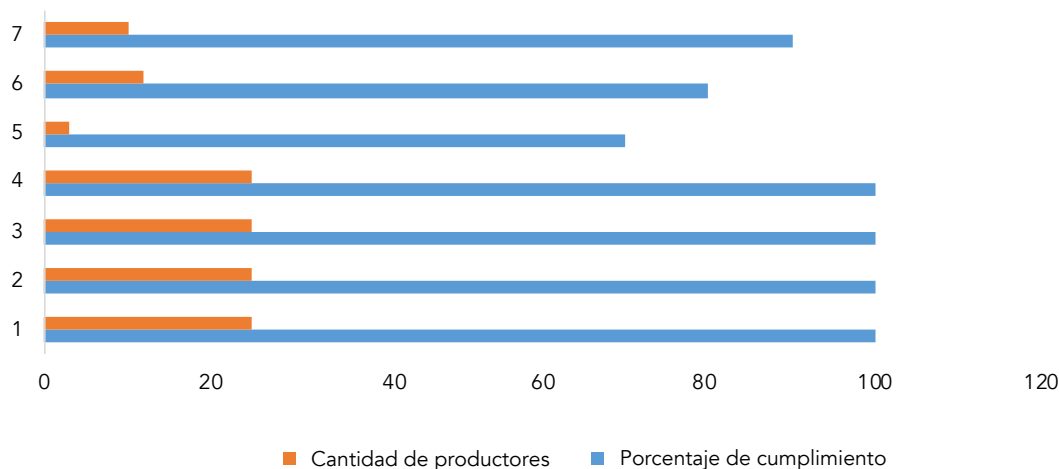
Caciqueo o plateo	Cuando lo requiera la plantación	Programado												
		Realizado												
Fertilización al suelo	Cada mes o según el cronograma de nutrición	Programado												
		Realizado												
Fertilización foliar	Cada mes o según el cronograma de nutrición	Programado												
		Realizado												
Incorporación de materia orgánica	2 veces al año	Programado												
		Realizado												
Subsolada	2 veces al año	Programado												
		Realizado												
Aporque	Cuando lo requiera la plantación	Programado												
		Realizado												
Recavas de canales	Cuando lo requiera la plantación	Programado												
		Realizado												
Construcción de cunetas	Cuando lo requiera la plantación	Programado												
		Realizado												
Embarque	Semanal	Programado												
		Realizado												
Pegada de cartón	Semanal	Programado												
		Realizado												

Fuente: Elaboración propia

Entre los resultados de la asistencia técnica integral que se realiza a los productores por parte de los asistentes técnicos en los diferentes municipios, se tiene un porcentaje alto de adopción de las recomendaciones para el manejo integrado del cultivo (figura 5.6).

Figura 5.6.

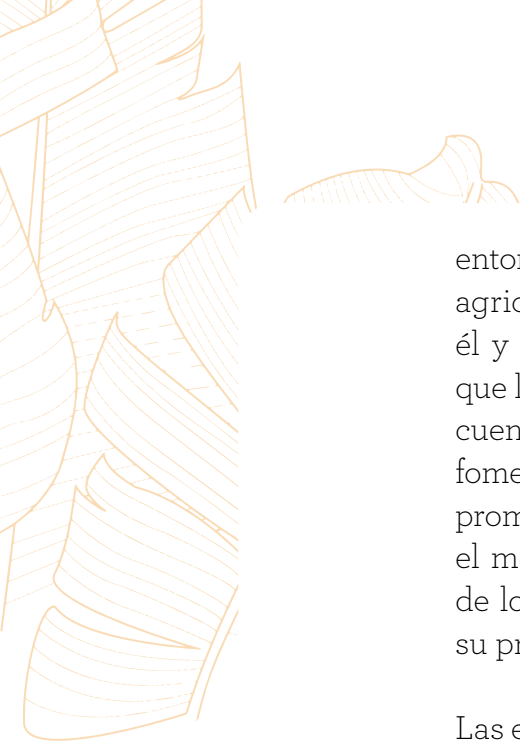
Porcentaje de adopción de las recomendaciones.



Fuente: Elaboración propia

Metodología escuela de campo para agricultores (ECA)

El cultivo es una herramienta de aprendizaje y enseñanza participativa entre el productor y el asistente técnico; en la actividad se pretende comprobar los efectos de las prácticas de manejo y las observaciones realizadas y compartidas entre el productor y el facilitador, con el objeto de contribuir a la toma de decisiones en las distintas etapas fenológicas del cultivo. En este contexto, se potencian las habilidades y destrezas de los productores y se incrementa su capacidad de resolución de problemas. La idea fundamental detrás de la ECA es que el productor debe adoptar conocimientos teóricos y ponerlos en práctica de inmediato en el



entorno en el que recibe la formación. Con esto se espera que el agricultor identifique su sistema productivo, interactúe más con él y lo observe de manera integral, sistémica y compleja, para que luego pueda desarrollar su actividad económica teniendo en cuenta todos los factores ambientales. Además, las ECA buscan fomentar la innovación y la experimentación en campo, a fin de promover la adopción de prácticas sostenibles y respetuosas con el medio ambiente. Asimismo, se busca fortalecer la capacidad de los productores para tomar decisiones informadas y mejorar su productividad y rentabilidad.

Las escuelas de campo son una herramienta valiosa para facilitar este intercambio y validar las prácticas de manejo más exitosas. Es importante recordar que cada cosecha es única y que el intercambio de experiencias entre los agricultores puede ayudar a identificar claves del éxito o fracaso en la producción. Al final, son los productores quienes generan las recomendaciones para mejorar la producción en sus predios. Asohofrucol está comprometida en apoyar a los productores y fomentar el intercambio de conocimientos para mejorar la producción de cultivos de frutas.

El gremio está de acuerdo en que construir conocimiento colectivo a través de las escuelas de campo y los talleres de autoaprendizaje requiere de una relación democrática e igualitaria entre los productores que participan. Es importante que no se generen barreras ni limitaciones en el actuar del aprendizaje y que se fomente la armonía y confianza entre el grupo que participa. En estos talleres, cada productor aporta su experiencia y recibe conocimiento de las experiencias de otros productores, analiza su realidad productiva, compara opiniones y toma decisiones más efectivas para el desarrollo de su negocio en la finca. Asimismo, Asohofrucol valora la importancia del aprendizaje colectivo y está comprometida en apoyar a los productores en su búsqueda de soluciones para mejorar la producción.

El proceso de formación que Asohofrucol lleva a cabo a través de las ECA es una experiencia vivencial e interactiva para un

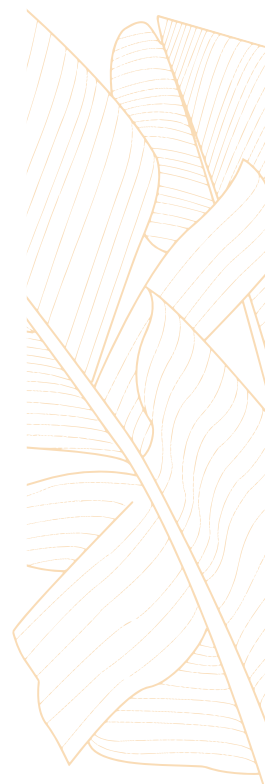
grupo de productores. Con la ayuda de un facilitador, se realiza un análisis y una investigación práctica en los cultivos, con el fin de diagnosticar su estado y establecer prioridades para mejorar su desempeño productivo. La escuela de campo permite integrar la información técnica existente con los conocimientos locales, mediante una serie de ejercicios prácticos. De esta manera se crea un proceso sinérgico de aprendizaje grupal que facilita la adopción de tecnologías en el corto plazo. Es un enfoque práctico y participativo que les permite a los productores mejorar su producción de manera efectiva.

Conformación de las ECA

Uno de los aspectos clave para garantizar el éxito de una escuela de campo es el empoderamiento de los agricultores participantes. En este sentido, es importante que en la primera reunión de trabajo se definan conjuntamente los procedimientos a seguir. Para ello, los técnicos deben colaborar con los productores para establecer fechas de ejecución, líderes de grupo y compromisos de los agricultores en cuanto a su asistencia mínima a las acciones de formación (el 60 %), su puntualidad y la aplicación de los conocimientos adquiridos en sus propias parcelas.

A la hora de conformar los grupos de trabajo, se deben tener en cuenta diversos criterios:

- El número ideal de productores por grupo será de 25 personas, debido a que se facilita la participación de todos. Una ECA podrá realizarse en varias sesiones, a fin de garantizar el cumplimiento de las recomendaciones de bioseguridad (como el distanciamiento social) y el manejo de grupos vulnerables o con restricción de desplazamiento, entre otras condiciones.
- Los participantes deben residir en la misma comunidad, municipio o vereda.
- Los participantes deben estar motivados e interesados en la propuesta de trabajo para la conformación de la escuela de campo.



- 
- Es importante que el grupo de trabajo esté ubicado en la zona de producción.

Pruebas de caja

Una prueba de caja es una herramienta de medición de conocimiento utilizada en las ECA. Consiste en una evaluación rápida realizada en un tema de interés para evaluar el conocimiento general del grupo sobre el cultivo. Las pruebas de conocimiento se realizan al inicio y al final de la ECA, como mecanismo para evaluar el conocimiento y desempeño inicial y final. La prueba incluye preguntas técnicas y de gestión básicas desarrolladas a partir de temas regionales, producción de cultivos y agronegocios.

Realización de los talleres

Mediante el desarrollo de ejercicios prácticos, los talleres de transferencia son un método de extensión rural dirigido a mejorar la capacidad de toma de decisiones a través de un proceso de diálogo entre agricultores. La formación fomenta el aprendizaje, la organización, la observación, el análisis, la reflexión y la actuación. En este contexto, la operación se basa en el desarrollo de sesiones prácticas de trabajo con los técnicos acompañantes y colaboradores. Los técnicos guían a grupos de agricultores a través de prácticas específicas paso a paso y aclaran cualquier pregunta que puedan tener. En el marco de los talleres, se pueden aplicar diferentes métodos de asesoramiento rural que se adapten a los requerimientos de cada zona de intervención.

Además, se ha promovido el uso de biopreparados como alternativa a los agroquímicos, lo que ha permitido reducir los costos de producción y mejorar la calidad de los cultivos. Los agricultores también han aprendido sobre la importancia de la bioseguridad en el cultivo de plátano, lo que contribuye a prevenir la propagación de enfermedades y a mejorar la sanidad de los cultivos. En cuanto al material vegetal, se ha trabajado en la selección de variedades de plátano resistentes a enfermedades y con mayor productividad, lo que ha permitido mejorar la rentabilidad



de los cultivos. En general, los talleres han sido muy bien recibidos por los agricultores, quienes han valorado positivamente la oportunidad de aprender nuevas técnicas y mejorar sus prácticas agrícolas.

El uso responsable de agroquímicos y la observación de los periodos de carencia y utilización de productos orgánicos y biológicos son conceptos que ahora conocen los productores. Por ello, en las escuelas de campo se ha puesto énfasis en el desarrollo de biopreparados que permitan un manejo sustentable y amigable de plagas y enfermedades con el medio ambiente, con el fin de contar con ecosistemas en los que organismos naturales ejerzan su actividad natural para el control de algunas plagas y enfermedades.

La tabla 5.2 detalla el esquema de un protocolo para hacer un taller con la metodología de las ECA.

Tabla 5.2. Parámetros de producción de biopreparados y abonos orgánicos

Línea productiva: Hortifrutícola		Departamento: Huila	
Elaboración: equipo técnico Asohofrucol			
Lugar: municipio de Timaná			
Objetivo general	Objetivos específicos		
Aprender de forma sencilla y práctica la elaboración de biopreparados y abonos orgánicos que permitan un mejor aprovechamiento de los recursos existentes en la finca y la implementación de una agricultura tropical sostenible.	Concientizar a los productores sobre la importancia de la fertilización orgánica, mediante la utilización de recursos de su propia finca.		
	Elaborar un biopreparado líquido.		
	Elaborar un caldo sulfocálcico.		
	Elaborar un biofertilizante orgánico-mineral.		
	Estructurar los costos de producción de los abonos orgánicos y biopreparados, comparar con los productos comerciales y definir ventajas y desventajas.		
	Alistar las herramientas y los materiales necesarios para la elaboración de los diferentes productos.		
Materiales	Cantidad	Insumos	Cantidad
Fotocopias guía de elaboración de biopreparados	4	Caneca plástica de 200 litros	1
Tarjetas de colores para preguntas	5	Agua	100 L
Papel bond (pliego)	4	Estiércol de ganado bovino fresco	30 kg
Marcadores de colores	4	Agua de residuo del lavado de la cochera	5 L
Cinta de enmascarar para marcar	1	Lixiviado de pulpa de café	5 L
Palas	2	Melaza	1 kg
Machetes	2	Ceniza cernida	1 kg
Gramera	1	Levadura	1 lb
Báscula	1	Leche fresca o suero	1 L
Probetas graduadas (100, 250 y 500 cm³)	1	Roca fosfórica	1 lb
Termómetro punzón (0-250 °C)	1	Sulfato de cobre	1 kg
Densímetro con grados baumé	1	Sulfato de hierro	1 kg
Azufre	10 kg	Sulfato de zinc	1 kg
Cal viva o cal hidratada	5 kg	Sulfato de manganeso	1 kg
Jabón azul en barra	½ barra	Sulfato de magnesio	1 kg
Caneca metálica (fogón)	1	Sulfato de potasio	1 kg
Guantes de carnaza	1	Bórax	250 g

Continúa en la siguiente página...



Paleta de madera (para mezclar el caldo sulfocálcico)	1	Costal papero	1
Tela toldillo (colador)	50 cm	Balde de 5 litros	2
Guantes quirúrgicos	10 pares	Recipientes plásticos de 20 litros	3

Procedimiento

1. Selección del escenario de capacitación

Ubicar un área amplia para la elaboración de los productos del presente ejercicio. En lo posible, la finca debe tener un lugar establecido para este propósito (biofábrica). Los biopreparados se elaboran en el área protegida contra la lluvia y el sol y los abonos orgánicos se hacen a campo abierto.

2. Instalación de la ECA

Antes de iniciar la sesión, se procede a poner el nombre de los participantes con cinta y se diligencia el listado de asistencia. Después, se realizan las siguientes actividades: presentación rápida de parte del asistente técnico, bienvenida al grupo y establecimiento de las reglas de juego para el ejercicio, explicación de los objetivos de la sesión de capacitación, y descripción de los ejercicios y sus respectivas instrucciones.

3. Actividad rompehielo

Presentación individual en la que participante menciona qué lo identifica como persona: “Mi nombre es Sergio y me identifico por ser una persona divertida”.

4. Conformación de subgrupos

Conformación de grupos de cinco agricultores, idealmente, dependiendo del número de participantes. Se sugiere mezclarlos al azar para que todos los asistentes participen activamente en los ejercicios.

Dinámica de integración grupal

A través de la dinámica de tingo-tango, se seleccionan cinco productores a quienes se les entrega una tarjeta de color con una pregunta:

Preguntas de inducción:

Cada agricultor da su respuesta y expone en dos minutos su planteamiento al resto del grupo. El asistente técnico orienta la discusión.

¿Qué es un biopreparado?

¿Qué importancia tiene utilizar los mismos residuos y materiales de la finca para la elaboración de los biopreparados?

¿Qué importancia tiene la materia orgánica en la agricultura tropical?

¿Por qué no debemos aplicar materias orgánicas no compostadas?

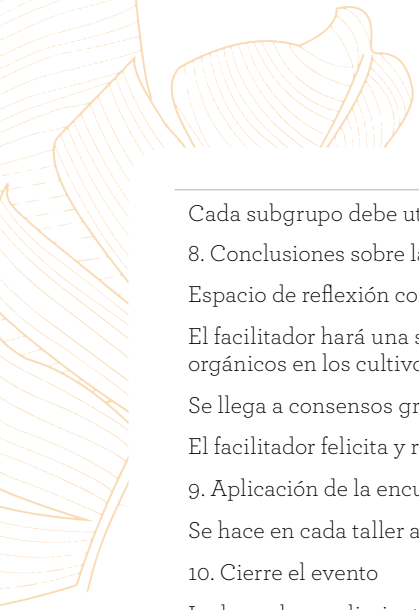
¿Por qué razón no debemos usar productos de banda roja restringidos para uso agrícola?

Nota: Se numera todo el grupo del 1 al 2 y se reúnen según los números para conformar los dos grupos de trabajo.

5. Ejercicio práctico en finca

Los facilitadores entregan a cada subgrupo una guía para la elaboración de abonos orgánicos tipo biofertilizante y caldo sulfocálcico. La guía contiene la metodología paso a paso para elaborar el biofertilizante y caldo sulfocálcico, y describe tanto sus usos como la importancia de la aplicación de los materiales que se utilizan y sus funciones en los preparados.

Continúa en la siguiente página...



Cada subgrupo debe utilizar las herramientas y los materiales para el trabajo de campo.

8. Conclusiones sobre la experiencia adquirida en el taller

Espacio de reflexión conjunta de la ECA sobre lo aprendido con el ejercicio temático.

El facilitador hará una síntesis de las opiniones y sugerencias de aprendizaje de los participantes sobre la importancia de la aplicación de biopreparados y abonos orgánicos en los cultivos hortifrutícolas.

Se llega a consensos grupales para definir las mejores estrategias para alcanzar los objetivos propuestos, de manera breve y concisa.

El facilitador felicita y resalta los resultados alcanzados.

9. Aplicación de la encuesta de satisfacción

Se hace en cada taller a un porcentaje representativo de cada grupo.

10. Cierre el evento

Incluye el cumplimiento de los objetivos y el agradecimiento a los participantes.

El facilitador cerrará el ejercicio motivando al grupo a iniciar las labores pertinentes en cada una de sus fincas.

El facilitador ofrece un aplauso a todo el grupo por sus aportes, y les pregunta si les gustó el ejercicio.

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presentan las evidencias de las asistencias técnicas realizadas en el departamento del Huila (figuras 5.7 y 5.8).

Figura 5.7.

Escuelas de campo en los municipios intervenidos en el Huila.



Fotos: Carlos Castillo

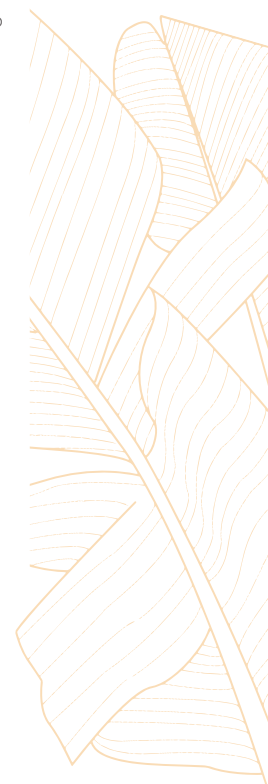


Figura 5.8.

Asistencia técnica realizada en el departamento del Huila.



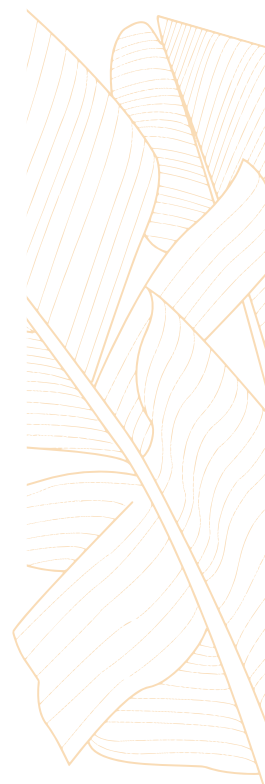
Fotos: Carlos Castillo

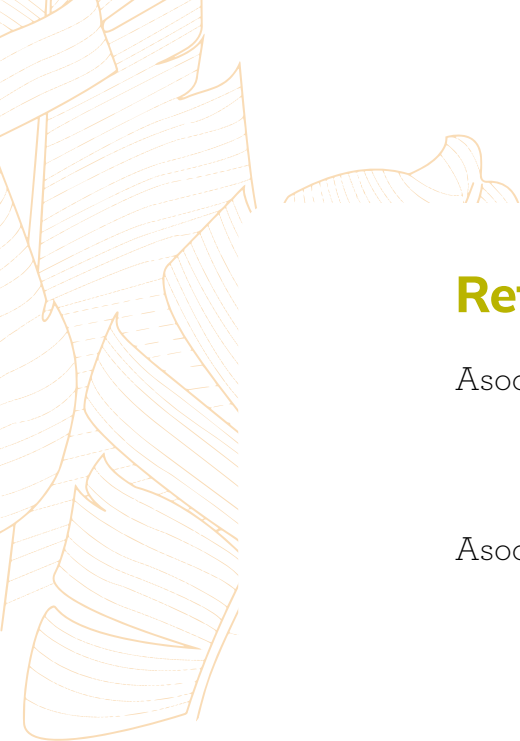
Conclusiones

El desarrollo sostenible de las actividades agrícolas depende en gran medida de la asistencia técnica, ya que brinda a los productores un apoyo integral para aumentar su producción y competitividad. La incapacidad de las unidades de producción para utilizar completamente la tecnología y modernizarse en la medida necesaria para maximizar la eficiencia de los recursos y sostener efectivamente su modelo de producción limita la capacidad para proporcionar a la industria el suministro hortícola de alta calidad que necesita. Para cumplir con esta condición, es fundamental trabajar desde una perspectiva tanto productiva como de asesoría integral. Esto significa que se debe brindar apoyo desde la siembra hasta la cosecha, con el fin de formar a los productores de acuerdo con las especificaciones y exigencias que demanda la agroindustria.

De acuerdo con lo anterior, la asistencia técnica apoya los siguientes procesos:

- Formulación, gestión y administración de proyectos, lo cual incluye el desarrollo de actividades agrícolas, pecuarias, acuícolas o forestales.
- Preparación y planificación de créditos para financiar el desarrollo de dichas actividades.
- Asesoría en la implementación de buenas prácticas agrícolas.
- Diseño e implementación de planes y mecanismos de manejo sanitario y fitosanitario.
- Diseño e implementación de planes y mecanismos de manejo de cosecha y poscosecha.





Referencias

- Asociación Hortifrutícola de Colombia (Asohofrucol). (2022a). *Informe de gestión año 2021*. <https://asohofrucol.com.co/img/informeproyectosFiles/17.pdf>
- Asociación Hortifrutícola de Colombia (Asohofrucol). (2022b). Producción artesanal de agentes biocontroladores, como estrategia agroecológica para la hortifruticultura de la provincia de Pamplona, Norte de Santander. *Frutas y Hortalizas*, 85, 37-42. <https://www.asohofrucol.com.co/img/pdfrevistas/90Asgrovida.pdf>
- Asociación Hortifrutícola de Colombia (Asohofrucol). (2023a). *Ficha técnica del Proyecto Plan Nacional de Fomento Hortifrutícola Fase 2023*.
- Asociación Hortifrutícola de Colombia (Asohofrucol). (2023b). *Informe de gestión año 2022*.

Los autores

Eliseo Polanco Díaz

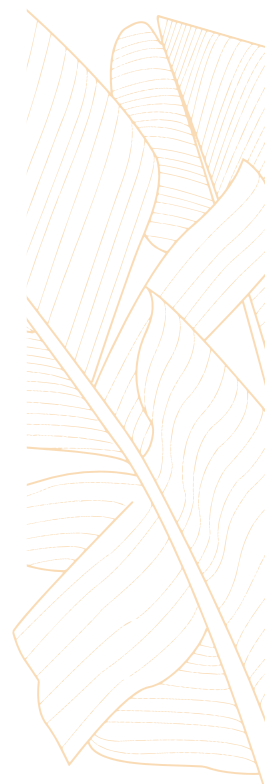
epolanco@agrosavia.co | <https://orcid.org/0000-0001-9229-4074>

Ingeniero agrónomo y MSc en Fisiología Vegetal, con experiencia en trabajos con organizaciones campesinas en temas de desarrollo rural, finca campesina, agroecología y ecología humana, en el marco de la extensión y el desarrollo rural. Ha liderado proyectos de investigación en cacao, plátano y aguacate, producción de semilla de cacao y aguacate, núcleos de producción de semilla de plátano de calidad y seguridad alimentaria. Ha realizado estudios sobre la mosca de la piña (*Melanoloma vatrix* H.) y cuenta con experiencia en trabajo con comunidades. Actualmente es investigador máster en el C. I. Nataima de AGROSAVIA.

Gustavo Adolfo Rodríguez Yzquierdo

grodriguezy@agrosavia.co | <https://orcid.org/0000-0003-3709-8534>

Ingeniero agrónomo, magíster en Ciencia del Suelo y PhD en Ciencias Agrícolas de la Universidad Central de Venezuela. Ha desarrollado trabajos de investigación en frutales tropicales y subtropicales con énfasis en manejo integrado del sistema productivo, nutrición del cultivo, manejo de fertilización, salud y calidad de suelos, así como ecofisiología vegetal y buenas prácticas agrícolas en cultivos de plátano, banano, maracuyá, piña, mango, aguacate y durazno. Se ha desempeñado como investigador y docente universitario y de posgrado en fruticultura y fruticultura tropical avanzada. Actualmente es investigador PhD Senior de AGROSAVIA, donde hace parte de la Red de Frutales, Departamento de Semillas, del C. I. Tibaitatá - Sede Central.





Mónica Betancourt Vásquez

mbetancourt@agrosavia.co | <https://orcid.org/0000-0002-6702-9524>

Ingeniera agrónoma de la Universidad de Caldas, diplomada en estudios avanzados en Biotecnología y Microorganismos Asociados y PhD en Ciencias Agrarias de la Universidad Politécnica de Madrid. Tiene experiencia en diagnóstico y caracterización biológica y molecular de patógenos de plantas con énfasis en epidemiología, evolución de virus de plantas y manejo integrado de enfermedades en los cultivos de plátano, banano, mora, maracuyá, tomate de árbol, lulo, caña de azúcar y papa. Se ha desempeñado como docente universitaria e investigadora en fitopatología, microbiología y biología molecular. Actualmente es investigadora PhD Senior del C. I. Tibaitatá-Sede Central de AGROSAVIA.

Dexi Andrea Cruz Lara

dcruz@agrosavia.co | <https://orcid.org/0000-0001-5989-4449>

Ingeniera agrónoma de la Universidad de Cundinamarca (sede Fusagasugá) y estudiante de la Maestría en Ciencias Agrarias con énfasis en Suelos y Aguas de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (Sede Tunja). Actualmente se desempeña como profesional de apoyo a la investigación en el C. I. Nataima de AGROSAVIA, donde está vinculada a proyectos relacionados con hierbas aromáticas de la Red de Hortalizas y con producción de semilla de aguacate, cacao y plátano la Red de Frutales.

Eduardo Barragán Quijano

ebarragan@agrosavia.co | <https://orcid.org/0000-0002-9260-6346>

Ingeniero agrónomo, magíster y doctorado en Fisiología de Cultivos. Posee amplia experiencia y trayectoria en investigación, transferencia y vinculación de tecnologías en fisiología de cultivos transitorios con énfasis en algodón, maíz y arroz, frutales (mango y plátano) y cacao, y en áreas temáticas como mejoramiento genético, nutrición mineral, manejo de reguladores y

adaptación de plantas al estrés hídrico. Es experto en gerencia de proyectos de investigación, grupos de investigación y docencia universitaria a nivel de posgrado a nivel nacional e internacional. Actualmente es investigador PhD del C. I. Nataima de AGROSAVIA.

Sandra Lorena Carmona Gutiérrez

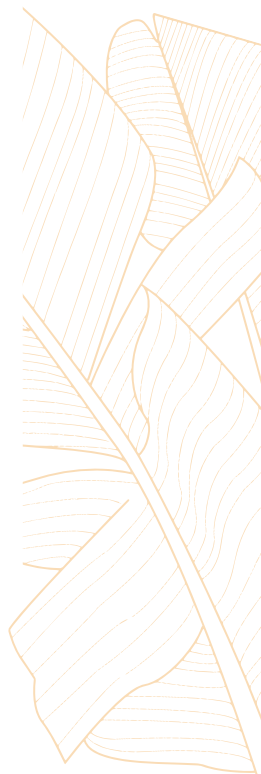
scarmona@agrosavia.co | <https://orcid.org/0000-0001-7348-3566>

Agrónoma de la Corporación Universitaria de Santa Rosa de Cabal (Unisarc) y magíster en Ciencias Agrarias, línea de investigación en Fisiología de Cultivos de la Universidad Nacional de Colombia. Colabora desde hace diez años en AGROSAVIA, donde actualmente es investigadora máster del C. I. Tibaitatá y se ha vinculado desde 2019 a actividades relacionadas con diagnóstico, secuenciación, evaluación de la dispersión, evaluación de controladores biológicos y eficacia de bioseguridad para *Foc* R4T en Colombia. Tiene amplia experiencia en áreas de control biológico de plagas y enfermedades, manejo integrado de plagas, fitopatología, interacción planta-patógeno y fisiología de cultivos, incluidas destrezas para el trabajo de laboratorio y ensayos en condiciones controladas.

Diana Marcela Burbano David

dmburbano@agrosavia.co | <https://orcid.org/0000-0003-0109-3088>

Bióloga de la Universidad de Nariño, con experiencia investigativa en caracterización y manejo de fitopatógenos en cultivos de tomate de árbol, papa, tomate, uchuva, cacao y banano, empleando marcadores fenotípicos y moleculares. Actualmente se desempeña como profesional de apoyo a la investigación en el C. I. Tibaitatá de AGROSAVIA, donde desde el 2020 apoya procesos de investigación relacionados con diagnóstico, caracterización, bioseguridad y control biológico del patógeno cuarentenario *Foc* R4T en el cultivo de banano, así como el diagnóstico de otros patógenos que afectan el cultivo, como son *Foc* R1 y *Ralstonia solanacearum*.





Magda Rocío Gómez Marroquín

mrgomez@agrosavia.co | <https://orcid.org/0000-0002-7487-0805>

Ingeniera agrónoma de la Universidad de Cundinamarca y MSc en Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Colombia con énfasis en Fitopatología. Tiene experiencia en diagnóstico, identificación y manejo de patógenos de suelo: i) reconocimiento de síntomas en campo, aislamiento, purificación, identificación y caracterización de patógenos; ii) pruebas de patogenicidad bajo condiciones controladas; iii) estandarización de protocolos de infección para patógenos del suelo: *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* y *Sclerotium cepivorum*, y iv) evaluación de estrategias de manejo de enfermedades mediante el uso de sustancias bioactivas, microorganismos, aceites esenciales y extractos. Manejo de técnicas de cultivo *in vitro* para establecimiento, multiplicación y enraizamiento de materiales vegetales, como ajo, cebolla, papa, achira, piña, mora y banano. Su interés está enfocado en la generación de recomendaciones para el manejo agronómico y sanitario de estos problemas. Participa en el establecimiento y manejo de la estación de cuarentena posentrada de materiales de *Musa* spp. en el C. I. Tibaitatá de AGROSAVIA, donde actualmente es investigadora máster.

Diana Marcela Torres Jiménez

dmtorres@agrosavia.co | <https://orcid.org/0000-0001-8131-3890>

Bióloga de la universidad Incca de Colombia, con experiencia en diagnóstico y caracterización molecular de fitoplasmas, virus fitopatógenos e insectos vectores en diferentes sistemas productivos como papa, banano, cebolla, lechuga y ajo. Actualmente es profesional de apoyo del C. I. Tibaitatá de AGROSAVIA.

Yuli Andrea Lovera Sotelo

ylovera@agrosavia.co - aerdnalov@gmail.com

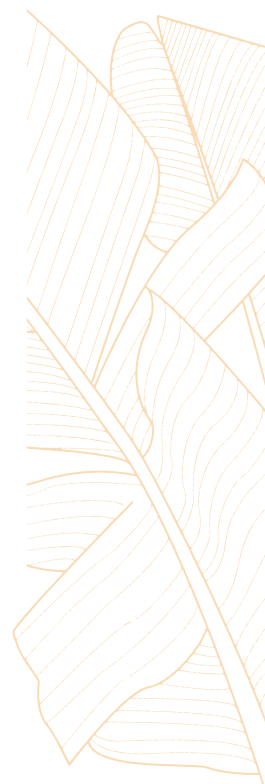
<https://orcid.org/0000-0001-5982-1960>

Licenciada en Biología de la Universidad Pedagógica Nacional y magíster en Ciencias -Microbiología de la Universidad Nacional de Colombia. Tiene experiencia en control biológico de plagas agrícolas, detección y diagnóstico molecular de patógenos, con interés agroindustrial en los cultivos de banano, plátano y caña de azúcar. También cuenta con experiencia en el área de proteómica con énfasis en producción de proteínas recombinantes en sistemas procariotas y eucariotas para la caracterización de moléculas fundamentales en la patogenicidad de hongos entomopatógenos, hemoparásitos humanos y bovinos. Se ha desempeñado como docente y es investigadora máster del C. I. Tibaitatá de AGROSAVIA.

Jaime Esneider Aguirre Rodríguez

jaguirrer@agrosavia.co | <https://orcid.org/0000-0002-9780-3963>

Microbiólogo agrícola y veterinario especialista en Planeación Ambiental y Manejo Integral de los Recursos Naturales, con conocimientos en distintas áreas de la microbiología, investigación, labores diagnósticas de rutina o especializadas, fitopatología, microbiología veterinaria, laboratorio clínico animal, enfermedades pecuarias, mejoramiento de suelos, producción de insumos agrícolas, microbiología de suelos, microbiología ambiental, procesamiento de muestras de importancia industrial y análisis de calidad del agua, suelos, sustratos, y ambientes, manejo y análisis de muestras de aguas industriales, domésticas y superficiales. Identificación y caracterización de microorganismos útiles en el área agrícola y veterinaria, y en procesos de degradación de desechos orgánicos. Gran interés por la investigación en la industria agrícola, ambiental, de diagnóstico, sanitaria y epidemiológica (humano, animal y vegetal). Conocimiento de normas de calidad, especialmente en ISO 17025. Actualmente es profesional de apoyo a la investigación en el C. I. Tibaitatá de AGROSAVIA.





Juan Pablo Becerra Medina

juanpablobec@gmail.com | <https://orcid.org/0009-0001-3563-7146>

Agrónomo de la Corporación Universitaria Santa Rosa de Cabal (Unisarc), especialista en Gerencia de Marketing de la Universidad Jorge Tadeo Lozano de Bogotá y magíster en Biotecnología Vegetal de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Se desempeña como asesor independiente de investigación en estudios de interacción planta-patógeno y en manejo integrado de plagas y enfermedades en cultivos. Actualmente colabora en el C. I. Tibaitatá de AGROSAVIA.

Edgar Herney Varón Devia

evaron@agrosavia.co | <https://orcid.org/0000-0001-9964-6968>

Ingeniero agrónomo de la Universidad del Tolima, magíster en Agricultura Ecológica del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) y doctor en Entomología de CATIE-Universidad de Idaho. Tiene 16 años de experiencia en el manejo integrado de plagas en cultivos, principalmente en frutales como mango, aguacate, pasifloras, cítricos y plátano. Su interés está enfocado en desarrollar programas de manejo integrado de artrópodos plaga en cultivos de clima cálido y medio, que incluyan estrategias de muestreo de poblaciones, uso de control biológico, implementación de criterios de aplicación y desarrollo de herramientas alternativas a las tradicionales de carácter químico. Actualmente es investigador PhD asociado en el C. I. Nataima de AGROSAVIA.

Eleonora Rodríguez Polanco

lrodriguezp@agrosavia.co | <https://orcid.org/0000-0002-8553-2449>

Ingeniera agrónoma de la Universidad del Tolima, magíster en Ciencias Agrarias con énfasis en Fitopatología de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá y PhD en Fitopatología de la Universidad Federal de Vicosa MG-Brasil. Tiene 19 años de experiencia en el manejo integrado de enfermedades en cultivos, principalmente en cacao y frutales como mango, aguacate,

cítricos y pasifloras. Está enfocada en el desarrollo de programas de manejo integrado de enfermedades limitantes en frutales de clima cálido y medio a partir de estudios de biología, etiología y caracterización de patógenos con énfasis en los mecanismos de resistencia microscópicos y bioquímicos de las plantas. Actualmente es investigadora PhD asociada en el C. I. Nataima de AGROSAVIA.

Ángela María Vargas Berdugo

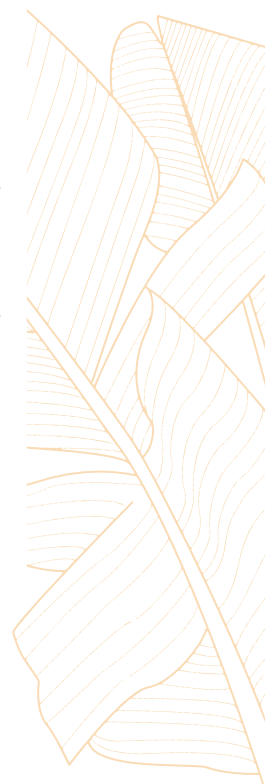
avargas@agrosavia.co | <https://orcid.org/0000-0003-0671-3055>

Microbióloga y magíster en Ciencias Agrarias en el área de profundización de Fitopatología. Tienen experiencia en diagnóstico de enfermedades y estandarización de metodologías de detección causadas por patógenos obligados en cultivos de cítricos, maíz, caña y ornamentales. Trabajó en el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) en el Laboratorio Nacional de Diagnóstico Fitosanitario (LNDF), como docente en la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá y como investigadora de la Universidad Estatal de Michigan, la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá y la Universidad de los Andes en investigaciones relacionadas con estudios poblacionales de patógenos de plantas. Actualmente es investigadora máster del C. I. Nataima de AGROSAVIA, donde pertenece Red de Cultivos Transitorios y Agroindustriales.

Paula Andrea Bermeo Fúquene

pbermeo@agrosavia.co | <https://orcid.org/0000-0002-6795-8921>

Ingeniera agrónoma de la Universidad Nacional de Colombia y estudiante de la Maestría en Producción Vegetal en la Universidad Tecnológica Federal de Paraná. Tiene más de cuatro años de experiencia en microorganismos asociados con enfermedades y biocontrol en cultivos de frutales (asaí, cítricos, mango, plátano, pasifloras), interés industrial (cacao) y especies transitorias (arroz, forrajes y sorgo). Su interés se enfoca en el uso de estrategias de diagnóstico molecular para la detección de enfermedades en plantas. Actualmente es profesional de apoyo a la investigación en el C. I. Nataima de AGROSAVIA.





Edgar Mauricio Rico Sierra

emrico@agrosavia.co | <https://orcid.org/0000-0003-4291-7119>

Biólogo de la Universidad Nacional de Colombia con énfasis en Biología Molecular y computacional. Tiene siete años de experiencia en el estudio de interacciones planta-patógeno, identificación de genes de resistencia en plantas e identificación molecular de insectos, hongos, virus y bacterias fitopatógenas. Adelanta procesos de investigación en el área de fitopatología molecular, ejecutando proyectos de investigación científica que permitan la generación de soluciones a problemas fitopatológicos apoyados en el conocimiento científico. Actualmente es profesional de apoyo a la investigación en el C. I. Nataima de AGROSAVIA.

Claudia Milena Flórez Cárdenas

cmflores@agrosavia.co | <https://orcid.org/0000-0001-9266-6018>

Ingeniera agrónoma de la Universidad del Tolima. Tiene siete años de experiencia en el manejo integrado de plagas en cultivos como cacao, café, mango, cítricos y guayaba. Su interés está enfocado en desarrollar programas de manejo integrado de plagas, que incluyan estrategias de uso de control biológico y desarrollo de herramientas que sustituyan manejo químico. Actualmente es profesional de apoyo a la investigación en el C. I. Nataima de AGROSAVIA.

Edinson Bayardo Parra Alferes

ebayardo@agrosavia.co | <https://orcid.org/0000-0003-2494-0120>

Ingeniero agrónomo de la Universidad de Pamplona (Colombia). Tienen diez años de experiencia en agroforestería, manejo agrónomo de sistemas productivos frutales como cacao, guayaba, aguacate, marañón, pasifloras, cítricos y mango, e investigación, identificación, diagnóstico y control de enfermedades mediante esquemas de manejo integrado (control cultural, químico, biológico y genético). Actualmente es profesional de apoyo a la investigación en el C. I. Nataima de AGROSAVIA.

Ramón Antonio Mosquera Mena

ramon.mosquera@unad.edu.co

<https://orcid.org/0000-0001-5905-6496>

Doctor en Desarrollo Sostenible de la Universidad Católica de Ávila, magíster en Educación y especialista en Pedagogía para el Desarrollo del Aprendizaje de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD). Actualmente es docente investigador de Ingeniería Forestal en la Universidad Tecnológica del Chocó y docente investigador de la Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente (ECAPMA - CEAD Turbo) de la UNAD.

Óscar Eduardo Valbuena Calderón

oscar.valbuena@unad.edu.co

<https://orcid.org/0000-0001-9149-156X>

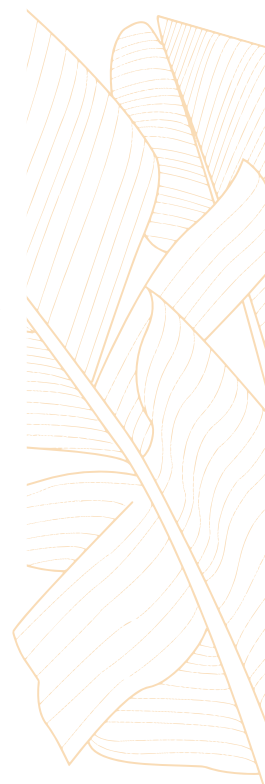
Ingeniero agrónomo de la Universidad Earth de Costa Rica y magíster en Sistemas Sostenibles de Producción de la Universidad de la Amazonía. Es docente investigador de la Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente (ECAPMA CCVA Pitalito) de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD).

Claudia Mercedes Ordoñez Espinosa

claudia.ordonez@unad.edu.co

<https://orcid.org/0000-0003-1095-4468>

Ingeniera agropecuaria de la Universidad del Cauca, magíster en Sistemas Sostenibles de Producción de la Universidad de la Amazonía y doctora en Ciencias - Biología de la Universidad Nacional de Colombia. Es docente investigadora de la Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente (ECAPMA CCVA Neiva) de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD).





Nelly María Méndez Pedroza

nelly.mendez@unad.edu.co | <https://orcid.org/0000-0003-4219-0378>

Ingeniera forestal de la Universidad del Tolima, especialista en Gerencia Estratégica de Mercadeo de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), magíster en Administración de Organizaciones de la UNAD y doctora en Desarrollo Sostenible de la Universidad Católica de Ávila. Es docente investigadora y líder zona sur de la Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente (ECAPMA) de la UNAD.

Shyrley Rocío Vargas Paredes

shyrley.vargas@unad.edu.co | <https://orcid.org/0000-0002-6224-9341>

Administradora de empresas, especialista en Gerencia Estratégica de Mercadeo, magíster en Administración de Organizaciones y estudiante del Doctorado en Administración de Organizaciones de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD). Es docente investigadora y líder de investigación zona sur de la UNAD.

Mirna Yecenia Vega Tello

yecenia.vega@asohofrucol.com.co
<https://orcid.org/0009-0005-8189-3641>

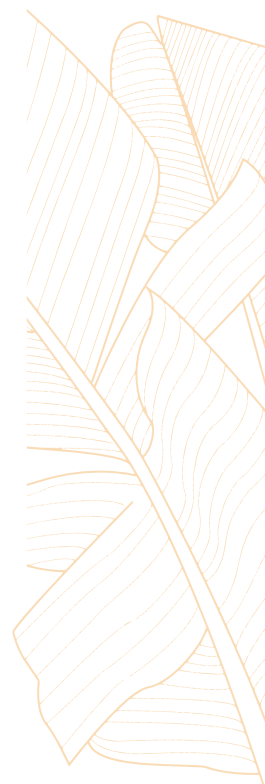
Ingeniera agrónoma de la Universidad Earth y magíster en Desarrollo Rural de la Pontificia Universidad Javeriana. Su trayectoria profesional ha estado ligada al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, donde ha colaborado durante años por el progreso del sector agrícola y el desarrollo sostenible. Entre 2007 y 2011 supervisó cerca de 150 proyectos de ciencia, tecnología e innovación, centrados en abordar las necesidades de los agricultores colombianos de manera efectiva y promover la innovación en el sector. Desde 2012 se desempeñó como supervisora técnica en un proyecto encaminado a fomentar estrategias de mitigación y adaptación al cambio climático para sistemas de producción alimentaria. Actualmente es coordinadora del Plan Nacional de Fomento Hortifrutícola (PNFH-2024) en la Asociación Hortifrutícola de Colombia (Asohofrucol).

Carlos Fernando Castillo Londoño

prof.agronomol@asohofrucol.com.co

<https://orcid.org/0009-0004-9787-9177>

Ingeniero agrónomo de la Universidad de Caldas y magíster en Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Colombia. Es coordinador de investigación en la Asociación Hortifrutícola de Colombia (Asohofrucol), donde dirige y colabora en proyectos de innovación y desarrollo de prácticas agrícolas sostenibles, orientadas a la preservación del medio ambiente y la mejora de la productividad. Su visión a largo plazo se centra en contribuir significativamente a la creación y adopción de tecnologías que promuevan la eficiencia y la rentabilidad en el sector agrícola colombiano, al tiempo que se garantiza la conservación de los recursos naturales.



El presente libro resultado de investigación consolida una serie de procesos en el marco del 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”. Se presentan resultados relacionados con la implementación práctica de esquemas de aseguramiento de calidad de semilla de plátano para el clon Dominico-Hartón y adopción del uso de bioestimulantes para la producción de semilla de calidad en cuatro organizaciones de productores en los municipios de Garzón, Timaná, Santa María y Palermo. De igual modo, se realizó un diagnóstico técnico de zonas productoras con énfasis en la presencia de limitantes sanitarias como línea base de información que permite proyectar acciones futuras en el marco del desarrollo de modelos productivos en la región. Asimismo, se desarrollaron modelos de agronegocios en el cultivo de plátano como estrategias de diversificación de economías regionales y, finalmente, se validó un programa de asistencia técnica y transferencia de tecnología adaptado a las condiciones específicas de los sistemas productivos de plátano que se encuentran en el departamento del Huila. Con los resultados obtenidos en las organizaciones de productores, se logró fortalecer capacidades técnicas y organizacionales que permiten consolidar tecnologías de producción de semilla de calidad de plátano, así como proyectar y poner en marcha modelos de agronegocios sostenibles en distintos frentes de acción y avanzar en dinámicas propias de producción de semilla de plátano para uso de las organizaciones y venta comercial con registro ICA. Estos logros reflejan los impactos favorables de las distintas estrategias de intervención que fueron implementadas por parte de los beneficiarios del proyecto.

AGROSAVIA

Corporación colombiana de investigación agropecuaria

Línea de atención al cliente: 018000121515

atencionalcliente@agrosavia.co

www.agrosavia.co