

Modelo productivo

para la producción de **plátano** en los Llanos
Orientales

Colección Transformación del Agro



El campo
es de todos

Minagricultura

Modelo productivo para la producción de plátano en los Llanos Orientales

Autores

Gustavo Adolfo Rodríguez Yzquierdo
Julio Jairo Becerra Campiño
Mónica Betancourt Vásquez
Tatiana Camila Miranda Salas
Sandra Viviana Alzate Henao
Yeinny Carolina Pisco Ortiz
Héctor Augusto Sandoval Contreras

Mosquera, Colombia 2018

Modelo productivo para la producción de plátano en los Llanos Orientales / Gustavo Adolfo Rodríguez Yzquierdo [y otros seis] -- Mosquera, (Colombia): AGROSAVIA, 2018.

216 páginas -- (Colección Transformación del agro)
Incluye referencias bibliográficas, tablas y fotos
ISBN obra digital: 978-958-740-267-4

1. Plátano 2. Musa (plátanos) 3. Cultivo 4. Clones 5. Anatomía de la planta 6. Manejo del suelo 7. Cosecha

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 La Libertad, kilómetro 17, vía Puerto López, Meta. Código postal 500009, Colombia.

Esta publicación es el resultado de los proyectos de Corpoica (ahora AGROSAVIA): Modelo productivo para plátano en los Llanos Orientales; Plan de Choque con validación y ajuste de tecnologías emergentes en el cultivo de plátano en Colombia; Conformación de núcleos productores de semilla limpia de plátano en regiones productoras de Colombia.

Fecha de recepción: 11/09/2018
Fecha de evaluación: 12/09/2018
Fecha de aceptación: 29/11/2018

Preparación editorial

Editorial AGROSAVIA
editorial@agrosavia.co

Editora: Liliana Gaona García

CCorrección de estilo: Alejandro Merlano Aramburo

Línea de atención al cliente: 018000121515
atencionalcliente@agrosavia.co
www.agrosavia.co

A partir de mayo de 2018, la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria cambió su acrónimo Corpoica por (AGROSAVIA).

Citación sugerida: Rodríguez Yzquierdo, G. A., Becerra Campiño, J. J., Betancourt Vásquez, M., Miranda Salas, T. C., Alzate Henao, S. V., Pisco Ortiz, Y. C., & Sandoval Contreras, H. A. (2018). *Modelo productivo para la producción de plátano en los Llanos Orientales*. Mosquera, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).

Cláusula de responsabilidad: AGROSAVIA no es responsable de las opiniones e 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, declarando 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.



https://co.creativecommons.org/?page_id=13

Contenido

Introducción.....	10
Justificación	13
Capítulo I	
Situación actual del cultivo de plátano.....	15
El plátano en el mundo.....	15
El plátano en América Latina	16
El plátano en Colombia.....	16
El plátano en los Llanos Orientales	18
Capítulo II	
Área geográfica y entorno ambiental	22
Contexto geográfico	22
Aspectos climáticos.....	23
Suelos característicos de la región.....	25
Capítulo III	
Descripción botánica taxonomía y clasificación.....	28
Botánica de la planta.....	28
Sistema radical	28
Cormo.....	29
Pseudotallo.....	31
Sistema foliar.....	31
Inflorescencia	32
Origen, taxonomía y clasificación	33
Capítulo IV	
Caracterización y tipologías de los sistemas de producción de plátano en los Llanos Orientales	35
Caracterización del sistema de producción.....	35
Monitoreos y seguimiento en campo del desarrollo y la producción de plátano...	39
Variables de desarrollo del cultivo.....	41
Variables productivas y de calidad de fruto	45
Capítulo V	
Tecnologías de producción.....	49
Selección de lotes y muestreos de suelo	49
Preparación y acondicionamiento del terreno	55
Encalado	56
Drenajes	57
Caballoneo	58
Trazado, ahoyado y siembra	59

Selección y propagación del material de siembra	61
Selección del material	62
Selección de plantas madres sobresalientes	63
Descripción de variedades cultivadas	65
Propagación del material de siembra	69
Establecimiento del lote semillero	73
Establecimiento del cultivo en campo	78
Prácticas de manejo	80
Fertilización química	80
Fertilización con macronutrientes	84
Fertilización con calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S)	90
Fertilización con micronutrientes	94
Análisis foliar	97
Control de arvenses	99
Manejo integrado de insectos plaga	102
Principales insectos plaga	103
Plagas secundarias: el picudo rayado y el picudo amarillo	111
Plagas en fruto	111
Manejo integrado de enfermedades	113
Sigatoka negra	114
Moko o maduraviche	130
Enfermedades causadas por virus	138
Riego	147
Otras prácticas culturales	150
Deshije	150
Deshoje	151
Desgüasque	155
Protección de la fruta	156
Capítulo VI	
Cosecha y poscosecha	159
Cosecha	159
Buenas prácticas en la cosecha	159
Poscosecha	161
Capítulo VII	
Esquemas de producción orgánica, gestión de residuos e impacto ambiental de la producción	165
Capítulo VIII	
Costos de producción y análisis económico	173
Capítulo IX	
Usos alternativos y valor agregado de la producción	178
Los autores	182
Referencias	185

Lista de figuras

Figura 1	Área sembrada de cultivo de plátano en Colombia en 2014.....	17
Figura 2	Tipologías definidas de acuerdo con la agrupación de productores ...	38
Figura 3	Variables de desarrollo en el cultivo de plátano para los municipios de Granada y Fuentedeoro, Meta, 2017	42
Figura 4	Variables de desarrollo en el cultivo de plátano para los municipios de Aguazul y Pore, Casanare, 2017.....	43
Figura 5	Variables de desarrollo en el cultivo de plátano para los municipios de Tame y Saravena, Arauca, 2017	44
Figura 6	Medición de parámetros de calidad de fruto; Fuentedeoro, Meta, 2017	47
Figura 7	Toma de muestras de suelo para su análisis; Granada, Meta, 2017 ...	51
Figura 8	Toma de muestras de suelo para análisis de propiedades físicas; Yopal, Casanare, 2017	53
Figura 9	Crecimiento lateral de raíces en los primeros centímetros del suelo; Yopal, Casanare, 2017.....	54
Figura 10	Volcamiento de plantas por compactación subsuperficial; Yopal, Casanare, 2017	54
Figura 11	Aplicación manual de cal; Granada, Meta, 2017.....	57
Figura 12	Drenajes tradicionales en plantaciones de plátano; Arauca, 2017...	58
Figura 13	Caballones para el establecimiento del cultivo de plátano; Fuentedeoro, Meta, 2018	59
Figura 14	Trazado de un lote; Granada, Meta, 2016.....	60
Figura 15	Ahoyador mecánico; Granada, Meta, 2017.....	60
Figura 16	Siembra y tapado de la semilla; Granada, Meta, 2016.....	61
Figura 17	Plantación para selección de plantas madres; Tame, Arauca, 2016.	62
Figura 18	Hijo tipo aguja; Yopal, Casanare, 2017	70
Figura 19	Multiplicación de semilla de plátano por el método de explante	72
Figura 20	Lote de multiplicación intensiva de tres meses de edad; Granada, Meta, 2017	73
Figura 21	Preparación y desinfección de cormos para el establecimiento del cultivo de plátano	74
Figura 22	Diseño de siembra del lote de inducción de yemas.....	75
Figura 23	Lote de multiplicación masiva de semilla en edad adecuada para la ruptura de la dominancia apical; Granada, Meta, 2017	76
Figura 24	Inducción de plantas en lote de multiplicación intensiva en campo; Granada, Meta, 2017.....	76
Figura 25	Unidad productiva lista para cosechar colinos en sistema de multiplicación masiva en campo; Granada, Meta, 2017.....	77

Figura 26	Diferentes densidades en el sistema de producción de plátano en los Llanos Orientales; Yopal, Casanare, 2017	80
Figura 27	Planta con manifestación de buen vigor y con separación de las calcetas del pseudotallo; Granada, Meta, 2017	81
Figura 28	Mezcla de fertilizantes para su aplicación; Granada, Meta, 2017	84
Figura 29	Labor de fertilización; Yopal, Casanare, 2017	84
Figura 30	Síntomas de deficiencia de nitrógeno (N) en los que se observa la clorosis generalizada de las hojas bajas; Arauca, 2017	87
Figura 31	Síntomas de deficiencia de potasio (K) en los que se observa la necrosis apical y el encorvamiento de la punta en hojas bajas	90
Figura 32	Síntomas de deficiencia de calcio (Ca) en hojas, distorsión foliar y enrollamiento de la hoja; Arauca, 2017	92
Figura 33	Síntomas de deficiencia de magnesio (Mg) en los que se evidencia la clorosis generalizada desde el borde hasta la nervadura central de hojas superiores; Arauca, 2017	93
Figura 34	Síntomas de deficiencia de azufre (S) en los que se observa la clorosis generalizada en hojas nuevas; Yopal, Casanare, 2017	94
Figura 35	Síntomas de deficiencia de Boro (B); Tame, Arauca, 2017	95
Figura 36	Control de malezas con aplicación de herbicidas; Granada, Meta, 2017	101
Figura 37	Picudo negro	103
Figura 38	Cormo afectado por el picudo; Meta, 2017	104
Figura 39	Adulto de picudo negro colonizado por el hongo <i>Beauveria bassiana</i> ..	105
Figura 40	Trampa de caída para la captura de adultos de picudo	106
Figura 41	Evolución de los síntomas asociados a la mosca blanca de espiral y evidencia de fumagina en la nervadura central de la hoja de plátano; Tame, Arauca, 2017	107
Figura 42	Estructuras de mosca blanca de espiral y formación de fumagina en síntomas severos; Eje Cafetero, 2014	108
Figura 43	Adulto de picudo rayado	111
Figura 44	Estados de desarrollo de la sigatoka negra	116
Figura 45	Cultivo de plátano afectado por la sigatoka negra: visión general ..	116
Figura 46	Ciclo de <i>Mycosphaerella fijiensis</i>	118
Figura 47	Determinación de la línea crítica para la sigatoka	120
Figura 48	Síntomas externos de moko	132
Figura 49	Síntomas de moko en el pseudotallo	133
Figura 50	Síntomas de moko en los dedos del plátano	134
Figura 51	Síntomas del virus del mosaico del pepino en hojas de plátano	140
Figura 52	Síntomas del virus del rayado del banano	142
Figura 53	Nematodo nodulador (<i>Meloidogyne</i> spp.) identificado en muestras de suelo; Yopal, Casanare, 2017	145

Figura 54	Nematodo espiral (<i>Helicotylenchus</i> spp.) identificado en muestras de suelo; Yopal, Casanare, 2017	145
Figura 55	Riego por goteo; Granada, Meta, 2017.....	149
Figura 56	Momento oportuno para realizar la labor de deshoje; Yopal, Casanare, 2017	150
Figura 57	Plantación de plátano después de la realización de la labor de deshoje; Yopal, Casanare, 2017.....	151
Figura 58	Plantación con práctica de deshoje; Granada, Meta, 2017.....	153
Figura 59	Comparación de plantas con y sin deshoje en plátano	154
Figura 60	Comparación entre plantas con calcetas secas y plantas con desgüasque; Tame, Arauca, 2017	155
Figura 61	Racimo de plátano embolsado; Granada, Meta, 2017	156
Figura 62	Labor de encintado en los racimos; Granada, Meta, 2017	157
Figura 63	Apuntalamiento en el cultivo de plátano; Yopal, Casanare, 2017..	158
Figura 64	Labor y herramientas para la cosecha; Fuentedeoro, Meta, 2017...	160
Figura 65	Escenario tradicional después de la labor de cosecha: preparación del fruto para entrega al comprador; región del Ariari, Granada, Meta, 2017	162
Figura 66	Desmane del racimo y lavado de los dedos para la comercialización; Fuentedeoro, Meta, 2017	163
Figura 67	Clasificación del fruto y su disposición en canastillas y bolsas; Granada, Meta, 2017.....	163
Figura 68	Inadecuada disposición de bolsas después de la labor de cosecha; Tame, Arauca, 2017	171
Figura 69	Participación porcentual de cada labor dentro de los costos de producción del cultivo de plátano; Llanos Orientales, 2017.....	176
Figura 70	Cadena del plátano	178

Lista de tablas

Tabla 1	Área sembrada, producción y rendimiento del cultivo de plátano por municipio en el departamento de Arauca en 2016.....	19
Tabla 2	Área sembrada, producción y rendimiento del cultivo de plátano por municipio en el departamento del Meta en 2016.....	20
Tabla 3	Área sembrada, producción y rendimiento del cultivo de plátano por municipio en el departamento del Casanare en 2016.....	21
Tabla 4	Ubicación de los predios seleccionados para el monitoreo y seguimiento del desarrollo del cultivo de plátano, 2017	39
Tabla 5	Parámetros de calidad de fruta para los lotes en estado de producción en cada departamento.....	46
Tabla 6	Índices para la selección de plantas madres sobresalientes	65
Tabla 7	Concentración de niveles adecuados de nutrientes en tejido foliar para plantas de plátano	98
Tabla 8	Escala poblacional de escamas en el cultivo de plátano.....	110
Tabla 9	Seguimiento de la hoja más joven manchada (HMJM): preaviso biológico o línea crítica	119
Tabla 10	Productos químicos para el control de la sigatoka	124
Tabla 11	Guías para el uso de fungicidas en banano o plátano.....	125
Tabla 12	Tipos de interacciones antagonistas para el control biológico de patógenos	127
Tabla 13	Insumos biológicos registrados para <i>Mycosphaerella fijiensis</i> en plátano o banano ante el ICA, 2018.....	128
Tabla 14	Arvenses hospederas de moko.....	135
Tabla 15	Algunos insumos agrícolas permitidos en la producción de banano orgánico	170
Tabla 17	Residuos generados en la zona bananera de Urabá.....	172
Tabla 18	Costos de producción por hectárea de plátano para una densidad de 2.200 plantas por hectárea	173

Introducción

El cultivo de plátano es considerado uno de los más importantes en la alimentación humana básica, no solo a nivel nacional, sino a nivel mundial, ya que posee un alto contenido de potasio y carotenoides y pequeñas cantidades de vitamina C y complejo B. Además, el plátano es una de las principales fuentes de carbohidratos para millones de personas en África, el Caribe, Latinoamérica, Asia y el Pacífico. El plátano, junto con el banano, se produce en más de 120 países, mayormente asociado con otros cultivos y en manos de pequeños agricultores.

Por otro lado, forma parte de la dieta básica y de la canasta familiar, por lo que es un cultivo estratégico en la seguridad alimentaria de muchos países del mundo. Sumado a ello, contribuye a la generación de fuentes de empleo y a la generación de divisas en los casos de sistemas de producción con fines de exportación. De igual forma, el sector agroindustrial ha requerido, en forma creciente, de materia prima para elaborar diferentes productos alimenticios procesados, de consumo humano y animal.

La creciente demanda de alimentos debido al incremento poblacional hace que los sistemas productivos busquen ser más eficientes en cuanto a productividad se refiere. Adicionalmente, las exigencias por parte de los consumidores hacen necesaria la producción con estándares de calidad e inocuidad, que son retos para lograr producciones sostenibles y amigables con el ambiente.

A nivel internacional, son muchos los resultados de investigación que se encuentran sobre las diferentes áreas de conocimiento relacionadas con el cultivo de plátano. En tal sentido, existen instituciones que se dedican exclusivamente al estudio de diferentes ámbitos del manejo de este cultivo. Del mismo modo, en Colombia se han generado importantes resultados de investigación en diferentes regiones productoras del país, especialmente en el Eje Cafetero. Sin embargo, para el caso de los Llanos Orientales, la investigación y las publicaciones relacionadas con información del sistema productivo han estado relativamente ausentes durante los últimos 20 años. A pesar de haber desarrollos tecnológicos, la validación en sistemas de producción en los Llanos Orientales no ha sido

rigurosa, lo que ha ocasionado que los agricultores tengan manejos empíricos y carezcan de la tecnología adecuada, como la que tienen otros sistemas productivos y los desarrollos en otras regiones o, incluso, otros países productores, por lo que existe una brecha tecnológica considerable.

En los últimos años, se han incrementado los problemas sanitarios que hoy en día son limitaciones severas del sistema de producción. Este es el caso del moko (*Ralstonia solanacearum*), que se ha dispersado en forma exponencial. Estudios en el departamento del Meta señalan que, tomando en consideración las inspecciones realizadas por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) en 2015, alrededor del 86 % de los predios supervisados por esta institución se encontraron afectados por el moko (Cubides, 2016). Situación similar se viene presentando en Arauca, región que no tenía estos niveles de afectación hace algunas décadas. El intercambio informal de semillas, las características intrínsecas de la bacteria en cuanto a posibilidades de infección y dispersión y la carencia de viveros con registro ICA que ofrezcan semilla con calidad sanitaria, entre otros múltiples factores, hacen que la problemática se incremente y se dificulte la aplicación de estrategias para mitigar los efectos adversos de esta enfermedad.

Por su parte, los agricultores no cuentan con asistencia técnica calificada, lo que ocasiona que, frente a una misma situación o problemática, existan múltiples criterios, recomendaciones y opiniones. El desconocimiento por parte de los productores de las diferentes alternativas de manejo que pueden utilizarse en el cultivo, la ausencia de asistencia técnica especializada y la falta de presencia articulada de instituciones en la región son factores que hacen que el sistema productivo no sea eficiente y presente vulnerabilidad en cuanto a su rentabilidad.

Por las razones antes señaladas, AGROSAVIA, al ser la institución responsable del cambio técnico en los principales sistemas productivos del país, presenta un documento que recoge experiencias de investigación desarrolladas en el territorio. Sumada a ello, se relaciona la actualización del sistema productivo de plátano en los Llanos Orientales —departamentos de Arauca, Casanare y Meta— con caracterizaciones técnico-económicas que permiten identificar tipologías de sistemas productivos en los principales municipios que aportan el mayor peso específico de la producción en la región. Este documento, denominado *modelo*

productivo, contiene una revisión actualizada de literatura, información colectada en campo a través de encuestas diagnósticas aplicadas a productores y seguimiento y monitoreo de lotes en diferentes estados fenológicos en dos de los municipios más representativos en cuanto a la producción por cada departamento, lo que permite consolidar información de gran utilidad para productores, asistentes técnicos o estudiantes del agro y, así, tener mejores elementos o criterios de manejo y búsqueda de sistemas productivos más eficientes y sostenibles.

Justificación

Durante el año 2016, en Colombia se reportaron un total de 475.613 hectáreas (ha) sembradas de plátano, una producción de 3.915.750 toneladas (t) y un rendimiento de 9,40 t/ha. La región de los Llanos Orientales suma un total de 58.297 ha, una producción de 847.477 t y un rendimiento de 18,66 t/ha entre los departamentos de Arauca, Meta y Casanare. Esto implica que dichas zonas tienen una participación del 12,25 % de la producción nacional de plátano y que prácticamente duplican el rendimiento promedio nacional (Agronet, 2016).

El cultivo de plátano es uno de los de mayor importancia en la región de los Llanos Orientales, pues hace parte de la canasta básica familiar; además, cuenta con características que lo ubican como uno de los cultivos con mayor potencial de exportación en el país.

Realizar procesos de investigación, validación, ajuste, actualización y transferencia de tecnología del manejo del cultivo de plátano es de vital importancia, ya que a través de estos mecanismos se identifican las mejores estrategias para lograr mayor productividad, sostenibilidad y competitividad del sistema. De esta manera, el productor puede apropiarse y aplicar el conocimiento aprendido en sus lotes y lograr mayor rentabilidad de estos.

En tal sentido, las experiencias de investigación deben ser validadas con el fin de generar resultados que permitan entregarle al productor las recomendaciones idóneas para el manejo de su cultivo, de acuerdo con las condiciones edafoclimáticas de la zona en la cual se encuentra, tomando en cuenta su cultura y la tipología del sistema de producción, lo cual favorece no solo el mejoramiento de las condiciones de productividad de la plantación, sino también la calidad de vida del agricultor.

El plátano se produce prácticamente en todo el país, en regiones que se diferencian no solo por características de suelo, clima y topografía, sino también por el tipo de sistema productivo (en monocultivo o asociado, con adopción en mayor o menor grado de tecnología, con mano de obra familiar o contratada, etc.), así como por aspectos culturales y de tradición (clones utilizados, densidades de plantación,

labores culturales, entre otros). De esta forma, la producción de plátano se realiza en las regiones Caribe, Pacífica, Andina, Orinoquia, Interandina y Amazónica, cada una de ellas con sus características particulares.

Lo anteriormente señalado hace necesario generar modelos productivos con base en la contextualización regional, donde, si bien es cierto que la tecnología debe ser incorporada al sistema productivo, también se deben tener en cuenta elementos del conocimiento ancestral, la cultura y la experiencia de los agricultores, quienes por mucho tiempo han dedicado su vida a llevar en marcha la producción de este cultivo, especialmente importante para la agricultura colombiana. Por tales razones, un modelo productivo debe contener aspectos técnicos basados en un territorio particular y no permitir, así, la generalización o extrapolación de recomendaciones a cualquier zona productora.

En el caso de los Llanos Orientales, el sistema productivo posee unas características especiales de topografía, tipos de suelos, régimen de precipitación y labores culturales propias de esta región que determinan y caracterizan que las iniciativas de investigación y los resultados que estas generen sean validados y aplicados con base en la realidad y el contexto territorial.

En el presente documento, se incluyen aspectos de descripción de las prácticas culturales aplicadas y de manejo del cultivo, que son resultado de un proceso de caracterización y diagnóstico técnico-económico que permite actualizar y definir tipologías de sistemas productivos de plátano en la región, así como resultados de seguimiento y evaluación de producción del cultivo de parcelas en sus diferentes etapas fenológicas en fincas de agricultores. Esto permite tener una panorámica muy aterrizada de los manejos agronómicos que se le aplican a este cultivo, su nivel de tecnología y la respuesta de la planta a las condiciones edafoclimáticas de diferentes municipios representativos de la producción de plátano en los departamentos de Meta, Casanare y Arauca. El modelo productivo presentado contribuye a la actualización de información técnica y científica generada para este cultivo, con la finalidad de poner a disposición de sus diferentes usuarios criterios para mejorar los sistemas de producción de plátano en la región de los Llanos Orientales.

Capítulo I

Situación actual del cultivo de plátano

El plátano constituye una de las principales fuentes de carbohidratos para millones de personas en África, el Caribe, América Latina, Asia y el Pacífico (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 1999). La producción mundial de plátano se destina prácticamente a satisfacer el consumo interno de los países productores, y solo el 1 % se comercializa en mercados internacionales (Corporación Colombiana Internacional, 2001). El plátano representa el cuarto cultivo mayormente consumido en el mundo luego del arroz, la papa y el trigo. En cuanto al consumo per cápita, países africanos como Ruanda o Uganda consumen cerca de 250 kilogramos (kg)/persona/año, ya que es una base fundamental de la dieta diaria y una fuente casi única de carbohidratos en poblaciones que tienen muchas limitantes económicas. Vale la pena destacar que este consumo viene dado por diferentes clones de musáceas que son de cocción, pertenecientes a los grupos ABB y AAB (Vézina, 2008).

Por su parte, en América Latina, Colombia es uno de los principales países consumidores de plátano, con alrededor de 90 kg/persona/año; el cultivo de plátano es base de la dieta diaria de la población, como acompañante prácticamente infaltable en cualquier plato que se sirva en la mesa. En tal sentido, Belalcázar (1991) señala que, dependiendo de la zona en consideración, la población rural tiene un consumo de 160 kg/persona/año, mientras que la urbana cafetera y la nacional poseen un consumo de 64 y 32 kg/persona/año, respectivamente.

El plátano en el mundo

La producción mundial de plátano para el año 2016 estuvo en alrededor de 35,06 millones de toneladas. Los países con mayor contribución, en cuanto a producción se refiere, son Uganda, Ghana, Camerún, Ruanda, Colombia y Nigeria. Por su parte, en el caso del banano, la producción alcanzó 106,5 millones de toneladas, y fueron India, China, Filipinas, Ecuador e Indonesia los principales productores de este cultivo (Álvarez, Ceballos, Gañán et al., 2013). De acuerdo con el reporte de 2016, a nivel mundial, aproximadamente se

cosecharon 4.687.974 ha de plátano, con una producción de 35.063.802 t y un rendimiento equivalente a 7,47 t/ha (Faostat, s. f.).

Por su alto contenido de almidón, el plátano es uno de los productos más usados en la alimentación humana para el consumo en fresco y en harinas como suplemento nutricional de los bebés lactantes (FAO, 2000). Según el informe de la FAO (2002) titulado *Agricultura mundial: hacia los años 2015-2030*, a pesar de que el consumo mundial de raíces, tubérculos y plátano ha disminuido en 19 países (todos ellos africanos), este sigue representando más de una quinta parte, y en ocasiones hasta la mitad, de toda la energía proporcionada por los alimentos.

El plátano en América Latina

América Latina y el Caribe contribuyeron con el 29,48 % del comercio internacional de plátano para el 2016. Esta producción está representada por Colombia (34,24 %), Ecuador (5,9 %), Guatemala (3,35 %) y Costa Rica (1,06 %) (Faostat, s. f.). Por su parte, en cuanto a exportación se refiere, Ecuador, Colombia, Filipinas, Costa Rica y Guatemala proporcionaron el 73,6 % del comercio mundial (Álvarez, Ceballos, Gañán et al., 2013).

La región latinoamericana, durante el año 2016, produjo 8.257.252 t de plátano, es decir, cerca del 23,54 % de la oferta mundial (Faostat, s. f.), porcentaje del cual Colombia aportó el 44,59 %, es decir, fue uno de los principales productores de esta fruta.

El plátano en Colombia

En 2015, en Colombia, el área sembrada de plátano fue de 389.932,83 ha (figura 1), con una producción de 3.416.951,08 t y un rendimiento nacional de 8,76 t/ha (Agronet, 2016). Para 2016, se reportaron un total de 451.572 ha sembradas de plátano, una producción de 3.682.321 t y un rendimiento de 9,35 t/ha, es decir, hubo un aumento del 15 % en área sembrada de plátano en el país (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MADR], Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE], & secretarías municipales, 2017).

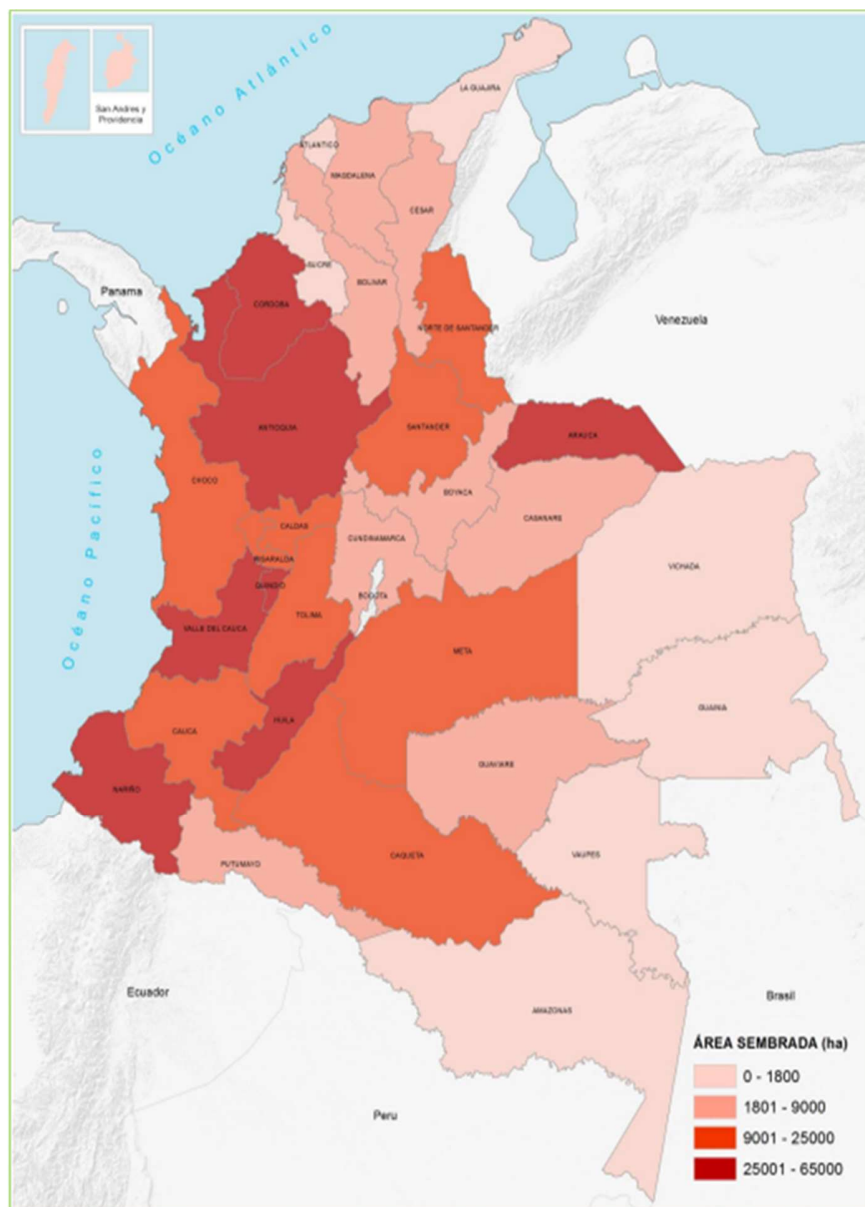


Figura 1. Área sembrada de cultivo de plátano en Colombia en 2014.

Fuente: Agronet (2014)

Se estima que, del área cultivada de plátano en Colombia, un 87 % se encuentra como cultivo tradicional asociado con café, cacao, yuca y frutales y que el 13 % restante está como monocultivo tecnificado (MADR & Observatorio de

Agrocadenas, 2004). Por otra parte, la producción de plátano en Colombia está basada en minifundios, con el 85 % representado por pequeños productores (entre 1 y 5 ha), un 10 % por medianos (entre 6 y 15 ha) y tan solo un 5 % por grandes agricultores (áreas mayores a 16 ha) (MADR, 2014).

A nivel nacional, se estima que el cultivo de plátano genera cerca de 164.246 empleos directos y aproximadamente 2.594.350 empleos transitorios y permanentes, es decir, ocupa 0,7 jornales permanentes y 1,8 transitorios por hectárea (MADR, 2014).

El plátano en los Llanos Orientales

La región de los Llanos Orientales presenta una temperatura media anual de entre 25 y 27 °C y una precipitación estacional de entre 2.600 y 4.000 milímetros (mm) en promedio, con un periodo seco entre diciembre y marzo y otro húmedo de abril a noviembre. Por su parte, la evapotranspiración es alta, pues está alrededor de 125 mm/mes; de igual forma, se presenta una alta humedad relativa (de 80 a 85 %). Estas características definen climas cálidos muy húmedos en el piedemonte, que se tornan cálidos húmedos con estacionalidad marcada de las lluvias a medida que se avanza de occidente a oriente. Con respecto a los suelos, estos están representados fundamentalmente por oxisoles, los cuales se caracterizan por una baja fertilidad natural, acidez y saturación de aluminio altas, baja saturación de bases, bajo contenido de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S), baja actividad debido al tipo de arcillas y pocos materiales orgánicos (Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC], 2014b).

El plátano se siembra principalmente en las vegas de los ríos, y el ciclo vegetativo dura entre 10 y 12 meses (Martínez, 1998). Los principales departamentos productores de plátano en los Llanos Orientales son Arauca, Meta y Casanare, con una participación, para el año 2016, del 22,87 % de la producción nacional, correspondiente a 842.477 t. El área sembrada en estos departamentos alcanza 58.297 ha (MADR et al., 2017).

A nivel nacional, el departamento de Arauca ocupa el tercer lugar en área sembrada, con 31.120 ha, y el primero como productor de plátano en cuanto a rendimiento, con 19,35 t/ha. Esto representa una producción cercana a las 542.074 t al año (Agronet, 2016). Las cifras por municipio para este departamento se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Área sembrada, producción y rendimiento del cultivo de plátano por municipio en el departamento de Arauca en 2016

Municipio	Área sembrada (ha)	Área cosechada (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t/ha)
Tame	18.363	17.800	356.000	20
Arauquita	5.736	3.756	67.608	18
Saravena	3.885	3.385	67.700	20
Fortul	2.027	2.027	36.486	18
Arauca	770	740	11.100	15
Puerto Rondón	242	240	2.400	10
Cravo Norte	97	60	780	13

Fuente: MADR et al. (2017)

En el caso del departamento del Meta, de acuerdo con el reporte entregado para el año 2016, la siembra total fue de 24.412 ha de plátano, con una producción de 274.197 t y un rendimiento de 18,21 t/ha (MADR et al., 2017). Las cifras por municipio se presentan en la tabla 2.

Tabla 2. Área sembrada, producción y rendimiento del cultivo de plátano por municipio en el departamento del Meta en 2016

Municipio	Área sembrada (ha)	Área cosechada (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t/ha)
Fuentedeoro	7.960	4.650	88.350	19
Puerto Lleras	2.610	1.500	27.000	18
Puerto Concordia	2.050	1.000	19.000	19
La Uribe	1.500	675	12.825	19
Puerto Rico	1.375	1.250	25.000	20
Mesetas	1.240	640	10.880	17
El Castillo	1.200	520	8.320	16
Granada	1.200	1.200	19.200	16
Vista Hermosa	1.135	760	15.200	20
Lejanías	1.030	910	13.650	15
Cabuyaro	600	300	9.000	30
Mapiripán	400	400	6.000	15
La Macarena	370	370	5.920	16
San Juan de Arama	340	25	425	17
San Martín	248	30	450	15
El Dorado	244	227	3.632	16
Barranca de Upía	183	173	2.070	12
Villavicencio	180	110	1.870	17
San Carlos de Guaroa	145	17	255	15
Puerto López	130	30	390	13
Guamal	70	70	700	10
Castilla la Nueva	60	60	960	16
Puerto Gaitán	58	58	870	15
Restrepo	48	48	768	16
San Luis de Cubarral	7	7	112	16

Fuente: MADR et al. (2017)

Por su parte, en Casanare, los principales municipios productores de plátano son Trinidad, Hato Corozal, Paz de Ariporo, Yopal, Tauramena, Monterrey y San Luis de Palenque (Olmos, 2015). El área sembrada del departamento para el año 2016 fue de 2.765 ha, con una producción de 26.606 t y un rendimiento de 12,54 t/ha. Las cifras por municipio se presentan en la tabla 3.

Tabla 3. Área sembrada, producción y rendimiento del cultivo de plátano por municipio en el departamento del Casanare en 2016

Municipio	Área sembrada (ha)	Área cosechada (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t/ha)
Hato Corozal	440	374	4.862	13
Yopal	330	225	2.813	12,5
Villanueva	300	150	2.250	15
Paz de Ariporo	250	200	1.600	8
Trinidad	215	200	2.600	13
Aguazul	200	200	3.000	15
Maní	180	130	2.210	17
Pore	167	150	2.100	14
Nunchía	150	150	2.400	16
Orocué	100	60	360	6
San Luis de Palenque	90	19	309	16,26
Tauramena	80	67	670	10
Monterrey	76	25	375	15
La Salina	65	60	120	2
Támara	40	25	100	4
Recetor	37	30	240	8
Sabanalarga	26	7	101	14,45
Chámeza	10	10	80	8
Sácama	9	8	16	2

Fuente: MADR et al. (2017)

Al realizar la comparación de la información sobre estadísticas de producción para el año 2016, es posible distinguir que, dentro de los departamentos que comprenden los Llanos Orientales, el primer productor es Arauca, seguido de Meta y, finalmente, de Casanare.

Capítulo II

Área geográfica y entorno ambiental

El cultivo de plátano en los Llanos Orientales requiere de una oferta ambiental acorde con las condiciones edafoclimáticas, necesarias para el óptimo desarrollo y productividad de la planta. Existen zonas geográficas que pueden o no satisfacer estas demandas, por lo cual es necesario tener en cuenta los criterios de adaptación del cultivo a los rangos que le sean favorables para su adecuado desempeño agronómico.

Contexto geográfico

La Orinoquia colombiana se localiza al oriente de la cordillera Oriental y drena hacia el río Orinoco; su topografía es fundamentalmente plana con alturas comprendidas entre 100 y 250 m.s.n.m. Sus límites naturales son, por el occidente, con la cordillera Oriental; por el oriente, con Venezuela; por el sur, con la región amazónica, y por el norte, con las estribaciones de la cordillera Oriental (Pacheco & León, 2001). Esta región corresponde a una gran cuenca de sedimentos construida por los aportes de grandes ríos provenientes de la cordillera Oriental. Estos sedimentos fueron afectados por numerosos movimientos tectónicos que ocasionaron que algunas zonas se levantaran y otras se hundieran, lo que generó diversos tipos de paisajes. La región representa el 26 % de la extensión de Colombia, y, del total de sus tierras, las zonas bien drenadas ocupan un 55 % del área, mientras que las mal drenadas, un 45 %. En general, la Orinoquia presenta cinco ambientes geomorfológicos (IGAC, 2014b):

- La Orinoquia inundable de Arauca y Casanare, diferenciada en las planicies eólica, de desborde y aluvial.
- La Orinoquia bien drenada del Meta y Vichada, integrada por las altillanuras plana, ondulada y disectada.
- El piedemonte llanero de los departamentos de Arauca y Meta, compuesto por conos, terrazas y llanura de desborde.
- El extremo oriental, vinculado con el Andén Orinoqués y el Escudo Guayanés del departamento del Vichada.

- La zona transicional a la Amazonia.
- Por su parte, Rippstein, Escobar y Motta (2001) señalan que los principales sistemas de tierras se encuentran en las regiones bien drenadas, representadas por los siguientes paisajes: la altillanura plana (con unos 3,5 millones de hectáreas), la altillanura ondulada y la serranía (con alrededor de 6,4 millones de hectáreas) y las terrazas fluviales (con aproximadamente 1,25 millones de hectáreas).

Aspectos climáticos

En cuanto al clima, esta región se caracteriza por tener climas cálidos muy húmedos en el piedemonte, que van cambiando a cálidos húmedos con marcada estacionalidad de lluvias a medida que se avanza de occidente a oriente. El incremento de la nubosidad en las horas de la tarde por efecto del aumento en la temperatura es una característica de la zona tropical de Suramérica que se presenta en los Llanos Orientales, lo cual ocasiona una mayor frecuencia de lluvias al atardecer. Por su parte, en la zona adyacente al piedemonte, la precipitación está más influenciada por la región Andina, lo cual le confiere una tipología bimodal (Pacheco & León, 2001).

De acuerdo con Rippstein et al. (2001), los Llanos Orientales de Colombia tienen tres características distintivas: una baja latitud, comprendida entre los 2° y los 5° de latitud norte; una baja altura sobre el nivel del mar, con un rango comprendido entre los 100 y los 300 m s. n. m., y la acción de los vientos a la que está sujeta la región en todas las direcciones, excepto al occidente, donde se levanta la barrera de los Andes. En ese sentido, el comportamiento climático de los Llanos se encuentra condicionado por el ritmo de los vientos y de las lluvias. Es así cómo, en el mes de enero, los Llanos Orientales están bajo la influencia de los vientos alisios, los cuales tienen una dirección suroeste-noreste; estos mueven las masas de nubes y crean condiciones para determinar la época seca. A partir del mes de marzo, la depresión atmosférica se mueve en dirección norte y las nubes se acumulan sobre los Llanos, lo que ocasiona el inicio de las precipitaciones en la región.

Las temperaturas ambientales son altas, con un promedio anual de 25 a 27 °C, con poca variación durante el año, con una estacionalidad marcada y con un régimen monomodal. El periodo seco se presenta de diciembre a marzo y en ese momento las temperaturas medias alcanzan los 30 °C. La amplitud de la temperatura (diferencia diurna/nocturna) puede ser alta (de 5 a 6 °C) en la época seca, pero es muy atenuada en la época lluviosa. Además, la humedad relativa supera el 80 % (IGAC, 2014a).

Por otra parte, la precipitación varía de acuerdo con las zonas en particular; por ejemplo, se registran valores de 3.600 mm en el piedemonte, en la parte central de la región fluctúa entre 2.600 y 2.800 mm, mientras que en el Vichada oscila entre 1.600 y 1.700 mm. La humedad relativa oscila entre el 60 y el 80 % en las zonas norte y central, mientras que, hacia la zona sur, fluctúa entre el 75 y el 90 %, lo mismo que en el occidente. Estos valores guardan mucha relación con la presencia y distribución de los diferentes ecosistemas naturales encontrados en la región (Pacheco & León, 2001).

Pacheco y León (2001) señalan que la Orinoquia es afectada por patrones climáticos semipermanentes, y, dentro de estos, la posición geográfica de Colombia está bajo la influencia de los vientos alisios del noreste y sureste, los cuales confluyen en una franja denominada *zona de confluencia intertropical* (ZCIT) y favorecen el desarrollo de nubosidad y lluvias en dicha región. De otro lado, el sistema de baja presión de la cuenca Amazónica repercute sobre la circulación atmosférica del sureste del país, debido fundamentalmente al calor latente de condensación y al efecto complementario de barrera que confiere la cordillera de los Andes, la cual canaliza el flujo de los vientos con dirección noreste. Finalmente, otro sistema, denominado *vaguada tropical de la alta tropósfera* (TUTT, por sus siglas en inglés), incide en el comportamiento del clima en la Orinoquia. Este tipo de sistema ocasiona una alta nubosidad que está sujeta a las condiciones de calor y humedad presentes, que inciden en las condiciones climáticas de la Orinoquia colombiana y venezolana y favorecen, así, las altas temperaturas.

Suelos característicos de la región

De acuerdo con el tipo de paisaje, existe una gran variabilidad edáfica. En tal sentido, los suelos de la altillanura son los más antiguos de los Llanos Orientales. En sus áreas planoconvexas, se encuentran suelos del orden oxisol, representados fundamentalmente por tres tipos: Haplustox, Haplorthox y Acrorthox. Por otra parte, en las áreas cóncavas se acumulan materiales y ceniza volcánica de las partes más altas, por lo cual se presentan suelos del orden inceptisol, donde predominan los Andaquepts, Plinthaquepts y Tropaquepts; otro orden que puede estar presente en la región es los ultisoles. En relación con la altillanura plana, dada su condición de relieve, esta es la más favorable para el desarrollo de sistemas agrícolas, además del piedemonte. Dicha zona se encuentra situada al sur del río Meta, desde Puerto López hasta la frontera con Venezuela, y posee un área aproximada de 60 kilómetros (km) de largo y entre 6 y 15 km de ancho, constituida principalmente por sedimentos aluviales. El paisaje está conformado en un 90 % por bancos altos y planos, con presencia de algunos bajos, y ríos que constituyen una red de drenaje natural (Rippstein et al., 2001).

Los suelos de la Orinoquia presentan pH bajos, altos niveles de aluminio intercambiable, óxidos de hierro (FeO), baja saturación de bases y problemas con la disponibilidad de fósforo (P). Debido a los bajos niveles de pH, es necesario el encalado del suelo. Igualmente, la disponibilidad de nutrientes es muy baja, lo que implica la necesidad de realizar fertilización edáfica para completar los requerimientos nutricionales del cultivo de plátano (Amézquita, Rao, Rivera, Corrales, & Bernal, 2013; IGAC, 2014a).

Por otro lado, la alternancia entre periodos de humedecimiento y secado del suelo promovió procesos de gleyzación o de formación de laterita en los suelos de esta región. Dichos procesos se caracterizan por la observación de moteados en los agregados del suelo, los cuales pueden ser de color gris, amarillo o rojizo. Además, se distingue la presencia de capas continuas de plintita, que, al quedar expuestas al aire, se transforman en petroplintita o en laterita (Rippstein et al., 2001).

En relación con las propiedades físicas, las heterogeneidades texturales hacen que se presenten algunos suelos con drenaje superficial e interno limitado, poca retención de agua en el perfil y procesos de sellado superficial que limitan el movimiento vertical del agua. De igual forma, se pueden presentar horizontes con enriquecimiento de arcillas a nivel subsuperficial que pueden generar problemas de compactación y poca movilidad de agua dentro del perfil del suelo (IGAC, 2014b).

Al respecto, Amézquita (1999) señala que las principales limitaciones físicas de los suelos de la Orinoquia están representadas por las siguientes condiciones: sellamiento y encostramiento superficial, alta densidad aparente, adensamiento y endurecimiento del suelo en época de sequía, baja velocidad de infiltración, baja estabilidad estructural, pobre distribución de tamaño de poros y continuidad de estos, poco espesor del horizonte A, susceptibilidad de erosión y alta producción de escorrentía.

En cuanto a la temperatura del suelo, esta es clasificada como hipertérmica por presentar valores superiores a los 24 °C, y se adiciona el prefijo *iso* por no presentar variaciones considerables a lo largo del año. En cuanto a la humedad del suelo, se puede encontrar régimen ústico en suelos oxisoles bien drenados con más de tres meses de sequía, mientras que, en suelos ultisoles de altillanura, el régimen es údico por presentar menor efecto de la sequía y suelos más húmedos (IGAC, 2014a).

Finalmente, en cuanto a las propiedades biológicas del suelo, la baja actividad de las arcillas y el bajo contenido de materia orgánica de los suelos en los Llanos Orientales hacen que la diversidad y actividad microbiana sea limitada para procesos benéficos de mineralización y disponibilidad de nutrimentos que se puedan dar en el suelo para las plantas (IGAC, 2014b).

La capacidad de uso de las tierras es clasificada como 4s; sin embargo, a medida que son más restrictivas las condiciones de sequía, se pueden presentar subclases 4sc, es decir: *s*, por limitación por suelo, y *c*, por limitación por sequía o estacionalidad marcada. Las limitaciones químicas son las más importantes, por lo cual determinan su ubicación en la clase 4. El manejo para solventar tales limitaciones pudiera llevar las tierras a clase 3. En tal sentido, los resultados de

un estudio sobre cobertura/uso del suelo entre los años 2010-2011 realizado por el IGAC concluyen que los conflictos de uso de las tierras en esta región vienen dados por los siguientes criterios: la subutilización (25 %), el uso adecuado (64 %) y la sobreutilización (9 %). Vale la pena destacar que diez años antes de estos resultados, la subutilización era del 61 %, y el uso adecuado, del 30 %, lo cual puede evidenciar una mejora en estos indicadores de uso de la tierra en la región (IGAC, 2014a).

Capítulo III

Descripción botánica, taxonomía y clasificación

El plátano es una planta semiperenne que pertenece a la familia Musaceae, y se caracteriza porque se propaga de forma asexual mediante estructuras botánicas vegetativas. Existe una diversidad de clones dentro de los plátanos, los cuales tienen diferentes rangos de adaptación en cuanto a clima y suelo se refiere. El hombre, a través de procesos de selección y con base en características agronómicas, ha mantenido atributos deseables en la planta relacionados con el porte, vigor, rendimiento y calidad del fruto. A continuación, se presentan las características más resaltantes del clon 'Hartón', el cual es el material predominante para la zona de los Llanos Orientales.

Botánica de la planta

Una planta de plátano posee una serie de órganos que cumplen funciones elementales para el desarrollo de la misma, esto garantiza un adecuado desempeño productivo bajo condiciones del cultivo. De esta forma, se señalan a continuación las principales características botánicas del clon 'Hartón'.

Sistema radical

En cuanto a la morfología del sistema radical, este corresponde a un sistema fasciculado y fibroso, conformado por raíces primarias, secundarias y terciarias y los pelos absorbentes. Las raíces se originan de los nudos del cormo, en grupos de tres a cuatro, y surgen mayormente de la parte superior de este y su número disminuye hacia la parte inferior. El sistema radical de la planta, cuando es propagado a través de colinos, es adventicio. Las raíces tienen normalmente de 5 a 8 mm de espesor y son de color blanco y carnosas al principio, y se tornan, luego, algo suberosas con el tiempo (Stover & Simmonds, 1987). En cuanto a su consistencia, a edades tempranas, son sumamente frágiles, pero con el tiempo se

tornan más resistentes, aun cuando continúan siendo flexibles. Pueden variar en número con el estado de salud de la planta: un cormo sano puede contar con entre 200 y 300 raíces (Belalcázar, Rosales, & Pocasangre, 2003).

Por su parte, Turner (2003) señala que las características estructurales y anatómicas más resaltantes de las raíces en *Musa* son: pelos absorbentes abundantes y extensos en raíces primarias y laterales; aerénquima lisígeno, que incrementa el flujo de gases por las raíces; xilema de vasos grandes, que hacen que las raíces sean sensibles a la caída de plantas; ausencia de hipodermis, que podría reducir la pérdida de oxígeno, y una estructura y anatomía que proporciona un ambiente idóneo para microorganismos que causan daños o enfermedades o, bien, para otros que mejoran la absorción de nutrientes en interacciones benéficas.

El mismo autor señala algunas características importantes del desarrollo, la arquitectura y la fisiología de los sistemas radicales del plátano, tales como:

- El retoño o hijo produce raíces primarias (adventicias) solamente durante el ciclo vegetativo, lo que puede crear un problema para el retoño si las raíces envejecen temprano o si son afectadas por agentes causales de deterioro.
- El traslape de distintas generaciones de plantas en la cepa promueve la toma de agua y nutrimentos al haber raíces de diferentes edades.
- Las raíces primarias crecen en forma radial desde el cormo, lo cual trae como desventaja la poca extensión lateral y en profundidad del sistema radical, lo que restringe además el volumen de suelo de donde pueden tomar agua y nutrientes.

Cormo

El cormo es el tallo verdadero de la planta, es una estructura cónica o asimétrica formada por muchos entrenudos cortos; da origen al pseudotallo y a otras yemas que serán brotes o hijos. El cormo se compone básicamente de tejido parenquimatoso, en el que se distinguen dos zonas: la zona cortical, la cual es de color más claro, y la zona vascular, la cual es un cilindro oscuro y compacto distribuido irregularmente dentro del cormo (Simmonds, 1973).

Los nudos se encuentran muy agrupados y en cada uno hay una hoja cuya base foliar se extiende lateralmente hasta circundar el cormo. En las hojas bien desarrolladas, así como en las escuamiformes, se presenta una sola yema lateral, la cual representará el futuro retoño o colino. En tal sentido, normalmente dos o tres yemas laterales de la parte media o superior del cormo son las que desarrollan nuevos hijos, por lo que estas tienden a salir cada vez más cerca de la superficie del suelo (Soto Ballester, 2008).

Por su parte, las yemas laterales en el cormo dan origen a los colinos, los cuales se desarrollan desde la zona interna o central y emergen a la superficie del cormo por la base del entrenudo. La posición de las yemas guarda una relación muy estrecha con la distribución de las hojas en el pseudotallo. De esta forma, el patrón filotáxico varía con la edad: en plantas jóvenes, es de 1/3; luego, pasa a 2/5, a 3/7, hasta llegar a 4/9 en plantas adultas (Belalcázar, 1991).

Para el caso de musáceas, un cormo bien desarrollado puede tener un diámetro de entre 25 y 40 centímetros (cm) y un peso comprendido entre 7 y 11 kg, dependiendo del clon y la edad de la planta madre. En tal sentido, los cormos que se utilizan para la propagación en plantaciones comerciales pueden oscilar entre 0,5 y 4 kg (Soto Ballester, 2008). Una serie de cambios ocurre a medida que avanza la edad del cormo. Primero, la epidermis se cutiniza considerablemente y adquiere, de esa forma, un aspecto lustroso característico. Segundo, por las tensiones internas causadas por el crecimiento, se producen hendiduras longitudinales de la piel del cormo, seguidas de una suberización de las capas inmediatamente inferiores a la rajadura (Simmonds, 1973).

A medida que la planta se aproxima a su etapa de floración, la parte central del cormo comienza un proceso de esclerotización en sentido base-ápice; esto provoca que las raíces basales se inactiven y que se vea igualmente afectada la emisión de colinos en las zonas esclerotizadas. Debido a ello, resulta importante que para ese momento ya existan hijos bien desarrollados en la parte media o superior del cormo que posean un sistema radical funcional ya conformado, para garantizarle la adecuada toma de nutrimentos y agua a la planta madre, debido a la conexión vascular existente entre esta y el colino (Soto Ballester, 2008).

Pseudotallo

Esta estructura foliar tiene su origen en la túnica meristemática apical del tallo subterráneo o cormo, de tal modo que el pseudotallo está conformado por las vainas de las hojas fuertemente imbricadas, lo que da la forma cilíndrica de la parte aérea de la planta. Tiene la función de sostener el sistema foliar y la inflorescencia, así como de movilizar el agua y los nutrimentos hacia la parte aérea de la planta. La altura y el grosor varían con el tipo de clon, la densidad poblacional utilizada, el estado nutricional y otros factores edafoclimáticos (Belalcázar, Rosales, & Espinoza, 2003).

Sistema foliar

La lámina foliar está compuesta por dos semilimbos, la nervadura central, nervaduras laterales o secundarias y, finalmente, las bandas pulvinares. En general, la hoja posee forma ovalada, con su extremo apical romo o cónico y el basal auricular. Su color depende del estado nutricional, bajo condiciones normales, es verde oscuro en el haz y verde claro en el envés, con mayor cantidad de estomas en esa superficie de la hoja. El grosor de la hoja es más reducido en los bordes y aumenta gradualmente hacia la nervadura central (Simmonds, 1973).

En cuanto al desarrollo foliar, la hoja adquiere su tamaño y forma antes de emerger del pseudotallo, pero, cuando se presenta, lo hace de manera enrollada, lo cual es denominado comúnmente como *hoja cigarro*. El desdoblamiento se inicia por el extremo apical correspondiente al semilimbo izquierdo y avanza hacia abajo a medida que la base va saliendo del pseudotallo como consecuencia del crecimiento de la vaina que soporta la hoja. La duración de este proceso está condicionada por las condiciones ambientales, pero, por lo general, dura unos 9 días. Posteriormente, el ritmo de emisión foliar varía de acuerdo con las condiciones ambientales de la zona de producción, pero, en el caso de los Llanos Orientales, el promedio es de una hoja cada 7 días. Una planta puede emitir, durante todo su ciclo, aproximadamente 38 hojas (Belalcázar, 1991).

La nervadura central, aparte de soportar los semilimbos, tiene la función de transportar los fotoasimilados producidos en la planta. Las nervaduras secundarias no son ramificadas y pueden ser prominentes o no. Entre estas, existe una serie de nervaduras pequeñas, difícilmente visibles, las cuales pueden terminar en el borde de la hoja. Finalmente, las bandas pulvinares, localizadas en el punto de unión de los semilimbos con la nervadura central, son estructuras sólidas estrechas, fácilmente diferenciables por su color verde amarillento. Estas poseen una gran importancia, ya que son las responsables de los movimientos de los semilimbos frente a las condiciones favorables o desfavorables del clima y la humedad del suelo. Por ejemplo, en condiciones de sequía y déficit hídrico, se pliegan hacia la parte interior, para evitar pérdidas de agua por transpiración. Por el contrario, si la temperatura y la humedad son apropiadas, las hojas se colocan desplegadas y en plano horizontal frente a la incidencia de la luz solar. En tal sentido, las bandas pulvinares actúan como bisagras de las hojas (Simmonds, 1973).

Finalmente, el pseudopeciolo es la porción de la hoja que une la vaina con la nervadura central y está formado aparentemente por una contracción gradual de la parte superior de la vaina foliar. Posee tejidos epidérmicos ricos en celulosa, así como hipodérmicos lignificados, y alta concentración de haces vasculares (Belalcázar, 1991).

Inflorescencia

La estructura de la inflorescencia se desarrolla en el interior del pseudotallo y se presenta cuando ha ocurrido una serie de procesos fisiológicos en la planta inherentes a la formación del racimo. Se origina a partir del ápice o meristemo vegetativo, localizado en el centro del cormo. Dicho ápice posee una forma achatada y está compuesto por dos zonas meristemáticas: la primera, la túnica, está compuesta por una capa delgada de células superficiales, y la segunda, denominada *cuerpo*, está localizada debajo de la túnica. Todo este conjunto se encuentra protegido por primordios foliares fuertemente imbricados y previamente diferenciados (Simmonds, 1973).

A partir del momento de la diferenciación floral, la inflorescencia pasa por todo el pseudotallo hasta que finalmente emerge la bellota o bacota, la cual es una

estructura ovoide y de coloración violácea conformada de afuera hacia adentro por las brácteas que cubren las flores pistiladas o femeninas y las estaminadas o masculinas. Las brácteas cubren las flores femeninas, que, cuando su ovario se engrosa, este da origen a los frutos o dedos, los cuales se caracterizan por ser partenocárpicos, es decir, porque se forman sin intervención directa de la polinización. El racimo está conformado por un eje central o raquis en el cual están insertas las manos, que a su vez están formadas por un número determinado de dedos, de acuerdo con el tipo de clon. El proceso de aparición de las manos en el racimo dura aproximadamente quince días una vez emergida la bacota (Belalcázar, 1991).

Los frutos de plátano, una vez alcanzado su adecuado grado de madurez, por cada 100 gramos (g) de pulpa, están conformados en su mayor proporción por agua (66,2 %), así como por otros componentes químicos de naturaleza orgánica o inorgánica, tales como carbohidratos (30,7 %), proteínas (1,3 %), fibra (1,1 %), grasas (0,3 %) y cenizas (0,8 %). El número de calorías alcanza valores alrededor de 122. En relación con el contenido de vitaminas, tienen contenidos moderados de retinol (58 microgramos [µg]), ácido ascórbico (20 miligramos [mg]), tiamina (0,06 mg), niacina (0,6 %) y riboflavina (0,04 %). Por su parte, en cuanto a los componentes químicos de naturaleza inorgánica, posee las siguientes proporciones de elementos: potasio (1,1-3,6 %), nitrógeno (0,28-1,8 %), fósforo (0,07-0,4 %), magnesio (0,12-0,35 %), calcio (0,06-0,18 %), azufre (0,04-0,23 partes por millón [ppm]), boro (5-30 ppm), hierro (46-54 ppm), manganeso (3,1-3,5 ppm), zinc (2,5-40 ppm) y cobre (2,4-10 ppm) (Moreiras, Carvajal, Cabrera, & Cuadrado, 2013).

Origen, taxonomía y clasificación

Con respecto al centro de origen del plátano, se ha considerado que es la región de la península Malaya, en el sureste asiático. Proviene de sus especies ancestrales *Musa acuminata* y *Musa balbisiana*, que, en su proceso de evolución, sufrieron cruzamientos e hibridaciones y dieron origen a los clones comestibles. De Asia fueron llevados por diferentes vías: los navegantes árabes los llevaron hacia África oriental; seguidamente, los portugueses los llevaron desde África

hasta la costa oriental de Suramérica, hoy Brasil, y, de igual forma, los españoles los trasladaron, posteriormente, al Nuevo Mundo en las Antillas. En este último caso, se atribuye al fray Tomás de Berlanga su introducción en el continente americano en el año 1516, proveniente de las Islas Canarias, a la *Hispaniola*, hoy Santo Domingo, República Dominicana, de acuerdo con lo referido por Oviedo en su *Historia general y natural de las Indias* (Soto Ballester, 2008). Simmonds (1973), señala que los primeros clones en ser vistos en el Nuevo Mundo fueron el Silk Fig y el French Plantain, correspondientes al denominado banano Manzano (*Musa* AAB) y al plátano Dominicano (*Musa* AAB), respectivamente.

La taxonomía correcta es la de Simmonds (1973), por lo cual es incorrecto denotar al plátano por la clasificación binomial de Linneo (*Musa paradisiaca*). En dicha categorización, Simmonds considera dos factores. El primero es la ploidía o fórmula cromosómica de cada material; en tal sentido, las musáceas pueden ser diploides (22n), triploides (33n) o tetraploides (44n). Por otro lado, el segundo aspecto guarda relación con el nivel de aporte o proporción de sus ancestros, los cuales se pueden resumir en dos especies: *M. acuminata* y *M. balbisiana*, aunque estudios moleculares más recientes señalan la contribución menor de otras especies, tales como *Musa shizocarpa* (genoma S) y *Musa textiles* (genoma T), en los procesos de hibridación (Smith, Hamill, Beker, & Dale, 2005).

De este modo, los plátanos pertenecen al grupo AAB y son híbridos triploides con dominancia acuminata. En cuanto a los clones, estos poseen una clasificación en subgrupos, en los cuales se distinguen los materiales Dominicano (*Musa* AAB, subgrupo plátano tipo French), 'Hartón' y 'Dominico-Hartón' (*Musa* AAB, subgrupo plátano tipo Horn). La taxonomía completa se presenta a continuación:

Reino: Plantae
División: Magnoliophyta
Clase: Liliopsida
Orden: Zingiberales
Familia: Musaceae
Subfamilia: Musoideae
Género: *Musa*
Sección: Eumusa

Capítulo IV

Caracterización y tipologías de los sistemas de producción de plátano en los Llanos Orientales

La información que se obtiene en el cultivo de plátano, para diferenciar los distintos sistemas productivos, es muy escasa y tiene criterios simples, asociados fundamentalmente al tamaño de las áreas de siembra. Es por ello que, se realizó un estudio más detallado en los Llanos Orientales, a través del cual se identificó una serie de indicadores y parámetros, los cuales permiten hacer una clasificación más robusta y funcional de los diversos sistemas de producción encontrados en la región. A continuación, se presentan los resultados encontrados en las unidades de muestreo seleccionadas en cada departamento.

Caracterización del sistema de producción

Este trabajo se realizó en los departamentos de Meta, Casanare y Arauca, con el objetivo de caracterizar los sistemas productivos e identificar tipologías de productores de plátano en la región de los Llanos Orientales. En cada departamento se seleccionaron dos municipios referentes de la producción de plátano. Estos municipios fueron: Granada y Fuentedeoro (Meta); Aguazul y Pore (Casanare), y Tame y Saravena (Arauca). Para tal fin, se diseñó y aplicó una encuesta diagnóstica a través de la cual se obtuvo información técnica, productiva y económica, con un tamaño de muestra de 98 productores seleccionados bajo los criterios de experiencia, tradición y conocimiento del cultivo.

La aplicación de las encuestas se realizó bajo dos técnicas de recolección de información: grupal y personalizada. La primera se desarrolló con grupos de productores miembros de asociaciones; la segunda se realizó directamente en predios con cada productor, y en ambas se diligenció la encuesta bajo la dirección de personal del Centro de Investigación (CI) La Libertad, de AGROSAVIA.

Después de recopilar la información, se realizaron las siguientes actividades: tabulación, procesamiento, análisis e interpretación de resultados. A través del análisis exploratorio de correspondencias múltiples (ACM) y de conglomerados fue posible agrupar a los productores, a partir de las variables con respuestas homogéneas, en tipologías de productores diferenciados. Las variables fueron área (ha), densidad de siembra (plantas/ha), fertilización, riego, control químico de plagas y enfermedades, control biológico de plagas, rendimiento (t/ha), costo promedio de la producción (pesos/ha) y asistencia técnica.

Cada variable estaba a su vez representada por una serie de categorías, y, dentro de estas, las que mayormente aportaron al porcentaje de variación acumulado fueron: áreas mayores a 10 ha; densidades de siembra de 1.600 plantas/ha, 2.000 plantas/ha y no tradicionales; ausencia de fertilización; control biológico de plagas; bajos rendimientos (<15 t/ha), intermedios (15-35 t/ha) y altos (>35 t/ha), y bajos, intermedios y altos costos de producción, que oscilaron entre cifras menores a 7 millones y mayores a 15 millones de pesos/ha.

Mediante la aplicación del análisis combinado, se pudieron determinar cuatro grupos o tipologías de productores de plátano en los Llanos Orientales, con base en la población muestreada, los cuales se describen a continuación:

- Grupo 1: está conformado por el 53 % de los productores. En su mayoría, este grupo se caracteriza por tener áreas cultivadas mayores a 10 ha, con acompañamiento técnico. Utilizan altas densidades de siembra (2.500 plantas/ha), a un solo ciclo de producción, con rendimientos de entre 30 y 35 t/ha y una inversión de entre 11 y 15 millones de pesos/ha. Este grupo presenta un esquema de prácticas de cultivo tendientes a optimizar la producción, ejecuta planes de fertilización, aplica control biológico para la protección del cultivo e implementa sistema de riego.
- Grupo 2: representa el 13 % de los productores encuestados. Se diferencian del grupo 1 por presentar densidades de siembra más bajas (entre 2.000 y 2.500 plantas/ha), en áreas mayores a 10 ha, con inversiones mayores a 15 millones de pesos/ha y con rendimientos superiores a las 35 t/ha. Además, hacen un manejo intensivo del cultivo.
- Grupo 3: comprende el 27 % de la población muestral y se caracteriza por poseer áreas de entre 5 y 10 ha de plátano, sin acompañamiento técnico.

Utilizan diferentes densidades de siembra, en un rango entre 816 y 2.222 plantas/ha. No implementan sistema de riego y las prácticas de protección del cultivo están orientadas al control químico. Los costos de producción oscilan entre 7 y 11 millones de pesos/ha con rendimientos de 15 a 25 t/ha.

- Grupo 4: agrupa el 7 % de los productores, los cuales se distinguen por tener áreas menores a 5 ha. No fertilizan, no cuentan con asistencia técnica, realizan una inversión menor a los 7 millones de pesos/ha y obtienen una producción menor a las 15 t/ha.

De esta manera, al interpretar los grupos de productores encontrados y las características o variables que los definen, se puede hacer un planteamiento con base en el tipo de manejo del sistema productivo, su productividad y adopción tecnológica, así como en el uso de recursos financieros. En tal sentido, se proponen cuatro tipologías de productores con base en el sistema productivo de los Llanos Orientales (Arauca, Casanare y Meta) y la población muestral considerada:

- Tipología 1: productores con alta productividad, alta adopción tecnológica y alta inversión financiera. Se corresponde con el grupo 2.
- Tipología 2: productores con mediana productividad, alta adopción tecnológica e intermedia inversión financiera. Se corresponde con el grupo 1.
- Tipología 3: productores con mediana productividad, baja adopción tecnológica y baja inversión financiera. Se corresponde con el grupo 3.
- Tipología 4: productores con baja productividad, baja adopción tecnológica y baja inversión financiera. Se corresponde con el grupo 4.

Por último, las tipologías definidas están relacionadas directamente con la ubicación geográfica del productor; es así como la tipología 1, en su gran mayoría, está representada por productores del departamento del Meta, con un porcentaje de participación del 28,5 %; la tipología 2, por productores del departamento de Casanare, con un 6,1 %; la tipología 3, por productores del departamento de Arauca, representada con un 21,4 %, y la tipología 4, nuevamente por el departamento de Casanare, con un porcentaje de participación del 6,12 % (figura 2).

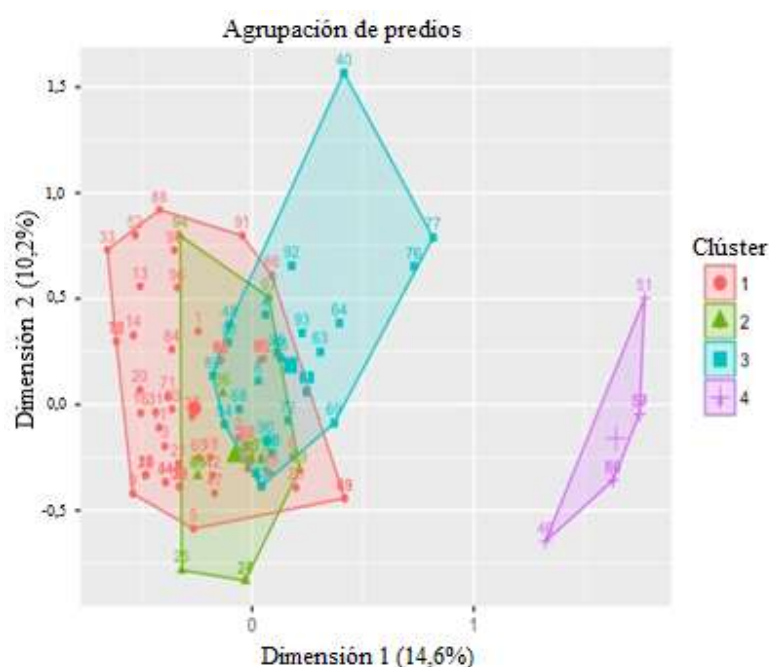


Figura 2. Tipologías definidas de acuerdo con la agrupación de productores.

Nota: numeración 1-33: productores del departamento del Meta; 34-60: productores del departamento del Casanare; 61-98: productores del departamento de Arauca. Dim: dimensiones; clúster: agrupaciones por tipología de productor.

Fuente: Elaboración propia

Los resultados encontrados con este tipo de análisis permiten establecer criterios más precisos de clasificación de sistemas productivos de plátano o tipologías de agricultores, en función de elementos de carácter técnico propios de la condición del manejo del cultivo y de las relaciones funcionales con el entorno social y de comercialización. De esta forma, se aportan características diferenciales robustas que distinguen al cultivo de clasificaciones rígidas y simples, normalmente aplicadas a los productores de plátano en función del área de siembra: pequeños (entre 1 y 5 ha), medianos (entre 6 y 15 ha) y grandes (mayor a 16 ha).

Monitoreos y seguimiento en campo del desarrollo y la producción de plátano

Adicional a las encuestas, se realizó un monitoreo y seguimiento de variables de desarrollo y productivas del cultivo de plátano, en fincas ubicadas en dos municipios de los departamentos de Arauca, Casanare y Meta. Los municipios seleccionados se corresponden con los más importantes en cuanto al área y la producción del cultivo. La ubicación de predios evaluados se presenta en la tabla 4.

Tabla 4. Ubicación de los predios seleccionados para el monitoreo y seguimiento del desarrollo del cultivo de plátano, 2017

Departamento	Municipio	Vereda
Meta	Granada	Los Maracos
		Trocha 12
	Fuentedeoro	Puerto Poveda
Arauca	Tame	El Botalón
	Saravena	Charo Dique
Casanare	Pore	La Plata
	Aguazul	La Victoria

Fuente: Elaboración propia

Para este ejercicio, se definieron tres estados fenológicos diferentes en cada uno de los predios seleccionados:

- Estado inicial
- Estado de desarrollo vegetativo
- Estado de producción

En cada uno de los lotes seleccionados se realizaron evaluaciones con una frecuencia mensual. Es importante resaltar que, para los departamentos de Arauca y Casanare, los lotes en estado inicial y en desarrollo vegetativo a los cuales se les realizó seguimiento tenían la misma edad fenológica y que, por el contrario, los lotes del departamento del Meta tenían dos meses más que estos. Con la información obtenida de los lotes evaluados, se organizó una base de datos por edad del cultivo y, posteriormente, se realizó un análisis descriptivo de esta mediante el paquete estadístico Infostat, versión 2016.

Para los lotes en producción de cada departamento, los datos se tomaron durante la cosecha, es decir que la información recolectada se organizó en una base de datos y posteriormente se realizó una comparación de medias con la prueba de Tukey ($\alpha = 0,05$), a través del paquete estadístico Infostat, versión 2016.

Para la toma de datos, se tomaron e identificaron al azar diez plantas por lote y se llevó un registro continuo de las variables de desarrollo a lo largo del ciclo productivo. Las variables evaluadas fueron:

A. Lote inicial

1. Fecha de siembra
2. Altura de la planta
3. Grosor del tallo a 50 cm
4. Grosor del tallo a 1 metro (m)
5. Número de hojas totales
6. Número de hojas funcionales

B. Lote en desarrollo vegetativo

1. Fecha de siembra
2. Altura de la planta
3. Grosor del tallo a 1 m
4. Número de hojas totales
5. Número de hojas funcionales
6. Número de días desde la siembra hasta la floración
7. Número de días desde la floración hasta la cosecha
8. Número de días desde la siembra hasta la cosecha

C. Lote en producción

1. Número de días desde la siembra hasta la cosecha
2. Peso de racimo
3. Número de manos
4. Número de dedos por mano
5. Longitud del dedo central de la segunda mano
6. Grosor del dedo central de la segunda mano
7. Peso del dedo central de la segunda mano

Variables de desarrollo del cultivo

En las figuras 3, 4 y 5 se presentan los valores relacionados con las variables de desarrollo del cultivo en cuanto a altura de la planta, diámetro del pseudotallo, número de hojas totales y número de hojas funcionales. Del mismo modo, se señalan las fechas promedio de floración en las curvas de crecimiento. Los datos se presentan por cada municipio en los tres departamentos evaluados.

Departamento del Meta

En la figura 3 se muestran los resultados de los municipios de Granada y Fuentedeoro, que presentan valores y tendencias similares en cuanto al vigor de la planta, reflejado en las variables de altura y grosor del pseudotallo a 50 y 100 cm. En cuanto a la altura de la planta, los valores oscilaron entre 3,59 y 3,61 m; mientras que el grosor del pseudotallo a 50 cm estuvo entre 19,72 y 19,88 cm, el diámetro a 100 cm se presentó entre 16,6 y 18,2 cm. Estos valores se corresponden con los señalados por Belalcázar (1991) para el cultivo de plátano 'Hartón'.

Es necesario destacar que la floración de la planta es un momento determinante para esta, pues, cuando este ocurre, cesa el crecimiento y la emisión de hojas nuevas, y, por lo tanto, como se evidencia en las gráficas de desarrollo de la planta, en esta fase se estabiliza la curva de crecimiento. Para los resultados encontrados en las evaluaciones de seguimiento del cultivo, los días desde la siembra hasta la floración en Granada y Fuentedeoro fueron 246 y 263, respectivamente.

En relación con el número de hojas totales y funcionales, en ambos municipios la tendencia es decreciente y disminuye a medida que avanza el ciclo de la planta. En tal sentido, es deseable, para un correcto llenado del racimo, que la planta llegue al momento de floración con 10-12 hojas funcionales o fotosintéticamente activas.

Los resultados de las evaluaciones realizadas permiten inferir que para ambos municipios el número de hojas funcionales al momento de floración estuvo alrededor de 8, con lo cual puede afectarse el potencial de rendimiento, ya que después de la floración cae drásticamente el número de hojas de la planta,

principalmente por afectación de sigatoka y por labores de deshoje sanitario que hacen los agricultores para disminuir la presión de inóculo del patógeno.

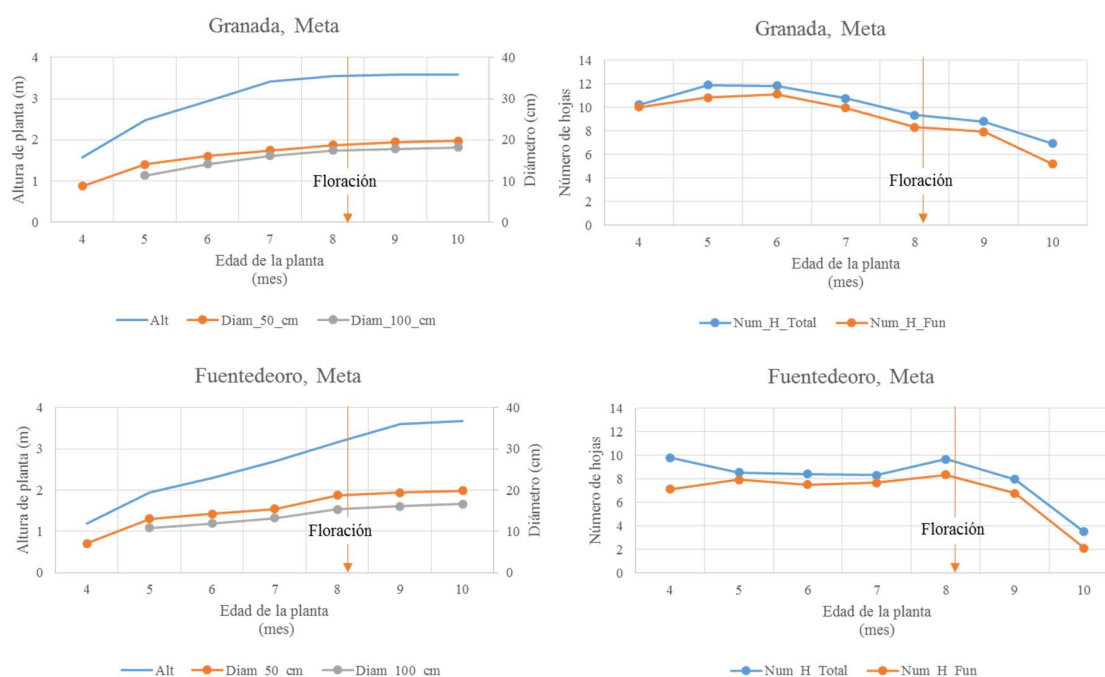


Figura 3. Variables de desarrollo en el cultivo de plátano para los municipios de Granada y Fuentedeoro, Meta, 2017.

Nota: Alt: altura; Diam_50_cm: diámetro a 50 cm; Diam_100_cm: diámetro a 100 cm; Num_H_Total: número de hojas totales; Num_H_Fun: número de hojas funcionales.

Fuente: Elaboración propia

Departamento del Casanare

Para los municipios de Pore y Aguazul, en Casanare, los resultados se presentan en la figura 4. Con respecto a las variables asociadas al vigor de la planta, la altura osciló entre 2,91 y 3,05 m. El diámetro a 50 cm se presentó entre 16 y 16,9 cm, mientras que, a 1 m, estuvo entre 13,6 y 14 cm. Estos valores se corresponden con los reportes señalados para el cultivo de plátano 'Hartón' (Belalcázar, 1991). Los días desde la siembra hasta la floración para Aguazul y Pore fueron 205 y 259, respectivamente.

Con respecto a las hojas de la planta, el número de hojas totales y funcionales estuvo dentro de los rangos óptimos para Aguazul (11,75 hojas funcionales al momento de floración) y un poco inferior al límite crítico señalado en el caso de Pore (9,04 hojas funcionales).

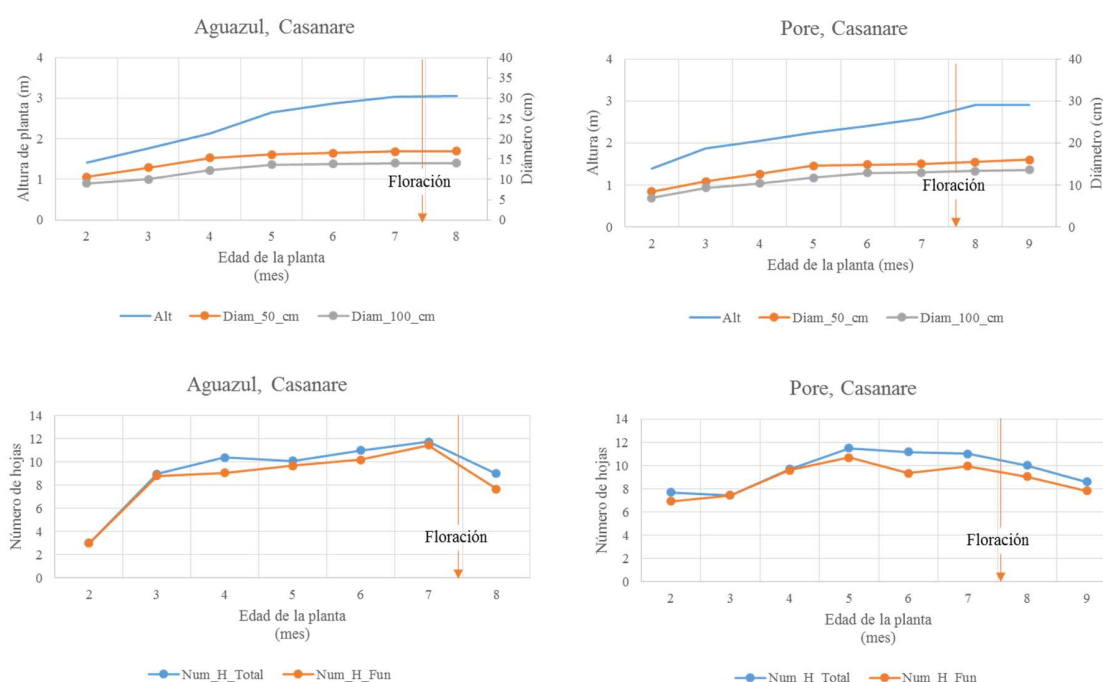


Figura 4. Variables de desarrollo en el cultivo de plátano para los municipios de Aguazul y Pore, Casanare, 2017.

Nota: Alt: altura; Diam_50_cm: diámetro a 50 cm; Diam_100_cm: diámetro a 100 cm; Num_H_Total: número de hojas totales; Num_H_Fun: número de hojas funcionales.

Fuente: Elaboración propia

Departamento de Arauca

Los resultados correspondientes a las evaluaciones realizadas en los municipios de Tame y Saravena se presentan en la figura 5. Al respecto, la altura de la planta fue de 3,1 y 3,29m, respectivamente. En cuanto al diámetro del pseudotallo a 50 cm, los valores oscilaron entre 19 y 20,6 cm, y en el caso del diámetro a 100 cm, los valores estuvieron entre 16,6 y 17,5 cm. Con respecto al

momento de floración, para los municipios de Tame y Saravena, las plantas en promedio tardaron 242 y 234 días, respectivamente.

En cuanto a las hojas emitidas al momento de floración, se observó que en Tame las hojas totales fueron 12,1, y en Saravena, 9,5. En cuanto al número de hojas funcionales o fotosintéticamente activas para esa misma fecha, se contabilizaron 10,85 en Tame y 8,78 en Saravena. De acuerdo con los valores definidos por Belalcázar (1991) para el clon 'Hartón', los valores obtenidos en Tame son considerados adecuados para un buen llenado del racimo, situación contraria en Saravena, donde la altura y el número de hojas fueron inferiores al límite crítico señalado para este clon.

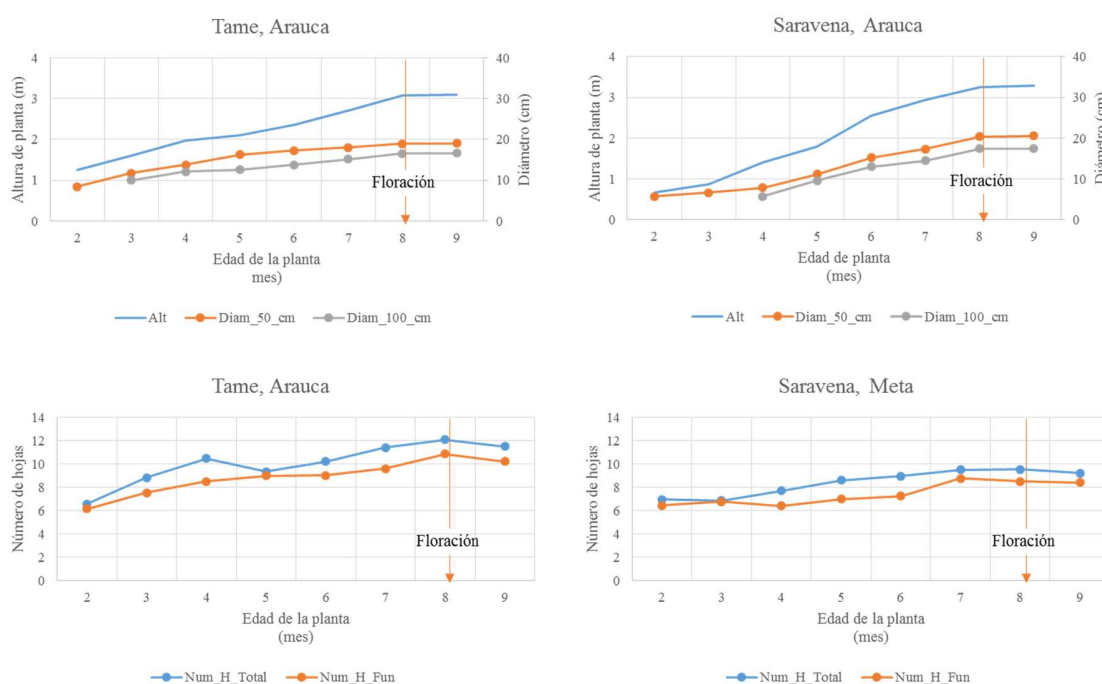


Figura 5. Variables de desarrollo en el cultivo de plátano para los municipios de Tame y Saravena, Arauca, 2017.

Nota: Alt: altura; Diam_50_cm: diámetro a 50 cm; Diam_100_cm: diámetro a 100 cm; Num_H_Total: número de hojas totales; Num_H_Fun: número de hojas funcionales.

Fuente: Elaboración propia

Variables productivas y de calidad de fruto

Con respecto a las variables asociadas a la producción y calidad de la fruta, en la tabla 5 se presentan los resultados obtenidos en las diferentes parcelas de seguimiento para cada departamento considerado.

En cuanto al peso del racimo, no se presentaron diferencias entre los departamentos, lo cual indica que el nivel de producción en las parcelas de los agricultores seleccionados permitió obtener producciones por planta relativamente homogéneas: se encontraron valores de entre 15,48 y 16,80 kg/racimo.

Tomando en consideración las variables asociadas a la calidad de la fruta, se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas en todos los parámetros estudiados. En cuanto al número de manos/racimo, se encontró un ligero aumento en el departamento de Arauca con respecto a los otros departamentos evaluados. No obstante, estos valores son normales para el clon 'Hartón' sembrado en la región, el cual presenta entre 5 y 7 manos/racimo (Belalcázar, 1991; Martínez, 1998). La misma tendencia se presentó en el caso del número de dedos en la segunda mano. Vale la pena destacar que esta mano es la que se considera representativa para evaluaciones de calidad en el racimo y los atributos de los dedos (figura 6). En tal sentido, los valores encontrados en el departamento de Arauca superaron a los de Casanare y Meta (6,8, 6,25 y 5,95, respectivamente).

Con esto, se podría inferir que existe una selección clonal por parte de los agricultores que permite tener materiales con ciertos atributos diferenciales, factor interesante a tener en cuenta en los procesos de selección y multiplicación de semilla, considerando factores inherentes al clon en cuanto a rendimiento y calidad, así como a aspectos sanitarios.

Tabla 5. Parámetros de calidad de fruta para los lotes en estado de producción en cada departamento

Departamento	PR (kg)	NM	NDM	PDC2 (g)	LDC2 (cm)	GDC2 (cm)
Arauca	16,35 a	6,80 a	9,20 a	400 c	37,63 a	4,69 b
Casanare	15,48 a	6,25 ab	7,65 ab	460 b	34,23 b	5,06 a
Meta	16,80 a	5,95 b	7,45 b	510 a	31,07 c	5,11 a

Nota: PR: peso del racimo; NM: número de manos; NDM: número de dedos de la segunda mano; PDC2: peso del dedo central de la segunda mano; LDC2: longitud del dedo central de la segunda mano; GDC2: grosor del dedo central de la segunda mano. Las letras diferentes dentro de una misma columna se corresponden con diferencias estadísticamente significativas de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha = 0,05$).

Fuente: Elaboración propia

Con respecto al peso del dedo central de la segunda mano, los mayores valores fueron obtenidos en el departamento del Meta (510 g), seguido por Casanare (460 g) y por Arauca (400 g). A pesar de ello, se destaca el hecho de que todos los valores encontrados en las diferentes unidades de producción en los distintos departamentos evaluados indican una excelente calidad, con lo cual pueden perfectamente comercializarse sin dificultad, incluso en mercados de exportación, ya que la mayoría de las comercializadoras a nivel internacional exigen frutos con pesos superiores a 350 g (Rodríguez, Abreu, Rey, Lobo, & Muñoz, 2010).



Fotos: Equipo plátano, Cl La Libertad

Figura 6. Medición de parámetros de calidad de fruto; Fuentedeoro, Meta, 2017.

En relación con la longitud externa del dedo central de la segunda mano, los mayores valores se presentaron en el departamento de Arauca (37,63 cm), seguido por Casanare (34,23 cm) y, finalmente, Meta (31,07 cm). Estas longitudes cumplen con los estándares de comercialización para a nivel nacional y, además, para un hipotético mercado internacional, en el que la longitud exigida es de mínimo 25 cm (Rodríguez, Abreu et al., 2010).

Finalmente, para la variable de grosor del dedo central de la segunda mano, los mayores valores se encontraron en los departamentos de Meta y Casanare (5,11 y 5,06 cm, respectivamente), con una ligera disminución en el caso de Arauca (4,69 cm). No obstante, estos valores son adecuados para el clon 'Hartón' (Belalcázar, 1991; Soto Ballester, 2008) y no representan una limitación para la comercialización del producto.

Esto puede indicar el potencial de calidad que alcanzaría la fruta de la región en caso de tener los suficientes elementos de manejo del cultivo y la trazabilidad exigidos en mercados de exportación. En cuanto al mercado nacional, la clasificación a efecto de la comercialización es muy subjetiva, pues se basa en apreciaciones cualitativas en función del tamaño de la fruta y se distinguen tres categorías: primera, segunda y pica. Los precios se diferencian entre cada una de ellas y se hace una selección en el momento en el que el comercializador llega a la finca del agricultor para la compra de la fruta.

Capítulo V

Tecnologías de producción

Un sistema productivo contempla una serie de procesos y actividades en una secuencia ordenada desde el establecimiento del cultivo hasta la cosecha del mismo. La caracterización de cada una de estas etapas y labores culturales, para el caso del clon 'Hartón', se presentan a continuación.

Selección de lotes y muestreos de suelo

Al momento de la selección de los lotes para el establecimiento del cultivo de plátano, se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Conocer la historia productiva y sanitaria del lote
- Verificar evidencias de buen drenaje del suelo (superficial e interno)
- La disponibilidad de agua para riego
- Que las vías de acceso estén en buen estado
- Que haya facilidad en la región para conseguir maquinaria
- Que sea un lote de fácil mecanización
- Que el suelo cuente con adecuadas características físicas, químicas y biológicas

Para determinar las características fisicoquímicas y biológicas del suelo, se realiza la toma de muestras en campo de la siguiente manera (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [Corpoica], 2013):

1. Definir o seleccionar áreas homogéneas de terreno en la finca. Un área homogénea de terreno se puede definir en campo por sus características de relieve, color del suelo, textura, drenaje del suelo o manejo agronómico, entre otros factores.
2. Señalizar los puntos a muestrear en el lote de manera que cubran la representatividad del área que se va a sembrar.
3. Limpiar en cada punto la superficie del suelo con una pala o palín, con el fin de eliminar el material vegetal, entre otras cosas.
4. Hacer un hoyo en forma de triángulo o cuadrado en cada uno de los puntos seleccionados.

5. La muestra se debe tomar de la pared del hoyo (debido a que se quiere representar la profundidad escogida de acuerdo con el cultivo) y se deben eliminar los bordes de la muestra.
6. Repetir en cada punto seleccionado.
7. Todas las muestras se pueden depositar en un balde.
8. Al finalizar el muestreo, se debe mezclar bien el volumen de suelo. Posteriormente, hay que tomar una porción aproximada de 1 kg de suelo para análisis químico, si es el caso, 1 kg para análisis físico o 250-500 g para análisis microbiológico (este último se debe refrigerar de manera inmediata).
9. La porción tomada de acuerdo con el análisis debe colocarse en doble bolsa de plástico limpia, y entre bolsa y bolsa se debe colocar una identificación con la información del productor, el cultivo, el lugar y la fecha y la profundidad de la que fue tomada la muestra, debidamente diligenciada.
10. Finalmente, solo queda enviar o llevar la muestra al laboratorio.

Para el caso de muestras con fines de fertilidad (figura 7), se deben muestrear entre 10 y 15 puntos/ha, tomando una porción de suelo en cada punto y colocándola en un balde para cada profundidad (0-20 y 20-40 cm). Se debe utilizar una pala o un barreno para la toma de las muestras, teniendo en cuenta las profundidades antes descritas en el proceso de muestreo. Las muestras se deben llevar al laboratorio lo antes posible para su análisis.

Si el cultivo ya se encuentra establecido, se recomienda tomar la muestra en la zona de gotera de la planta (área de proyección de la copa de la planta). De igual forma, si el cultivo se encuentra sembrado en caballón, la muestra debe tomarse en la parte superior de este, evitando tomar del fondo del surco.

El análisis de suelo con fines de fertilidad proporciona información muy útil para establecer los planes de fertilización o para realizar correctivos o enmiendas que favorezcan un mejor aprovechamiento de los nutrientes en el suelo y permitan potenciar el rendimiento del cultivo. Los resultados de este tipo de análisis permiten considerar variables como: contenido de materia orgánica, pH del suelo, conductividad eléctrica y disponibilidad de macro y microelementos, importantes a tener en cuenta para poder ser eficientes con la nutrición de la planta y para tener buena productividad del cultivo.



Fotos: Equipo plátano, CI La Libertad

Figura 7. Toma de muestras de suelo para su análisis; Granada, Meta, 2017.

El cultivo de plátano posee unas exigencias nutricionales que deben tenerse en cuenta para que la planta exprese su potencial productivo. En tal sentido, en cuanto al pH del suelo, el cultivo se adapta bien en rangos de entre 5,5 y 7,5. Valores inferiores o superiores afectan la disponibilidad de nutrimentos y se ven afectados el desarrollo de la planta y el peso del racimo (Bedoya & Rodríguez,

2017). Con respecto al grado de salinidad del suelo, expresado por los valores encontrados de conductividad eléctrica en este, la planta comienza a verse afectada en diversas funciones cuando los valores son mayores a 1,5 decisiemens (dS)/m (Rodríguez, Abreu et al., 2010).

En cuanto a las propiedades físicas, existen dos formas de tomar muestras de suelo, las cuales diferenciarán el tipo de propiedad que se quiera o necesite evaluar. Con muestras alteradas de suelo (de forma similar a como se toman muestras para propiedades químicas), se puede obtener un análisis textural, el cual permite saber las proporciones de arena, limo y arcilla de ese suelo y, de esta forma, su textura. Esta propiedad tiene una marcada influencia sobre la adaptación del cultivo, la retención de humedad del suelo y el drenaje superficial y subsuperficial, entre otros factores, como cita Rodríguez y Lobo (2004). El plátano requiere suelos bien drenados, de texturas medias, que permitan una adecuada aireación del suelo, buena retención de humedad y la eliminación de posibles excesos que puedan ocasionar efectos desfavorables en el cultivo (Belalcázar, 1991).

Otras propiedades físicas del suelo, como la densidad aparente, la porosidad y la profundidad efectiva, afectan la estructura, la aireación y el drenaje interno, lo cual puede a su vez tener un efecto marcado en el desarrollo del sistema radical (figura 7). En tal sentido, el sistema radical de la planta es considerado débil y de crecimiento preferentemente lateral; dependiendo de si existen o no capas compactas subsuperficiales, variará su grado de penetración en el perfil del suelo (Bedoya & Rodríguez, 2017; Rodríguez & Lobo, 2004).

Para otro grupo de propiedades físicas importantes de considerar en los estudios edáficos, se deben tomar muestras no alteradas de suelo. Esto se hace por medio de un muestreo tipo Uhland, el cual consiste en introducir un cilindro de suelo a la profundidad deseada, con el que se obtiene un volumen de suelo no disturbado que permite analizar propiedades como: la densidad aparente (mg/m^3), la porosidad total (en porcentaje) y la conductividad hidráulica saturada (cm/h). Por su parte, la resistencia a la penetración es una propiedad que determina la capacidad exploratoria que puedan tener las raíces en el perfil del suelo. Estas variables se

relacionan con la estructura, la aireación, el movimiento del agua en el perfil y la cohesión del suelo, respectivamente (figura 8).

El conocimiento de las propiedades físicas y químicas del suelo permite hacer una correcta valoración de la aptitud del lote para el establecimiento del cultivo, así como para el diseño y la planificación de labores como la preparación del suelo, la conformación de drenajes y la planeación de la fertilización, entre otras, las cuales se deben tener en cuenta para el correcto desempeño agronómico de la planta en campo.

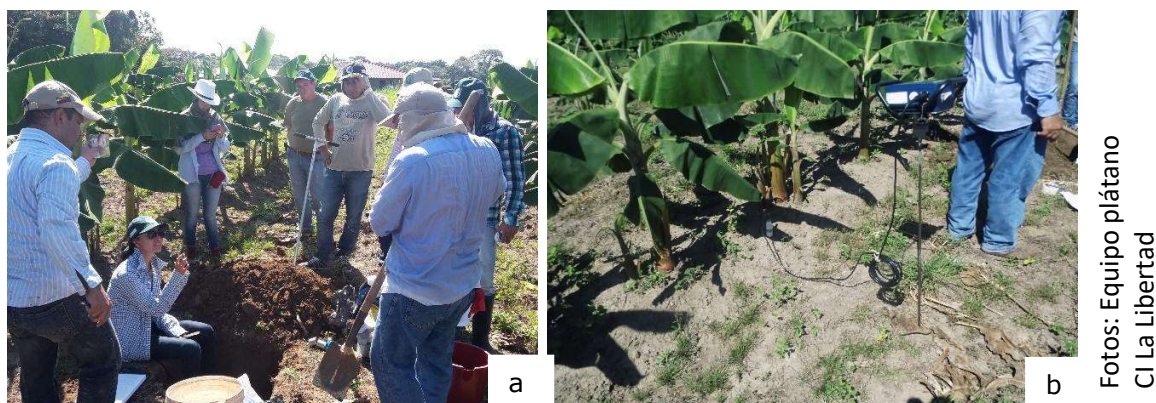


Figura 8. Toma de muestras de suelo para análisis de propiedades físicas; Yopal, Casanare, 2017. a. Calicata para muestras no disturbadas; b. Penetrologger para determinación de resistencia a la penetración.

En el suelo, es frecuente la presencia, en profundidad, de horizontes enriquecidos de arcilla, que dificultan el movimiento del agua y la compactación, por lo que limitan el desarrollo del sistema radical del cultivo y pueden causar el volcamiento de la planta (figuras 9 y 10).



Fotos: Equipo plátano
CI La Libertad

Figura 9. Crecimiento lateral de raíces en los primeros centímetros del suelo; Yopal, Casanare, 2017.



Fotos: Equipo plátano
CI La Libertad

Figura 10. Volcamiento de plantas por compactación subsuperficial; Yopal, Casanare, 2017.

Existe otro tipo de variables edáficas que son muy importantes para las dinámicas que se presentan en el suelo: las propiedades biológicas. En tal sentido, estas son, por lo general, las variables menos consideradas en las caracterizaciones edáficas; sin embargo, son determinantes en los procesos de los ciclos de los diferentes nutrientes del suelo, la disponibilidad o no de nutrientes y la mineralización de materia orgánica, entre otras muchas propiedades. Algunas variables que se tienen en cuenta son la biomasa microbiana, la respiración edáfica, el N y C totales, el índice de mineralización y el coeficiente metabólico, entre otros (Delgado et al., 2010; Rodríguez, 2009; Rosales et al., 2006).

Con respecto a los resultados encontrados en las encuestas realizadas a productores, aquellos indican que el 62,24 % de la población estudiada no realizaba

análisis de suelo. Por otro lado, el 37,76 % restante que los realizaba no tenía en cuenta tales resultados para sus planes de fertilización, pues mantenía esquemas tradicionales y empíricos en cuanto a dosis y frecuencias de aplicación. Esto puede deberse al desconocimiento en la interpretación de los resultados del análisis por parte de los agricultores y a la poca asistencia técnica con que se cuenta en la región para el apoyo en este tipo de decisiones.

Preparación y acondicionamiento del terreno

La preparación del suelo es un paso fundamental para el correcto establecimiento del cultivo en campo. Teniendo en cuenta el conocimiento de la textura, la estructura del suelo, la presencia de capas compactas en el perfil, la retención de humedad y el régimen de precipitación, entre otros factores, se pueden definir la forma y el tipo de acondicionamiento del terreno que se va a sembrar.

Si existen capas compactas en el perfil del suelo, se debe iniciar con un proceso de mecanización que permita romper esa barrera física, la cual puede afectar el anclaje de la planta o el movimiento del agua en capas profundas del suelo. Para ello, se puede realizar un pase de arado de cincel, que facilita la aireación y el movimiento vertical del agua en el perfil.

Seguidamente, se le debe dar al suelo una preparación que permita el correcto establecimiento de las plantas en campo, razón por la cual, dependiendo de su estructura y textura, se debe realizar una mecanización con base en pases de rastra, evitando el laboreo excesivo que pueda generar a futuro problemas de compactación.

El manejo del suelo para favorecer propiedades físicas que promuevan un adecuado desarrollo del sistema radical es de suma importancia para el establecimiento, el desarrollo y la productividad del cultivo. Diferentes estudios del efecto de la propiedades físicas, químicas y biológicas en musáceas se han realizado y han permitido establecer criterios e indicadores de salud y calidad de suelos que promueven una mejor respuesta del cultivo, así como estrategias de manejo con el fin de buscar mejores condiciones que permitan expresar su potencial productivo (Delgado et al., 2010; Lozano et al., 2015; Rodríguez, Abreu et al., 2010).

Encalado

Con el fin de reducir problemas químicos del suelo, se recomienda la aplicación de cal, preferiblemente dolomita (figura 11), ya que aporta dos nutrientes importantes, Ca y Mg; también aumenta la disponibilidad de macronutrientes y ayuda a mejorar la actividad microbiana del suelo, más allá de ser un medio para la neutralización de la acidez, pues eleva los niveles de saturación de bases del suelo (Raij, 2011). Para el desarrollo del plátano, se recomienda elevar la saturación de bases intercambiables del suelo alrededor de un 60 % (Teixeira, Spironello, Guaggio, & Furlani, 1996).

La aplicación de la cal se debe realizar como mínimo con 45 días de anterioridad al voleo en toda el área donde se va a realizar el cultivo e incorporándola en el suelo. Esto, con el fin de dar mejores condiciones para el desarrollo de las plantas y evitar que la cal compita en el complejo de intercambio con otros cationes importantes para el desarrollo del cultivo, tales como P, K y Mg. En tal sentido, el uso excesivo de aplicaciones de cal en el suelo puede afectar la disponibilidad de los nutrientes anteriormente señalados.

En diversas investigaciones se recomienda la actividad de encalar. En tal sentido, Furtini, do Vale, Resende, Guilherme y Guedes (2001) indican que con aplicaciones de cal se presentan aumentos de masa seca de la parte aérea y crecimientos en un 13 % del desarrollo radical. De la misma forma, Moreira, Arruda, Pereira, Gasparotto y Pereira (2005) señalan que el Ca es el nutriente más importante para el crecimiento y desarrollo de raíces. Los autores justifican la utilización de cal dolomita con el fin de suplir las necesidades de Ca y Mg tanto en el suelo como en la planta, para evitar, así, el desequilibrio con el K.

Para el caso de los Llanos Orientales, el 85 % de los productores encuestados respondió que no realiza la labor de encalado en sus predios, es decir, solo el 15 % de ellos lleva a cabo esta actividad (figura 11). Sin embargo, los resultados arrojaron que los productores generalmente realizan este tipo de prácticas sin considerar los resultados del análisis del suelo. Es decir, la cantidad de cal utilizada normalmente es definida de acuerdo con los criterios del productor y con base en su experiencia.



Fotos: Equipo plátano
CI La Libertad

Figura 11. Aplicación manual de cal; Granada, Meta, 2017.

Otro material de enmienda que puede ser utilizado en el cultivo de plátano es el yeso agrícola; este material no altera el pH del suelo, pero reduce el aluminio intercambiable y también agrega nutrientes como Ca y S (Borges, Oliveira, & Souza, 1995). En suelos con bajos contenidos de Ca en su capa subsuperficial, el yeso agrícola favorece el desarrollo radical en profundidad.

Drenajes

El establecimiento de una adecuada red de drenajes permite eliminar los excedentes de agua en el lote que pueden afectar significativamente el desarrollo y la productividad de la planta. En tal sentido, la conformación de los drenajes normalmente se realiza en función de la topografía del terreno y la clasificación textural del suelo.

Generalmente, los drenajes se presentan en forma de canales trapezoidales abiertos, y la red está conformada por un canal principal al cual alimentan los drenajes secundarios y terciarios. El canal principal saca el agua del lote, mientras que los secundarios y terciarios garantizan que no se presenten excesos de agua en la zona radical de la planta. De igual forma, pueden mantener el nivel freático a una altura adecuada para la planta; se estima que no debe haber una mesa de agua en los primeros 100 cm del suelo, para que la planta se desarrolle adecuadamente.

En sistemas tecnificados, se hace este tipo de redes estructuradas; sin embargo, en sistemas tradicionales de los Llanos Orientales, se utilizan caballones y zanjas de drenaje puntuales que favorecen la eliminación de los excedentes de agua en los lotes de producción de plátano (figura 12).



Fotos: Equipo plátano
CI La Libertad

Figura 12. Drenajes tradicionales en plantaciones de plátano; Arauca, 2017.

Caballoneo

En la zona de los Llanos Orientales, donde la precipitación oscila alrededor de los 3.000 mm al año, distribuidos entre los meses de marzo y diciembre, existen zonas en donde las características texturales del suelo no favorecen una adecuada infiltración del agua cuando hay excesos de humedad. Por tal motivo, es muy frecuente la conformación de caballones en los lotes (figura 13) que permiten tener un área libre de exceso de humedad para el sistema radical y favorecen un adecuado establecimiento y desarrollo de la planta, la cual se siembra en la parte superior del caballón.

El caballón debe tener al menos 50 cm de altura en su conformación inicial, lo cual permite que el sistema radical de la planta tenga condiciones favorables de aireación y humedad para un buen desarrollo. Del mismo modo, en la preparación del terreno, una adecuada pendiente permitirá un correcto movimiento superficial del agua para eliminar posibles condiciones de exceso de humedad del suelo en la zona radical.



Fotos: Equipo plátano
CI La Libertad

Figura 13. Caballones para el establecimiento del cultivo de plátano; Fuentedeoro, Meta, 2018.

Trazado, ahoyado y siembra

Una vez preparado el lote, se procede a realizar su trazado o demarcación para la siembra. Esto consiste en establecer, de acuerdo con la distancia definida, los puntos en los cuales se colocará la semilla. Estos puntos generalmente se marcan con cal (figura 14), y posteriormente se hace el hoyo para la siembra (figura 15). Algunos productores utilizan un ahoyador mecánico (figura 16) que facilita esta labor, ya que permite hacer más rápido y eficiente el proceso de siembra y disminuye la mano de obra para esta actividad.

La profundidad del hoyo oscila entre los 30 y 40 cm, y algunos productores aplican una dosis de fertilizante en el fondo de este, teniendo la precaución de colocar una pequeña capa de tierra encima del fertilizante, para evitar que este entre en contacto directo con las raíces del cormo, lo cual causaría su deterioro.



Fotos: Equipo plátano
CI La Libertad

Figura 14. Trazado de un lote; Granada, Meta, 2016.



Fotos: Equipo plátano
CI La Libertad

Figura 15. Ahoyador mecánico; Granada, Meta, 2017.



Fotos: Equipo plátano
CI La Libertad

Figura 16. Siembra y tapado de la semilla; Granada, Meta, 2016.

Con base en los resultados obtenidos en la encuesta diagnóstica para los tres departamentos, el 85,71 % de los productores encuestados realiza la preparación del terreno, y solo el 14,29 % no lo hace; esto último se puede presentar debido a que las condiciones del terreno no lo permiten o por la falta de maquinaria agrícola en la zona. Para el acondicionamiento del terreno, el 76,53 % utiliza rastra, y de acuerdo con las condiciones del suelo, se puede realizar entre uno y tres pases. Por otra parte, el 15,31 % de los agricultores de plátano encuestados realiza pase de cincel como labor de acondicionamiento primaria. Finalmente, el 41,84 % de los productores realiza caballoneo, para favorecer el desarrollo del cultivo en suelos susceptibles a inundaciones.

En cuanto al aspecto económico, los costos de preparación del suelo referidos por los productores de los departamentos de Arauca, Meta y Casanare oscilaron entre \$ 240.000 y \$ 700.000/ha.

Selección y propagación del material de siembra

La multiplicación de semilla de plátano se realiza en forma asexual, razón por la cual, una de las actividades más importantes para el establecimiento de nuevas áreas de siembra es la selección de plantas con características sobresalientes en cuanto a vigor, desarrollo, calidad de fruto y rendimiento. A continuación, se presenta el paso a paso para la adecuada selección y propagación del material de siembra para el clon 'Hartón'.

Selección del material

El establecimiento del cultivo de plátano parte de un adecuado proceso de selección del material vegetal, para lo cual se deben tener en cuenta aspectos como el clon a sembrar, que las características sean fieles a este y el vigor, la productividad y la sanidad del lote del cual se desea obtener la semilla. En este sentido, Jiménez (2013) define que plantas madres sobresalientes son aquellas que poseen características de desarrollo y producción superiores al promedio de las plantas de un lote determinado (figura 17).

Previo a iniciar el proceso de identificación y selección de las plantas madres sobresalientes, se debe realizar un recorrido zigzagante dentro de la parcela, prestando atención especial a aquellas plantas que se encuentran con racimo, pues son las que manifiestan las características de producción. Además, se deben realizar observaciones de las condiciones generales de la parcela, a fin de tener una visión general de los aspectos fitosanitarios del cultivo, la homogeneidad varietal y la fase de desarrollo de las plantas, para, con ello, tener criterios y argumentos apropiados para discriminar (de ser necesario) algún sector o subárea que no reúna las condiciones requeridas.



Fotos: Equipo plátano
CI La Libertad

Figura 17. Plantación para selección de plantas madres; Tame, Arauca, 2016.

Los requisitos específicos de la parcela son:

1. La parcela debe encontrarse preferiblemente en primer ciclo de producción; ocasionalmente, se pueden aprovechar parcelas en segundo y, máximo, tercer ciclo. Esto es debido a que en el cultivo de plátano el primer ciclo es el más productivo; de allí en adelante decrece el rendimiento de la planta.

2. No debe tener antecedentes de enfermedades bacteriales o virales (moko, virus del rayado del banano [BSV] o virus del mosaico del pepino [CMV]).
3. Deberá tener una densidad de población adecuada a la variedad que se cultiva, para poder tener plantas desarrolladas en condiciones favorables que permitan expresar su potencial genético y, así, tener una buena diversidad de plantas. Se deben escoger aquellas que presenten las mejores características de desarrollo, fitosanitarias y de producción. La densidad de plantas ideal debe estar en el rango de 2.000 a 2.500 plantas/ha, pero se pueden considerar densidades desde 1.800 hasta 3.000 plantas/ha, dependiendo del manejo que hayan recibido.
4. Se deben conocer las condiciones físicas y químicas del suelo de las parcelas de las que se seleccionen plantas madres sobresalientes para la reproducción de semillas, considerando el grado de fertilidad y la textura, así como las condiciones de drenaje, dado que estos factores pueden afectar el desarrollo de las plantas.
5. Se deben conocer y considerar las prácticas agronómicas aplicadas dentro de la parcela, tales como la fertilización, el manejo de plagas y enfermedades y la irrigación que se hayan realizado en las parcelas seleccionadas; consecuentemente, se deben descartar las parcelas abandonadas o con mal manejo.

Selección de plantas madres sobresalientes

Las plantas madres sobresalientes tienen que ser seleccionadas de sitios de competencia completa. Aquellas ubicadas en los bordes o en lugares donde hay mayor penetración de luz o mucha o poca disponibilidad de agua deben ser descartadas, ya que tienen factores de desarrollo a favor o en contra que pueden diferenciar su potencial productivo en relación con el resto de las plantas de la misma parcela.

Criterios de selección fenotípica

- La planta tiene que presentar características típicas del cultivar requerido. Para evitar tomar plantas fuera de tipo, es conveniente ser cuidadoso al seleccionar en lotes donde hay mezcla de cultivares.
- La condición fisiológica adecuada de la planta.

- Es indispensable que la planta esté florecida y que haya concluido la emisión de manos del racimo.
- Es deseable que sea una planta de menor altura que el promedio de la variedad.
- En cuanto a la capacidad de ahijamiento, es deseable que una planta madre sobresaliente tenga un número adecuado de colinos y que la altura del hijo esté sincronizada para dar una segunda cosecha en el tiempo requerido después de la primera.
- No debe presentar ninguna de las siguientes condiciones: disposición de hojas anormales (arrepollamiento), sobreexposición del cormo (embalconamiento), pseudotallos delgados y con fisuras (rajaduras) o raíces sobreexpuestas encima del suelo.
- Se deben descartar aquellas plantas que presenten mal anclaje en el suelo. En tal sentido, estas tienden a ceder y se producen rompimientos del cormo o del pseudotallo, así como rotura de raíces cuando están afectadas por picudos y nematodos, entre otras razones por las que se presenta esta condición.

Criterios de selección fitosanitaria

- La planta tiene que estar libre de síntomas de virus (CMV y BSV), debido a que estos se activan o transmiten vía micropropagación.
- Debe presentar un número mayor de hojas sanas (funcionales) que el promedio del resto de las plantas al momento de la floración.
- La planta madre sobresaliente y sus colinos deben tener ausencia de síntomas de moko.
- Una planta madre sobresaliente debe ser más robusta y tener menor ataque de plagas y enfermedades, principalmente de sigatoka negra y plagas del suelo.

Criterios de selección productiva

- El peso sobresaliente del racimo debe estar de acuerdo con el clon.
- Se debe conocer el potencial máximo de dedos por racimo del clon seleccionado.
- El racimo debe tener el mayor número de dedos y manos por racimo, con base en el potencial de la variedad, y poseer buena conformación o arquitectura de este.

- El largo de los dedos debe alcanzar los requisitos del mercado pretendido; por ejemplo, el mercado de exportación requiere un mínimo de 25 cm y un calibre de 40 a 45 mm de grosor en la penúltima mano.
- El racimo no debe tener dedos dobles (gemelos), pues es una característica no deseable.

Una vez seleccionada una planta madre sobresaliente, debe ser marcada e identificada con una ficha que contenga los datos de pasaporte: nombre del lugar, nombre del productor, número de la planta, altura sobre el nivel del mar y latitud y longitud del lugar. AGROSAVIA ha realizado algunos indicadores de calidad para la selección de plantas con base en aspectos fitopatológicos, los cuales se describen en la tabla 6.

Tabla 6. Índices para la selección de plantas madres sobresalientes

Índice	Rango
Índice de susceptibilidad a la sigatoka negra	1 = resistente (10 hojas funcionales en la floración) 2 = moderadamente resistente (7-10 hojas funcionales) 3 = susceptible (5-7 hojas funcionales) 4 = extremadamente susceptible (<5 hojas funcionales)
Índice de embalconamiento	1 = 0 % del cormo expuesto sobre el nivel del suelo 2 = 25 % del cormo expuesto sobre el nivel del suelo 3 = 50 % del cormo expuesto sobre el nivel del suelo 4 = 75 % del cormo expuesto sobre el nivel del suelo
Índice de anclaje	1 = anclaje excelente 2 = anclaje aceptable 3 = anclaje deficiente 4 = plantas en situación de riesgo de caída

Fuente: Jiménez (2013)

Descripción de variedades cultivadas

En los Llanos Orientales, se siembra en forma predominante el clon 'Hartón'; sin embargo, algunos clones de topochoos pueden encontrarse en sistemas de agricultura familiar. A continuación, se presenta una descripción morfológica de la planta para los clones sembrados en esta región (Belalcázar, 1991).

Clon 'Hartón'

Este material pertenece al género *Musa*, grupo AAB y al subgrupo Plátanos. El nombre del clon es 'Hartón', también conocido como "falso cuerno" en otros países. Su clasificación taxonómica es *Musa* AAB y representa el clon mayormente sembrado en la región de los Llanos Orientales de Colombia. A continuación, se describen las características morfológicas más resaltantes de este material.

Pseudotallo

Es el más alto del subgrupo Plátanos y posee una altura promedio de 3,78 m y un diámetro de 18 cm, medido a un metro sobre la superficie del suelo al momento de floración. El color es verde claro, con manchas oscuras, pero sin tonalidades rojizas. No produce un gran número de rebrotes.

Hojas

Cuando el sistema foliar ya se encuentra totalmente desarrollado, las hojas son de color verde mate en el haz y verde claro en el envés, con presencia de cera; la nervadura central es verde amarillento y tiene ligeras tonalidades rosadas, mientras que el peciolo es de color verde amarillento con bordes rojizos.

Inflorescencia

La inflorescencia es de tipo pendular en su eje central; el primer tercio es verde con manchas rojas, y luego se torna verde opaco con una ligera pubescencia de color rojizo. El número de flores femeninas en cada mano es de seis, en promedio, y solo la primera presenta una doble fila de flores. El promedio de frutos es de aproximadamente 32 dedos. La parte terminal de la inflorescencia, denominada *bellota*, es alargada y desaparece rápidamente.

Racimo

Es de tipo coniforme, con frutos muy grandes y distanciados entre sí; su posición con respecto al raquis es en ángulo agudo, con una ligera desviación por el peso de cada dedo. El peso varía según el manejo suministrado a la plantación para suplir los requerimientos nutricionales, las condiciones edafoclimáticas apropiadas y labores culturales adecuadas.

Frutos

Los dedos poseen un pedúnculo largo y delgado, con aristas pronunciadas. La sección transversal posee 5 lados (pentagonal), y la longitud promedio es de 33,5 cm, mientras que el diámetro ecuatorial se encuentra alrededor de los 4,77 cm. El peso del dedo es de 335 g en promedio. La forma general del fruto es curva, y la epidermis es de color amarillo en condiciones de madurez, con tonalidades ligeramente rosadas. Internamente, la pulpa, al madurar, es de color rosado.

Utilización

Este clon puede ser utilizado en la elaboración de sopas, patacones y tajadas fritas. Es considerado como el más apropiado para la fabricación de harinas destinadas a la alimentación de niños, debido a su propiedad de restaurar la flora intestinal, entre otros tipos de usos.

Clon Cachaco o Topocho

Este clon pertenece al género *Musa*, grupo ABB y al subgrupo Bluggoe. Posee un gran número de nombres, como Cachaco, Topocho, Cuatro Filos y Pacífico, entre otros. Tiene una gran distribución nacional, razón por la cual es uno de los materiales más conocidos entre los que poseen el genoma ABB. Su clasificación taxonómica es *Musa* ABB.

Pseudotallo

Posee una altura promedio de 3 m y un diámetro de 17 cm, aproximadamente. El color es verde amarillento brillante y sin manchas. Los retoños son abundantes, cerosos y sin manchas en las hojas y crecen inclinados.

Hojas

Cuando el sistema foliar se encuentra totalmente desarrollado, las hojas son de color verde brillante en el haz y verde claro por el envés, con una ligera capa de cera. El peciolo es delgado, largo y amarillento, con un canal profundo y bordes paralelos o ligeramente convergentes de color rojizo.

Inflorescencia

Es pendular, con dos o tres brácteas previas de raquis glabro y de color verde; la bellota es aovada, acuminada, morada y con cera, y la punta de las brácteas es amarilla. El número de manos femeninas es, en promedio, de 6,4 con una doble hilera de flores y 73 frutos.

Racimo

El raquis es verde claro, liso, sin pubescencia, y corrugado longitudinalmente entre manos sucesivas. Los frutos forman un conjunto no muy apretado. La prolongación del eje es desnuda debido a que diariamente se abren y caen tanto las flores masculinas como las brácteas que las subtienden. Cuando madura el primer fruto, la bellota está prácticamente seca.

Frutos

Poseen un pedúnculo largo y delgado de color verde cuando empiezan a madurar, la base es redonda y la punta se adelgaza paulatinamente y termina en un ápice achatado. El fruto es casi recto en su lado interno, mientras que el lado externo es curvado. La sección transversal es pentagonal y más o menos redonda, y las aristas no son muy prominentes. Una vez ocurrida la maduración, el pericarpio es de color amarillo, sin cera, y la pulpa es de un color cremoso o rosado pálido. Sus dimensiones, en promedio, son de 24,1 cm de longitud, 5,6 cm de diámetro ecuatorial y unos 300 g de peso (Belalcázar, 1991).

Utilización

En las zonas donde otros clones del subgrupo Plátano no se adaptan muy bien, se tiene como componente importante de la alimentación popular, como fruta verde, madura, asada o frita en forma de tajadas. En las demás regiones, se utiliza en alimentación animal, en elaboración de harinas para coladas y en alimentación humana, aunque en menor proporción.

Otros materiales utilizados

Los clones señalados anteriormente son los de uso más frecuente en la región de los Llanos Orientales. No obstante, algunos agricultores han introducido clones de la Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA), los cuales, a pesar de no contar con una aceptación generalizada, representan una alternativa para sistemas

de agricultura familiar, dadas las características de resistencia o tolerancia a la mayoría de las enfermedades que afectan el cultivo.

Entre los clones de mayor potencial, se encuentra el FHIA-21 (*Musa* AAAB), el cual se caracteriza por ser una planta con una altura promedio de 3,5 a 4 m, pseudotallo verde brillante, hojas decumbentes y frutos de color verde claro, rectos hacia el ápice y de forma ligeramente puntiaguda. El peso del racimo oscila entre 22 y 27 kg, con 120 a 150 dedos/racimo. Posee resistencia a la sigatoka negra y al mal de Panamá; no obstante, es susceptible a nematodos. En algunos trabajos de investigación, este clon se maneja con poda de manos para buscar que los atributos del fruto se asemejen a los del plátano 'Hartón' en cuanto a peso, longitud y grosor (Rodríguez, Lobo, Muñoz, & Márquez, 2010).

Propagación del material de siembra

La rentabilidad se ha visto afectada de manera negativa por el incremento de los costos de producción y la disminución del rendimiento por hectárea, causada por problemas sanitarios. Tradicionalmente, el plátano ha sido reproducido y sembrado por medio de material vegetativo o asexual; sin embargo, esta forma de propagar el cultivo ha sido el mejor vehículo para diseminar enfermedades y plagas de importancia económica, como: moko (*Ralstonia solanacearum*, raza 2), bacteriosis (*Pectobacterium chrysanthemi*), picudo negro (*Cosmopolites sordidus*), picudo rayado (*Metamasius hemipterus*), gusano tornillo (*Castniomera humboldti*) y nematodos, entre otros (Palencia, Gómez, Martín, & Díaz, 2006).

La importancia de la semilla como recurso fundamental para el establecimiento del cultivo radica en su calidad, la cual puede tener diferentes aspectos que la contemplan: genético, sanitario, fisiológico y físico. En tal sentido, todas aquellas prácticas que conduzcan a la obtención de atributos de calidad tendrán repercusión posterior en el establecimiento, el desarrollo y la productividad del cultivo.

La propagación asexual del cultivo conlleva el uso de colinos o hijos, los cuales son emitidos por la panta a través de sus yemas laterales. La correcta selección del hijo con mejores características para un adecuado desarrollo de la planta es muy importante, razón por la cual se seleccionan colinos tipo aguja, tal como se

muestra en la figura 18. Estos colinos presentan, como características distintivas, hojas lanceoladas, delgadas y con poca lámina foliar, en comparación con el colino orejón o bandera, el cual se distingue por una mayor lámina foliar y puede tener un menor vigor que el tipo aguja.



Fotos: Equipo plátano
CI La Libertad

Figura 18. Hijo tipo aguja; Yopal, Casanare, 2017.

Sistemas de propagación

El plátano no puede producir semillas viables de origen sexual; lo que se observa en la pulpa de la fruta son rudimentos seminales en los tres lóculos que la conforman. Por tal razón, la forma de multiplicarse es mediante la reproducción vegetativa o asexual. En tal sentido, las "semillas" utilizadas para la siembra corresponden a partes vegetativas denominadas *retoños* o *colinos*, los cuales, una vez separados de la planta madre, pueden realizar su ciclo de crecimiento y producción con características genéticas idénticas a las de la planta madre (Martínez, Tremont, & Hernández, 2002). Para el proceso de multiplicación de semilla, pueden emplearse varias metodologías de propagación, las cuales se describen a continuación:

1. Propagación tradicional: es la que hace uso de colinos o retoños, los cuales son obtenidos directamente de una plantación en producción, ya sea para sembrarlos directamente en campo o para, por medio del corno de estos colinos, hacer una multiplicación mediante la brotación de sus yemas laterales.
2. Multiplicación *in vitro*: es realizada a través de técnicas especializadas a partir de un tejido o meristemo central, el cual se multiplica masivamente

en condiciones de laboratorio y da origen a plantas libres de enfermedades (bacterias, hongos y algunos virus). Las vitroplantas poseen la ventaja de sanidad, no obstante, las técnicas que se requieren implican una alta inversión y los costos de producción y venta son más elevados en comparación con otros métodos de propagación.

3. Producción de explantes: este método consiste en seleccionar colinos provenientes de plantas sanas, a las cuales se les realiza una eliminación de las calcetas que recubren las yemas laterales, a fin de dejarlas más expuestas a la superficie del cormo, lo que induce una brotación más acelerada. Posteriormente, se elimina el meristemo principal o central para romper la dominancia apical y favorecer el desarrollo de las yemas laterales. Seguidamente, se coloca el cormo en camas o eras y en un sustrato adecuado (figura 19).

Esto permite el descarte de las plantas que representan un riesgo sanitario para la fase de establecimiento en campo. La multiplicación de semilla en cámaras térmicas se considera una variante de la propagación por explante, ya que hace uso de una infraestructura que en su interior tiene camas con sustrato a base de cascarilla de arroz en las cuales se colocan cormos de entre 500 y 1000 g a los que se les elimina el meristemo central. La infraestructura utilizada es una especie de invernadero cerrado con plástico, el cual genera un aumento de temperatura y condiciones de alta humedad relativa que favorecen el rápido desarrollo de las yemas laterales. Los brotes alcanzan su tamaño para ser llevados a campo en dos meses o incluso menos, dependiendo de las condiciones ambientales de la zona. El aumento de temperatura permite además que se produzca material con calidad sanitaria y la identificación temprana de posibles plantas enfermas.



Fotos: Equipo plátano
CI La Libertad

Figura 19. Multiplicación de semilla de plátano por el método de explante. a. Selección de la planta progenitora; b. Limpieza de raíces; c. Corte de las calcetas; d. Acondicionamiento de las yemas vegetativas; e. Adecuación de camas de multiplicación; f. Eliminación del meristemo central; g. Siembra en camas de multiplicación; h. Montaje en camas de multiplicación.

4. Inducción de brotación de yemas en campo: según Coto (2009), de la FHIA, esta metodología consiste en desarrollar sistemas de siembra en condiciones de campo mediante la ruptura de la dominancia apical en el cormo, la cual se puede realizar aproximadamente en la semana 24 luego de la siembra, antes del inicio de emisión floral. Con esta técnica, se logra producir en promedio de 5 a 10 brotes por punto de siembra, en un periodo aproximado de 8 a 9 meses. Esto equivale a producir entre 33.330 y 66.660 colinos por hectárea, dependiendo de la densidad de siembra del lote y de las características de brotación que posea el clon utilizado (figura 20).



Fotos: Equipo plátano, CI La Libertad

Figura 20. Lote de multiplicación intensiva de tres meses de edad; Granada, Meta, 2017.

En los Llanos Orientales, el CI La Libertad de AGROSAVIA ha venido desarrollando investigación y validación de tecnologías de multiplicación de semilla. Con base en estas experiencias, se recomienda realizar cuidadosamente las actividades que a continuación se describen.

Establecimiento del lote semillero

Es recomendable sembrar, al inicio, material libre de plagas y enfermedades, incluyendo los virus, que son los principales problemas en los cultivos de banano y plátano. En tal sentido, es deseable iniciar el lote con material proveniente de predios con registro ICA. Estos cormos se deben limpiar antes de la siembra eliminando todo vestigio de raíces y tierra. Para protegerlos del ataque de plagas o del daño por pudrición en el nuevo sitio de siembra, los cormos deben desinfectarse antes de ser sembrados (figura 21).



Fotos: Equipo plátano
CI La Libertad

Figura 21. Preparación y desinfección de cormos para el establecimiento del cultivo de plátano. a. Limpieza y preparación de colinos; b. Preparación de mezcla desinfectante; c. Desinfección de colinos; d. Retiro de colinos para la siembra.

Antes de sembrar, se debe preparar el lote mecánicamente. Es importante que este semillero se encuentre ubicado con cierto aislamiento del lote comercial y que el suelo, y que el suelo posea buenas características físico-químicas. El semillero se maneja igual que el cultivo comercial, realizando labores de deshoje, deshije, control de malezas, riegos, drenajes y fertilización.

En el lote semillero, se deben realizar las siguientes actividades:

Siembra: antes de iniciar la siembra, se deben clasificar los cormos por tamaño (grandes, medianos y pequeños), y la desinfección se realiza aplicando productos fitosanitarios biológicos o, en última instancia, químicos.

La siembra puede establecerse en el campo utilizando un arreglo en doble hilera, con distancias entre dobles hileras de 3 m, de 1,20 m entre hileras sencillas y de 1 m entre plantas, con lo cual se logra una densidad poblacional de 6.666 plantas/ha (Coto, 2009) (figura 22).

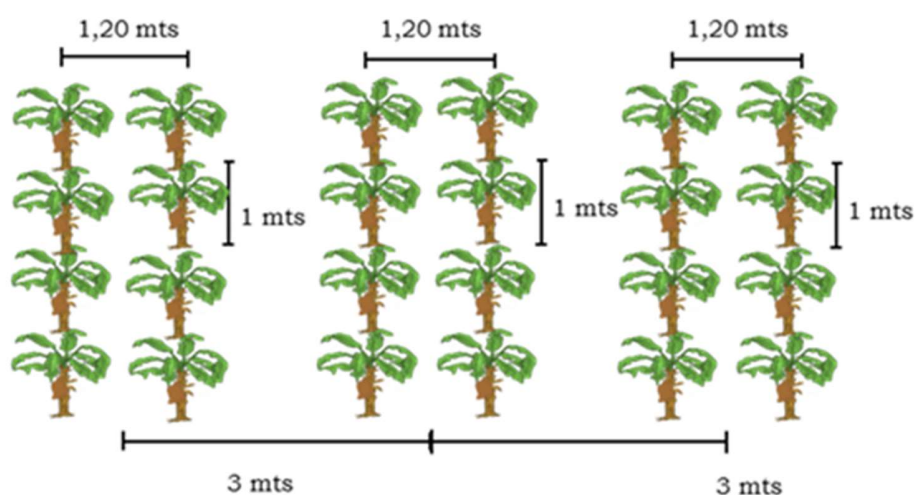


Figura 22. Diseño de siembra del lote de inducción de yemas.

Fuente: Elaboración propia

Fertilización: se debe tener en cuenta la aplicación de fertilizantes para promover el desarrollo de las yemas laterales presentes en el cormo. En tal sentido, es especialmente necesario el uso de fuentes nitrogenadas para favorecer un mayor crecimiento vegetativo, así como aportar los otros nutrimentos esenciales en función del análisis de suelo.

Ruptura de la dominancia apical: para esta labor, las plantas deben tener entre 6 y 7 meses después de la siembra (figura 23). La planta, para ese momento, se encuentra próxima a iniciar el proceso de diferenciación floral y tiene una alta brotación de yemas laterales. El proceso de ruptura de la dominancia apical ocurre con la eliminación del meristemo central (figura 24).

Posteriormente, ocurre un desarrollo acelerado de las yemas laterales, lo que da origen a los colinos de multiplicación (figura 25).



Fotos: Equipo plátano
CI La Libertad

Figura 23. Lote de multiplicación masiva de semilla en edad adecuada para la ruptura de la dominancia apical; Granada, Meta, 2017.



Fotos: Equipo plátano
CI La Libertad

Figura 24. Inducción de plantas en lote de multiplicación intensiva en campo; Granada, Meta, 2017.



Fotos: Equipo plátano
CI La Libertad

Figura 25. Unidad productiva lista para cosechar colinos en sistema de multiplicación masiva en campo; Granada, Meta, 2017.

De acuerdo con la encuesta diagnóstica realizada en los Llanos Orientales, la selección del origen del colino para el establecimiento del cultivo de plátano refleja que, del total de productores, el 63,17 % obtiene la semilla de sus propias fincas; el 19,39 % la obtiene de lotes vecinos; el 7,14 % la compra en un vivero no certificado, y solo el 11,22 % de los productores compra semilla seleccionada y certificada.

Es necesario hacer énfasis en que la obtención de semilla con registro ICA es la única garantía de poseer un material de siembra con inocuidad y calidad. El 50 % de los agricultores utiliza colinos con un peso promedio de entre 700 y 1.000 g, con un costo promedio de entre \$ 400 y \$ 500. La semilla con registro ICA tiene un costo superior a la semilla no certificada, pues varía entre \$ 1.200 y \$ 1.500 por colino. No obstante, este material con registro brinda garantía sanitaria, que favorece la reducción de incidencia, severidad y dispersión de enfermedades como el moko, el cual representa la limitación fitosanitaria más importante de la región.

Establecimiento del cultivo en campo

En la región de los Llanos Orientales, es posible encontrar plátano en sistema de monocultivo y de cultivo en asocio. En el primer caso, las densidades de plantación oscilan entre 1.500 y 2.500 plantas/ha, lo que permite obtener racimos de buen peso y calidad (Cayón, Valencia, Morales, & Domínguez, 2004). A medida que se incrementa la densidad de plantas en el lote, el peso del racimo disminuye, debido a la competencia por luz, nutrientes y agua; así, un mayor número de plantas en sistemas de alta densidad suele incrementar la productividad del lote, pero afecta algunos atributos de la calidad de la fruta, como el peso, la longitud y el grosor de los dedos, factores que deben tenerse en cuenta a la hora de comercializarla (Briceño & del Valle, 2005; Patiño, Rodríguez, & Cardona, 2017; Rodríguez, Páez et al., 2010; Rosales, Álvarez, & Vargas, 2008).

Las densidades más utilizadas por los productores de los Llanos Orientales oscilan entre 2.000 y 2.500 plantas/ha en un sistema de monocultivo (figura 26). Bajo estos esquemas, en la región se utilizan altas densidades, con lo cual el manejo del cultivo es prácticamente de ciclo anual. De esta forma, la obtención de semilla de calidad es un requerimiento constante para la zona. Por otra parte, el manejo en alta densidad disminuye la incidencia de sigatoka, ya que las esporas del hongo necesitan luz para poder germinar y, en estos sistemas, el sombreadamiento que se produce entre las plantas es mayor. De otro lado, el ciclo de floración a cosecha se alarga en alta densidad, y el desarrollo de los colinos es menor por la misma condición de sombra que genera la alta población de plantas (Rosales et al., 2008).

Para las siembras en asocio, el plátano es utilizado inicialmente como sombrío temporal durante el establecimiento de cultivos de cacao, café y caucho. A este tipo de plantaciones, con diferentes especies que coexisten en tiempo y espacio, se las conoce como *arreglos* o *sistemas agroforestales*. En diferentes ensayos realizados entre 1996 y 2000, fue posible determinar que el plátano, bajo la sombra de diferentes tipos de especies forestales, reduce drásticamente la severidad de la sigatoka negra, pero esta sombra debe ser cercana al 50 %, ya que, si se excede este porcentaje, se reduce el crecimiento de la planta y se prolonga el ciclo vegetativo

a tal punto que el sistema no es viable (Martínez, 2003). Resultados similares han sido obtenidos en otras investigaciones en las que un 20 % de sombrío fue suficiente para reducir la severidad de la sigatoka negra y para incrementar significativamente los rendimientos en plátano 'Hartón' (Barrera, Barraza, & Campo, 2016).

La conformación de diferentes arreglos espaciales mediante la variación en las distancias entre plantas y surcos permite evaluar y validar distintas formas en cuanto a las poblaciones en el lote y a la posibilidad de establecer sistemas de mono o policultivos. AGROSAVIA ha venido validando diferentes esquemas de densidades para buscar mayor eficiencia productiva y económica en sistemas de producción de plátano para los departamentos de Meta, Casanare y Arauca, lo cual permite que se validen y ajusten alternativas de producción de este cultivo en la región (figura 26).

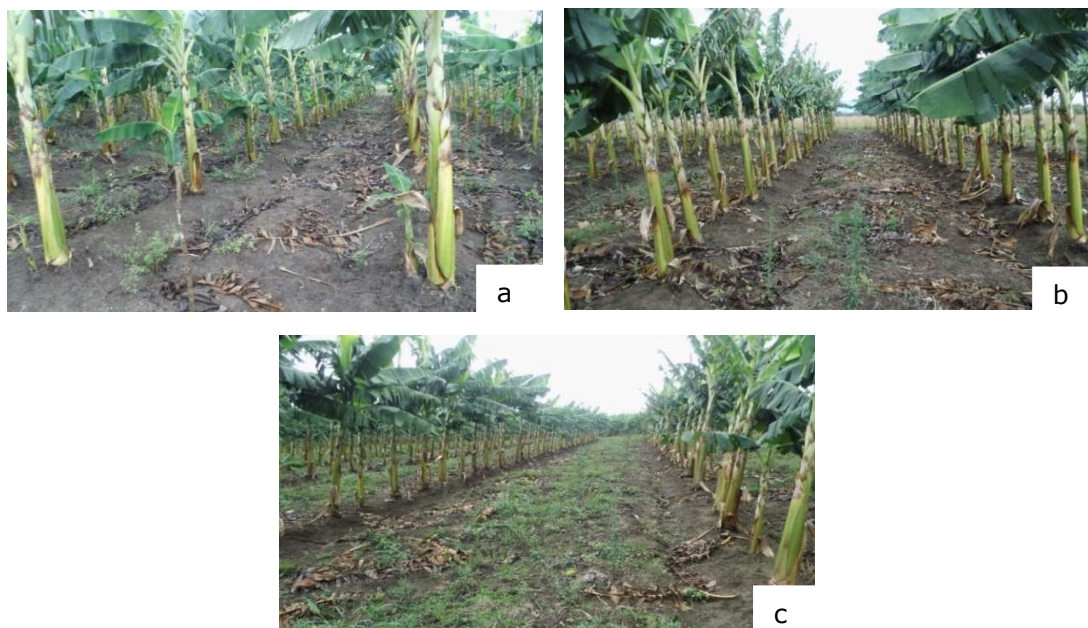
En el proceso de caracterización basado en los resultados de las encuestas diagnósticas, el 80,61 % de los productores siembra sus plataneras en monocultivo a un solo corte; el 13,27 % de productores realiza siembras en asocio con cultivos como el maíz, el cacao y la guayaba, y, finalmente, el 7,14 % establece el cultivo a varios cortes.

En cuanto a la época de siembra, para la región de los Llanos Orientales, se encontró que los productores siembran durante todo el año; sin embargo, la mayoría de estos realiza la siembra en los meses de marzo, abril y agosto.

Por otra parte, el 54,08 % de los productores encuestados selecciona los cormos de acuerdo con su tamaño. Del mismo modo, el 95,92 % de los agricultores realiza la labor de desinfección de los colinos con productos químicos, a fin de prevenir problemas sanitarios, principalmente plagas. Al momento de la siembra, el 37,76 % utiliza fertilizantes compuestos, y el 24,49 % hace aplicación de abonos orgánicos, principalmente gallinaza compostada.

Para la labor de siembra, de acuerdo con la información obtenida a través de las encuestas, el 48,98 % de los agricultores utiliza entre 3,5 y 9 jornales. Los jornales para la siembra incluyen actividades de trazado, ahoyado, fertilización y siembra. El valor del jornal varía entre \$ 30.000, incluyendo alimentación, y

\$ 40.000, sin alimentación; sin embargo, con los resultados obtenidos, se encontró que el 75,45 % de los productores de plátano encuestados paga \$ 35.000 por jornal para la siembra.



Fotos: Equipo plátano
CI La Libertad

Figura 26. Diferentes densidades en el sistema de producción de plátano en los Llanos Orientales; Yopal, Casanare, 2017. a. 3×2 m; b. 4×1 m; c. 6×1 m.

Prácticas de manejo

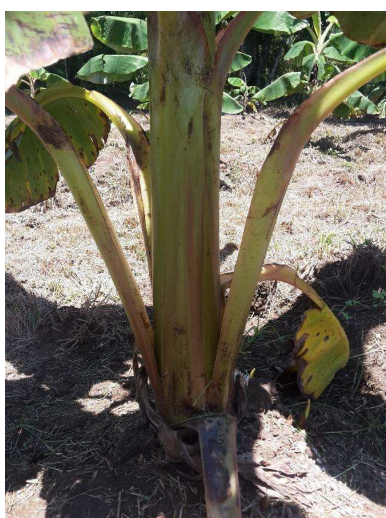
El cultivo de plátano requiere de una serie de actividades de mantenimiento a través de las cuales se garanticen condiciones óptimas dentro de la plantación, que favorezcan el buen desarrollo de las plantas. A continuación, se presenta el detalle de cada una de estas labores culturales.

Fertilización química

En relación con el cultivo de plátano, muchas investigaciones refieren los problemas que presenta el agricultor con respecto a los manejos de la fertilidad de suelos y la nutrición del cultivo, en cuanto al desarrollo y ajuste de planes de

fertilización, los usos de fuentes químicas y la posible combinación con fuentes orgánicas. En tal sentido, una buena producción de plátano requiere cantidades adecuadas de macro y micronutrientes disponibles para su desarrollo y producción. Aunque alguna parte de los requerimientos de la planta puede ser suministrada directamente por el suelo, en la mayoría de las ocasiones es necesario aplicar fertilizantes para una producción rentable y para poder cumplir con los requerimientos nutricionales del cultivo (figura 27).

La necesidad de aplicación de fertilizantes y enmiendas al suelo depende de factores como la curva de absorción de nutrientes por la planta, la densidad de siembra, el potencial de producción del cultivo, el balance nutricional del suelo y el material de siembra (Belalcázar, 1991; Belalcázar, Rosales, & Espinoza, 2004; Borges, 2004; Sancho, 1999). Esta necesidad de fertilizantes es relativamente alta debido a la cantidad de nutrientes exportados para la producción del racimo.



Fotos: Equipo plátano
CI La Libertad

Figura 27. Planta con manifestación de buen vigor y con separación de las calcetas del pseudotallo; Granada, Meta, 2017.

Entre los nutrientes de mayor absorción por la planta de plátano están el potasio (K) y el nitrógeno (N), seguidos del magnesio (Mg), el calcio (Ca), el azufre (S) y el fósforo (P), todos necesarios para el crecimiento, el desarrollo y la producción del cultivo. De la misma forma, los micronutrientes también son esenciales para el desarrollo del cultivo, pero absorbidos en menores cantidades que los macronu-

trientes. En tal sentido, Martínez (1998) señala que los micronutrientes más absorbidos por la planta de plátano son el zinc (Zn), el boro (B) y el cobre (Cu).

Para el cultivo del plátano, se señalan niveles de absorción de nutrientes, con base en una población de 1.666 plantas/ha, en las siguientes cantidades, expresadas en kilogramos por hectárea: nitrógeno (220), fósforo (110), potasio (440), calcio (110), magnesio (80), azufre (30), boro (5), zinc (5) y cobre (5). La absorción de nutrientes está dada en función del estado de desarrollo de la planta. Por ejemplo, la absorción del K comienza desde que la planta posee 4 hojas y se mantiene relativamente estable hasta la hoja 20, cuando ocurre la diferenciación floral. Luego, presenta un incremento marcado hasta los 45 días después del momento de floración, ya que el racimo demanda gran cantidad de ese elemento para su proceso de formación y llenado de fruta (Patiño et al., 2017).

Es importante realizar la aplicación del fertilizante en función de la fenología del cultivo. Para el caso de las plantas de plátano 'Hartón' en la zona de los Llanos Orientales, cuyo ciclo productivo de siembra a cosecha es aproximadamente de 11 a 12 meses, la dosificación del fertilizante puede hacerse aplicando del 10 al 15 % del total del requerimiento nutricional antes de las 15 hojas formadas; posteriormente, el 50 % del requerimiento, entre las hojas 15 y 22, y finalmente, el 35 o 40 % restante, desde la hoja 22 hasta el inicio de llenado del racimo (Patiño et al., 2017; Sancho, 1999).

La proporción de cada nutriente también varía de acuerdo con el ciclo de desarrollo del cultivo, por lo cual es necesario hacer una mezcla con fuentes simples de fertilizantes que contengan cada nutrimento (figura 28). Para el caso del P, por ser el elemento con menor movilidad en el suelo, es preferible aplicar su totalidad desde el inicio del plan de fertilización, a fin de que se encuentre disponible cuando es necesitado en mayor cantidad por la planta. La aplicación del N se recomienda desde el inicio, para favorecer el proceso de formación de tejido foliar; no obstante, es conveniente fraccionar su aplicación en varios momentos, debido a las pérdidas por diferentes vías en el suelo, mientras que el K se requiere mayormente desde el proceso de diferenciación floral hasta el llenado del racimo.

La fertilización se realiza fraccionándola en distintos momentos del ciclo del cultivo y aplicando mezclas de fuentes simples o fórmulas completas, dependiendo de la decisión del agricultor. Como se ha señalado anteriormente, esta labor no siempre se realiza, por parte de los productores, con base en un análisis de suelo. Esto puede traer como consecuencia que puedan presentarse contenidos deficitarios en el suelo que no permitan suplir los requerimientos de la planta o, por el contrario, acumulaciones excesivas de algunos nutrientes en caso de que el suelo cuente con cantidades suficientes, lo cual, a su vez, produce desbalances nutricionales o relaciones antagónicas entre nutrimentos que afectan la disponibilidad de estos para la planta. Los agricultores de la región suelen aplicar entre cuatro y seis ciclos de fertilización, aprovechando los momentos en que el suelo posee suficiente humedad para que el fertilizante pueda ser incorporado a la solución del suelo y para que los nutrientes estén disponibles en la forma en que el cultivo es capaz de absorberlos.

El fertilizante normalmente es aplicado en forma de círculo completo, preferiblemente a unos 30 o 40 cm del pseudotallo de la planta (figura 29). En el caso de las plantaciones de varios ciclos que dejan un colino de sucesión, se realiza la fertilización en forma de media luna al frente del hijo (Patiño et al., 2017). Son pocos los agricultores que hacen incorporación del fertilizante al suelo, lo que conlleva la desventaja de incrementar las pérdidas por diferentes vías (volatilización y escorrentía).

Por otro lado, la aplicación de materia orgánica como complemento a la fertilización con fuentes sintéticas es una alternativa para generar mayor actividad microbiana en el suelo; esta interviene en procesos importantes de solubilización de nutrientes y de mejora en la fertilidad del suelo. De otro lado, la materia orgánica favorece la retención de humedad y la estabilidad estructural en cuanto a propiedades físicas del suelo (Lozano et al., 2015).

Para el caso de los resultados encontrados en el diagnóstico realizado, de los agricultores encuestados, el 93,88 % realiza la labor de fertilización. De esta población, el 1,02 % utiliza exclusivamente fuentes simples, mientras que el 68,37 % utiliza fuentes simples y compuestas de fertilización y el 4,08 % hace aplicaciones de fertilizantes foliares para complementar el plan de fertilización que maneja. Por otro lado, el 44,9 % de los productores realiza entre 5 y 6

aplicaciones por ciclo de producción, y el 28,57 % de estos productores está aplicando entre 500 y 700 g de fertilizante por planta en cada ciclo.



Foto: Equipo plátano, CI La Libertad

Figura 28. Mezcla de fertilizantes para su aplicación; Granada, Meta, 2017.



Fotos: Equipo plátano
CI La Libertad

Figura 29. Labor de fertilización; Yopal, Casanare, 2017.

Fertilización con macronutrientes

En el cultivo de plátano, se han encontrado diversos resultados relacionados con la fertilidad y nutrición con macronutrientes. Autores como Combatt, Martínez y Barrera (2004) indican que aplicaciones de fertilizantes en dosis generales no son recomendables, ya que la eficiencia de los nutrientes en el suelo depende

de muchos factores, como las condiciones climáticas, el material vegetal, la fenología del cultivo y las fuentes de nutrientes utilizadas.

Por lo anterior, es recomendable realizar análisis de suelos y un análisis foliar y tener conocimiento sobre la etapa fenológica en la cual se encuentra la planta, las fuentes a usar, sus concentraciones de nutrientes y la dosis a aplicar. Esto, a fin de tener un mejor aprovechamiento, desarrollo y producción en las plantas de plátano. A continuación, se describe la importancia de cada macronutriente para el cultivo.

Nitrógeno (N)

El nitrógeno (N) está disponible en el suelo en diferentes formas, y las plantas difieren de su preferencia en cuanto a la absorción; las formas que principalmente prefieren son el nitrato (NO_3^-) y, en menor proporción, el amonio (NH_4^+). El N es un elemento esencial para todas las plantas, y su importancia en el cultivo radica en que forma parte de compuestos fundamentales, tales como ADN, enzimas y proteínas, entre otros, así como del proceso de fotosíntesis. También influye en el crecimiento vegetativo de las plantas y es absorbido en gran cantidad cuando el meristemo se está desarrollando. Esto favorece la emisión y el desarrollo de los hijuelos y aumenta la producción de materia seca. Del mismo modo, interviene en la formación de hojas y en el engrosamiento del pseudotallo. En cuanto a la producción del cultivo de plátano, este elemento influye en el incremento del número de flores y del peso del racimo, la mano y los dedos (Bedoya & Rodríguez, 2017).

Por su parte, Toapanta, Mite y Sotomayor (2002) señalan que, con 140 kg de N en sistemas con altas densidades de siembra, obtuvieron una producción de 36 t/ha de plátano. De igual manera, Combatt et al. (2004) concluyen que, con 200 kg de N, lograron obtener producciones de 40 t/ha.

De otro lado, Fageria y Baligar (2005) indican que aproximadamente el 50 % del N es absorbido por las plantas y que el resto se pierde en el sistema suelo-planta-atmósfera por lixiviación, desnitrificación y volatilización. En ese mismo sentido,

autores como Sangoi, Ernani, Lech y Rampazzo (2003) indican que las pérdidas de N son mayores en suelos de textura arenosa que en suelos arcillosos.

Deficiencia de nitrógeno (N)

Los síntomas de deficiencia comúnmente observados se manifiestan con una clorosis generalizada primero en hojas viejas o bajas (figura 30), debido a la translocación del N de hojas viejas a hojas jóvenes. De igual forma, se puede observar enrojecimiento del pseudotallo debido a la acumulación de antocianinas al no haber formación suficiente de clorofila. El crecimiento radical y el tamaño de las plantas se reducen, con lo cual se ve afectada la producción por la reducción del peso o la no formación del racimo.

Los síntomas acentuados de deficiencia de nitrógeno N aparecen en el inicio del desarrollo de las plantas, con clorosis generalizada en las hojas, reducción de la distancia entre estas (arrepollamiento), disminución del número de hojas y del área foliar, incremento en el número de días para la emisión de hojas y reducción del número de manos y dedos por racimo (López, Vargas, Espinoza, & Vargas, 2001).

Cuando las concentraciones de N en el suelo son muy elevadas, se puede generar toxicidad en las plantas, que manifiestan síntomas visuales como color naranja, acame o su muerte (Britto & Kronzucker, 2002). De la misma forma, Marschner (2011) señala que la toxicidad causada por N atrofia el crecimiento y que se presentan hojas necróticas y muerte de las plantas.



Fotos: Equipo plátano
CI La Libertad

Figura 30. Síntomas de deficiencia de nitrógeno (N) en los que se observa la clorosis generalizada de las hojas bajas; Arauca, 2017.

Fósforo (P)

Dentro de los macronutrientes, el fósforo (P) es exigido en menores cantidades por las plantas en comparación con el N y el K. Es considerado el cuarto elemento más requerido en la nutrición del plátano; por ello, es importante en la nutrición del cultivo y es absorbido como anión monovalente fosfato (H_2PO_4^-) y, con menor rapidez, como anión divalente (HPO_4^{2-}) (Souza & Fernandes, 2006). El cultivo de plátano absorbe en promedio 100-110 kg de P por hectárea (Martínez, 1998; Palencia, Gómez, & Martín, 2006).

El P es conocido por tener limitaciones de movilidad en el suelo, lo cual genera problemas en la absorción por parte de las plantas. Adicionalmente, en suelos ácidos por su bajo pH y por altos niveles de aluminio intercambiable, hierro y

manganeso, se afecta su disponibilidad (Moreira & Fageria, 2009). Según Martin-Prevel (1987), la absorción del P por las plantas es influenciada por la disponibilidad de Mg. En tal sentido, el bajo aporte de Mg reduce la absorción de P por parte de las raíces y restringe la transferencia a los órganos superiores de las plantas. De la misma forma, Turner y Barkus (1983) señalan que la planta reduce la absorción de este elemento en un 20 % cuando hay bajo suministro de Mg, lo cual afecta los niveles de P en la materia seca de la parte aérea.

Las respuestas de rendimiento y el requerimiento nutricional del P no son muy altos por parte de las plantas de plátano. No obstante, se conoce que en este cultivo se obtiene un nivel adecuado de P cuando ocurren asociaciones con microorganismos solubilizadores de este, tales como micorrizas o algunas bacterias. Por su parte, los hongos micorrízicos vesículo-arbusculares invaden las raíces de las plantas de plátano, mejoran su crecimiento y promueven una mayor absorción de nutrientes (Violeth, Zumaque, & Álvarez, 2012).

Deficiencia de fósforo (P)

La deficiencia de P es favorecida por los bajos niveles del nutriente en el suelo y por un pH bajo, lo que genera menor disponibilidad del elemento y hace que la planta de plátano manifieste síntomas visuales tales como: reducción de altura, disminución del sistema radical, afectación de las hojas y, como consecuencia, disminución en la producción y aumento de la senescencia. Además, en hojas viejas se presenta una clorosis marginal, con manchas de color marrón púrpura, necrosis en la parte del borde con forma de sierra y, al final, se quiebra el peciolo de la hoja. En situaciones muy graves de deficiencia de P, se puede retardar la floración (López et al., 2001).

Potasio (K)

El potasio (K) es el elemento clave y de mayor movilidad en las plantas de plátano. Su translocación interna es dirigida directamente a los puntos de crecimiento. Las plantas lo absorben como ion monovalente (K^+) y en gran parte durante el desarrollo vegetativo. El K es el elemento que se absorbe en mayores cantidades, tiene gran participación en los procesos nutricionales, así como en la retención de agua dentro de las células, y regula la velocidad de circulación de la savia y, consecuentemente, de casi todos los procesos nutricionales de la planta (López, 2002).

Dosis elevadas de K pueden provocar pérdidas por lixiviación en los suelos; así mismo, pueden generar disminución en los contenidos de Ca y Mg en las hojas, debido al antagonismo, lo que genera una coloración pardo-violeta en la parte inferior de los peciolo y en la base de las nervaduras centrales (Cordeiro & Borges, 2000). Otros problemas se generan cuando el N está en forma amoniacal, ya que puede reducir la absorción de K en un 50 %, y también excesos de Fe en el suelo inhiben la absorción de K (Raij, 2011).

Por su parte, Borges, Oliveira y Souza (1995) recomiendan aplicaciones de 200 a 750 kg/ha para el desarrollo del cultivo, de acuerdo con las condiciones del suelo, mientras que López (2002) indica que con aplicaciones de 250 a 300 kg de K_2O /ha se obtienen buenos resultados en cuanto a rendimiento se refiere. Por otra parte, Palencia et al. (2006) señalan que el plátano puede extraer 440 kg de este elemento por hectárea.

Deficiencia de potasio (K)

Los síntomas de la deficiencia de K se manifiestan con la reducción en el crecimiento de las plantas, con la absorción de N y con la disminución del número y mayor tiempo de emisión de hojas. De igual forma, la deficiencia de K afecta el orden de salida de las hojas, pues se desarrollan unas sobre otras con peciolo cortos y bajo crecimiento de hijuelos (Gowen, 1995).

Los síntomas aparecen en hojas viejas, con un color característico amarillo naranja en la margen y con una necrosis que se mueve desde el borde hacia el centro de la hoja (figura 31). Además, la nervadura central se enrolla hacia abajo en forma de gancho (Moreira, Arruda, & Borges, 2010), lo que constituye una de las expresiones más importantes de la deficiencia, y es debido a esto que se reduce el área foliar total de la planta; por tal razón, se señala que el K aumenta la longevidad de las hojas (Martin-Prevel, 1987).



Foto: Equipo plátano, CI La Libertad

Figura 31. Síntomas de deficiencia de potasio (K) en los que se observa la necrosis apical y el encorvamiento de la punta en hojas bajas.

Otros efectos de la deficiencia de K son la asfixia y el retraso en la iniciación de la floración, que afectan la producción por la reducción del tamaño y el peso del racimo; también se reduce el número de manos y, por ende, la longitud y el tamaño de los dedos, lo que genera deformaciones en estos y disminución de su peso y forma, en general, y reduce la producción y distribución de materia seca de las plantas (Turner & Barkus, 1983).

Fertilización con calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S)

El calcio (Ca), el magnesio (Mg) y el azufre (S) son elementos importantes para las plantas, porque son absorbidos en grandes cantidades; estos nutrientes son adicionados al suelo en forma de cal dolomita y yeso agrícola, ya que son las principales fuentes a las cuales el productor puede acceder a un bajo costo. Las plantas absorben el Ca y el Mg del suelo como iones divalentes (Ca^{2+} y Mg^{2+}), mientras que el S es absorbido en forma de sulfato (SO_4^-).

Calcio (Ca)

El calcio (Ca) es un elemento estructural de la planta, ya que es constituyente de la lámina media y de las paredes y membranas celulares, las cuales son importantes para darle grosor a la hoja y para mejorar la respuesta de la planta frente a enfermedades. Es importante en el proceso de mitosis y actúa en la división y extensión celular, lo que contribuye a un mejor desarrollo radical de las plantas (Díaz, Cayón, & Mira, 2007; Marschner, 2011).

Las deficiencias de Ca en la planta se manifiestan por el bajo desarrollo radical, con raíces deficientes y oscuras (Souza & Fernandes, 2006). Debido a la baja movilización de este elemento, en las hojas jóvenes se manifiestan clorosis marginales en forma de dientes de sierra y disminución del tamaño, así como corrugamiento de la lámina foliar entre la tercera y quinta hojas (Moreira et al., 2010) (figura 32).

En la etapa de producción, la planta manifiesta la denominada *mancha de la madurez*, que afecta la presentación del fruto y, cuando la deficiencia es muy aguda, produce frutos de mala calidad y con tendencia a rajarse antes del inicio de la maduración (Díaz et al., 2007; Moreira et al., 2010).



Fotos: Equipo plátano
CI La Libertad

Figura 32. Síntomas de deficiencia de calcio (Ca) en hojas, distorsión foliar y enrollamiento de la hoja; Arauca, 2017.

Magnesio (Mg)

La absorción de magnesio (Mg) por la planta ocurre durante todo el ciclo. Cuando el cultivo se encuentra en etapa vegetativa, este elemento juega un papel muy importante, ya que forma parte de la molécula de la clorofila. Interviene en el proceso de fotosíntesis y respiración y en la activación de los aminoácidos y moviliza el P dentro de las plantas; además, su redistribución por el floema es mayor que la del Ca, debido a que se moviliza de hojas viejas a jóvenes (López, 2002).

La principal deficiencia visual de Mg en las plantas se manifiesta con clorosis en las márgenes, con progreso hacia la nervadura principal, en ambos lados de la lámina foliar y especialmente en hojas nuevas (figura 33). De igual forma, ocurre

una disminución en la altura de las plantas y menor producción por la reducción de clorofila (Gowen, 1995; Moreira et al., 2010).



Fotos: Equipo plátano
CI La Libertad

Figura 33. Síntomas de deficiencia de magnesio (Mg) en los que se evidencia la clorosis generalizada desde el borde hasta la nervadura central de hojas superiores; Arauca, 2017.

Azufre (S)

El azufre (S) es un elemento importante en la nutrición, pero es poco utilizado en los planes de fertilización de los cultivos. Interviene indirectamente en la absorción del N y participa en la síntesis de proteínas y aminoácidos dentro de las plantas. De la misma forma que el P, mejora el crecimiento radical y el vigor de las plantas (Belalcázar, 1991; Gowen, 1995).

Los síntomas de deficiencia de S en las plantas aparecen en las hojas más jóvenes, que tienden a volverse de color blanco amarillento (figura 34); su redistribución se da de las hojas viejas a las más nuevas. Cuando la deficiencia es muy marcada, hay necrosis del borde de las márgenes de las hojas y un aumento en el engrosamiento de la nervadura central (Belalcázar, 1991; Borges, 2004; López, 1994; Moreira et al., 2010).



Fotos: Equipo plátano
CI La Libertad

Figura 34. Síntomas de deficiencia de azufre (S) en los que se observa la clorosis generalizada en hojas nuevas; Yopal, Casanare, 2017.

Fertilización con micronutrientes

Los micronutrientes son elementos esenciales para el crecimiento de las plantas y se caracterizan por ser absorbidos en pequeñas cantidades por los cultivos. Su deficiencia puede generar problemas en el crecimiento y desarrollo, lo que repercute en la calidad y cantidad de producción por cultivo. Entre los micronutrientes que presentan mayores deficiencias en el cultivo de plátano están el boro (B), el zinc (Zn), el hierro (Fe) y el manganeso (Mn) (Borges, 2004; Martínez, 1998).

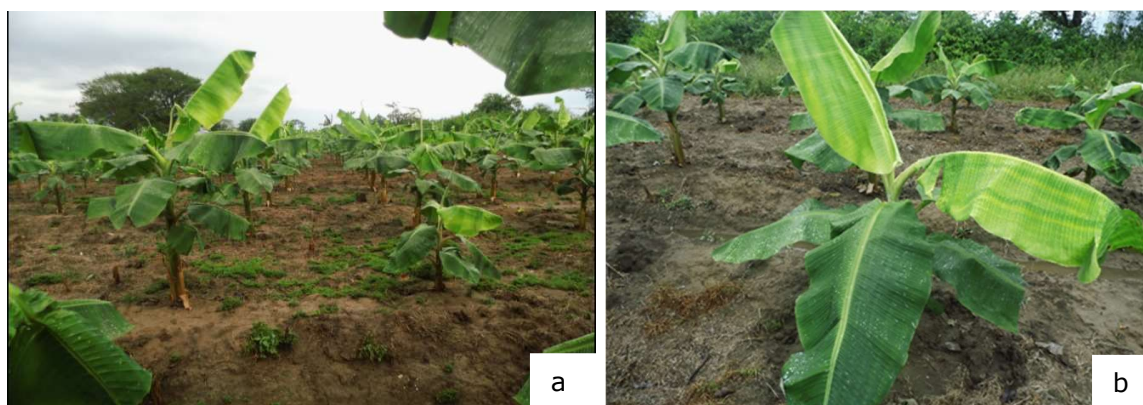
Boro (B)

La principal forma de absorción del boro (B) es como ácido bórico (H_3BO_3). Este nutrimento posee baja movilidad dentro de la planta, su movimiento depende de

la transpiración para llegar hasta las partes más altas de esta y, por tal motivo, es importante aplicarlo al momento de la siembra (Marschner, 2011).

Marschner (2011) indica que el B es fundamental en el crecimiento de la raíz, debido a que interviene en la formación de auxinas. Además, junto con el Ca, juega un papel importante en la polinización de las plantas, ya que el B hace parte del crecimiento del tubo polínico, y el Ca, de la germinación, el peso y la fecundación del polen. Del mismo modo, el B interviene en el proceso de fructificación, en el metabolismo del N y en la actividad de ciertas hormonas.

La deficiencia de B se manifiesta con la reducción en el crecimiento, con deformaciones en puntos de crecimiento y con la malformación de las hojas nuevas, que muestran el denominado *cuello de ganso*. También se producen rayas blanco-amarillentas que se esparcen por toda la hoja y paralelas a la nervadura principal (figura 35). En condiciones severas, se produce clorosis intervenal y formación incompleta de las hojas. Igualmente, el cultivo, en etapa de producción, puede generar deformaciones del racimo, lo que reduce el número de frutos y los atrofia (Borges, 2004).



Fotos: Equipo plátano
CI La Libertad

Figura 35. Síntomas de *deficiencia* de Boro (B); Tame, Arauca, 2017. a. Cuello de ganso en hoja bandera; b. Líneas amarillentas paralelas a la nervadura central.

Zinc (Zn)

El zinc (Zn) se absorbe vía radical y foliar en la forma Zn^{2+} . Este elemento es importante ya que afecta la síntesis de hormonas que están encargadas del crecimiento y desarrollo de las plantas. Hace parte de la fotosíntesis, la respiración, el metabolismo del N y la formación de aminoácidos (Marschner, 2011).

Su deficiencia se manifiesta con deformación de los frutos, que resultan más pequeños, con lo cual disminuye la producción. Al ser componente de auxinas, provoca disminución del sistema radical, de los entrenudos y del crecimiento de la planta; también disminuye el número de hojas y genera pérdida de brotes (Sabogal, 2001).

En las hojas, se observa clorosis intervenal con franjas verde oscuro con amarillo. En deficiencias agudas también se observan puntos blancos en hojas jóvenes y parte de la misma tonalidad marrón rojiza, como consecuencia de altas acumulaciones de P, debido a que el Zn controla la absorción de este elemento en las plantas (Sabogal, 2001; Marschner, 2011).

Hierro (Fe)

En el cultivo de plátano, rara vez se presentan síntomas de deficiencia de hierro (Fe), debido a que los suelos contienen cantidades elevadas de este elemento, excepto en condiciones alcalinas, en las que el contenido es deficitario. Es absorbido como Fe^{2+} y Fe^{3+} por las plantas. En el caso de la Orinoquia, los niveles de Fe en los suelos son altos, ya que estos se caracterizan por tener pH ácidos, condición que facilita la disponibilidad de este nutrimento (IGAC, 2014b).

La función principal del Fe es la activación de las enzimas, y además participa en reacciones fundamentales de la oxidorreducción (Gowen, 1995). De igual forma, juega un papel fundamental en enzimas como la ferredoxina, encargada de la asimilación y reducción del S y el N para la absorción de las plantas; también interviene en la biosíntesis de clorofila, pues hace parte de las enzimas que la conforman (Marschner, 2011).

La deficiencia de Fe en las plantas se manifiesta en las hojas jóvenes, debido a su baja movilidad en los tejidos vegetales; la planta también es afectada por un elevado contenido de P y Mn, así como por deficiencias de K. El síntoma más característico de la deficiencia de Fe es la presencia de hojas viejas verdes y de hojas jóvenes cloróticas y, a veces, blancas, con necrosis en los bordes, debido a la incapacidad de las hojas para sintetizar la clorofila. Otros síntomas que se pueden observar son: afectación en el crecimiento de las plantas, reducción del grosor del tallo y alteraciones en las nervaduras de las hojas (Borges, 2004; Moreira et al., 2010).

Manganeso (Mn)

El manganeso (Mn) es absorbido como catión Mn^{2+} . Las plantas lo requieren en pequeñas cantidades para suplir las necesidades del cultivo; sin embargo, Gowen (1995) señala que la absorción de Mn por la planta de banano y plátano es muy alta, pues llega hasta 6000 ppm en las hojas. Por su parte, Turner y Barkus (1983) encontraron que el efecto de la aplicación de dosis altas de Mn es que se reduce la absorción de Ca, Mg y Zn, por parte de las plantas, en un 23, 39 y 23 %, respectivamente.

Los síntomas de la deficiencia de Mn se presentan con hojas un poco más oscuras y opacas en el tercio medio de las plantas (Borges, 2004). El sistema radical también se ve afectado por la deficiencia de este elemento, ya que afecta los carbohidratos no estructurales y ocasiona, así, la reducción del sistema. Otro síntoma inicial observado es clorosis entre las nervaduras tanto de las hojas jóvenes como de las viejas, seguida de lesiones necróticas; esto es debido a que el Mn es considerado un elemento moderadamente móvil en la planta. En condiciones de deficiencia severa, la producción del racimo se reduce drásticamente (Gowen, 1995; Marschner, 2011).

Análisis foliar

Los análisis foliares son buenas herramientas de diagnóstico de nutrientes; sin embargo, es importante relacionarlos con análisis de suelos, con el fin de observar las relaciones entre el suelo y las plantas. Estos análisis se destacan por determinar el estado nutricional de las plantas, la confirmación de síntomas visibles de carencia

de nutrientes, el diagnóstico de deficiencia de nutrientes con y sin síntomas visuales y la identificación de interacciones de antagonismo (Raij, 2011).

Desafortunadamente, este tipo de análisis no se realiza con frecuencia para el cultivo de plátano, siendo una herramienta que permite conocer la asimilación de los nutrientes y establecer, en caso de ser necesario, correctivos de la fertilización de macro o microelementos.

Para hacer este tipo de análisis, el protocolo de muestreo es seleccionar plantas recién florecidas (con menos de dos manos expuestas en el racimo) y tomar la tercera hoja en sentido ápice-base (de arriba hacia abajo); de esta hoja, se cortan porciones de aproximadamente 20 cm de ancho del tercio medio de la lámina foliar (semilimbo), en unas 15 o 20 plantas/ha (Lahav & Turner, 1992). Posteriormente, se llevan a un laboratorio debidamente acreditado para que se realicen los análisis de macro y microelementos.

El conocimiento del estatus nutricional de la planta en ese momento permite poder ajustar el plan de fertilización en función de los resultados obtenidos, y si se presentan deficiencias nutricionales, estas pueden ser corregidas mediante la aplicación de fertilizantes edáficos o con fertilizaciones foliares. De este modo, se puede favorecer un mejor llenado del racimo y, finalmente, obtener una alta productividad. En la tabla 7 se presentan valores referenciales de concentraciones adecuadas de nutrimentos en tejido foliar para el caso del plátano en plantas recién florecidas.

Tabla 7. Concentración de niveles adecuados de nutrientes en tejido foliar para plantas de plátano

N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	S (%)	Fe (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Mn (mg/kg)	B (mg/kg)
2,8-4,0	0,2-0,25	3,0-4,0	0,8-1,2	0,2-0,46	0,23-0,27	70-200	7-20	21-35	100-2.200	20-80

Fuente: López, Vargas, Espinosa y Vargas (2001)

Esta tecnología es poco utilizada por los productores, pues el 97 % de los encuestados en los Llanos Orientales no realiza el muestreo foliar, en comparación con un 3 % que sí lo aplica en su sistema de producción. Esto puede ser debido al desconocimiento de los beneficios que puede generar esta herramienta en el desarrollo del cultivo y la producción y también a la falta de socialización y de conocimiento de metodologías de muestreo, lo cual resulta en dificultades para el agricultor.

Control de arvenses

El control de malezas es una práctica importante de realizar, porque evita la competencia por agua, luz y nutrientes con el cultivo. No desarrollar esta actividad correctamente puede ocasionar problemas en cuanto a crecimiento, producción, plagas y enfermedades (Martínez, 1998). Las malezas, funcionalmente, se pueden agrupar en gramíneas, ciperáceas y de hojas anchas. La dinámica de su aparición en el lote suele definir el tipo de control a emplear. Para el caso del plátano, el sombreado que se genera a medida que va creciendo el cultivo ocasiona cambios en la proporción de las arvenses, debido fundamentalmente a las características particulares de adaptación de ciertas malezas a condiciones de menor intensidad lumínica.

Otro factor importante relacionado con la presencia de arvenses en lotes de plátano es que ciertas especies pueden ser hospederas de plagas y enfermedades, como es el caso de malezas que pueden ser hospederas de virus (CMV) o bacterias (*R. solanacearum*).

Badgujar, Dusane y Deshmukh (2003) plantean que el periodo más crítico para el control de malezas es de 1 a 5 meses después de la siembra y que se requieren de 5 a 6 limpiezas de arvenses. Del mismo modo, señalan que la etapa de desarrollo del racimo también se ve afectada por los niveles de malezas, que aumentan los días para la floración del cultivo. Por lo anteriormente señalado, mantener el cultivo libre de malezas aumenta en aproximadamente un 47 % la producción en comparación con un cultivo sin control.

Para un control eficiente de arvenses, se recomienda conocer: 1) la especie de maleza presente en el cultivo; 2) el porcentaje de área afectada por las malezas; 3) el estado en el cual se encuentran las malezas; 4) la disponibilidad de equipo para su control; 5) las condiciones climáticas para realizar el control, y 6) los tipos de control.

Control manual y mecánico

El control de malezas en el cultivo de plátano se hace tradicionalmente con machete, azadón y guadaña. Este método es usado principalmente por pequeños productores y representa un alto costo por la mano de obra. La acción de este manejo es relativamente corta debido a la capacidad de recuperación de las malezas. La eficiencia de esta labor depende de la regularidad con la cual se realice y de la selectividad, pues, mediante su ejecución, se eliminan las plantas indeseables con el menor riesgo posible de dañar el cultivo.

El control manual se realiza con machete o azadón, alrededor de las plantas, a un metro de distancia del pseudotallo; este sistema es llamado *plateo*. El control mecánico, por su parte, se realiza antes de la instalación del cultivo con la preparación del terreno; después de instalado, se realiza con guadaña, rozando las calles del cultivo y los espacios entre estas (Pertúz & Delahoz, 2015).

Este control se debe realizar cuando las malezas están próximas a florecer, para evitar la dispersión de semillas y prevenir un aumento en la población de malezas en el lote. Cuando las malezas estén muy altas, se debe tener precaución con el fin de evitar el riesgo de lesionar el pseudotallo en la realización del control (Palencia et al., 2006).

Los resultados del diagnóstico realizado a los agricultores encuestados indican que el 90,82 % de estos realiza el control de malezas con guadaña.

Control químico

Es el control que más utilizan los productores y se realiza básicamente con herbicidas (figura 36), los cuales se encuentran en una amplia gama de

productos a utilizar. Estos productos se pueden clasificar según el momento y el modo de acción.

En cuanto al momento de acción, los herbicidas preemergentes son utilizados en aplicaciones al suelo antes de la emergencia de las arvenses, porque son persistentes en el suelo, inhiben el crecimiento de las malezas y evitan la competencia con el cultivo. Los posemergentes se utilizan con el fin de controlar las plantas ya presentes en el cultivo (Alves *et al.*, 2004). En cuanto al modo de acción, los herbicidas se dividen en dos grupos: de contacto y sistémicos. En el plátano, los principales herbicidas utilizados son el paraquat y el glifosato; el primero es de contacto, y el segundo, sistémico (Pertúz & Delahoz, 2015). Para hacer un buen control y evitar problemas en el cultivo, se recomienda la rotación de herbicidas de diferentes modos de acción, con el fin de evitar la resistencia de las malezas a los químicos aplicados (Ulzurrún, 2013).

Finalmente, los herbicidas no deben ser considerados como la única solución; estos tienen la capacidad de resolver problemas, pero también de causar otros, como resistencia de las malezas a los químicos, perjuicio a la salud humana y daño ambiental por acciones de aplicaciones repetidas (Martínez, 1998).



Fotos: Equipo plátano
CI La Libertad

Figura 36. Control de malezas con aplicación de herbicidas; Granada, Meta, 2017.

Para el caso de los Llanos Orientales, de los productores encuestados, el 95,92 % hace uso del control químico; de estos, el 76,53 % lo hace con una frecuencia de aplicación de entre 2 y 4 meses; además, el 76,53 % utiliza paraquat, y el 45,92 %, glifosato.

Control cultural

La siembra y distribución de los espacios recomendados en el lote optimiza el área disponible para los cultivos y minimiza el espacio para el desarrollo de las malezas dentro de estos, de tal forma que entre mayores sean las densidades de siembra, menor competencia de arvenses habrá dentro del cultivo (Fontes & Goncalves, 2008).

Las labores culturales como el deshoje y destronque generan residuos de hojas y pseudotallos que pueden ser dispuestos en la superficie del terreno para que interfieran el desarrollo de las malezas. Adicionalmente, estos tejidos son fuente de materia orgánica que provee nutrientes al cultivo (Patiño et al., 2017).

La utilización de plantas de cobertura también sirve como estrategia para controlar los problemas de las arvenses, pues sirve como resistencia a la emergencia de malezas y como barrera en la protección de la erosión del suelo por causa de la lluvia y el viento (Fontes & Goncalves, 2008).

Por otra parte, el establecimiento de policultivos o cultivos asociados puede ser una alternativa para disminuir la presencia de arvenses. El establecimiento de cultivos de pancoger (frijol o maíz, entre otros) al inicio del ciclo productivo del plátano trae como consecuencia la ocupación del sitio en la calle donde se podrían establecer las malezas, y el cultivo en asocio no sería afectado significativamente por el sombreado generado por el plátano.

Manejo integrado de insectos plaga

A través de la experiencia, el conocimiento y el trabajo realizado en campo, se ha evidenciado que los problemas fitosanitarios en el cultivo de plátano son

manejados tradicionalmente por los agricultores con aplicaciones frecuentes de productos químicos, como consecuencia del desconocimiento de otras alternativas de manejo. Adicionalmente, en la zona hay presencia de empresas dedicadas a la venta y comercialización de insumos agropecuarios y un bajo porcentaje de asistentes técnicos especializados en el cultivo en mención. Estos resultados se obtuvieron mediante la encuesta realizada a los 98 productores en los departamentos de Arauca, Casanare y Meta.

Principales insectos plaga

Dentro de los principales insectos plaga que afectan el cultivo de plátano en la región de los Llanos Orientales se encuentran el picudo negro, la mosca blanca y la cochinilla. A continuación, se realiza una descripción de las características de cada una de estas especies, además de las estrategias para el control de las mismas. Aunque existen otros insectos catalogados como plagas secundarias, se señalan los de mayor incidencia y repercusión económica en el cultivo.

Picudo negro

Esta es una de las plagas de mayor importancia en los cultivos de plátano en Colombia (Augura y Repcar, 2009; García & Palacios, 2017). El adulto del picudo negro (*C. sordidus*) mide entre 1,5 y 2 cm de longitud. La cabeza presenta un pico largo y curvo con dos antenas. La coloración varía de rojizo, en sus primeras etapas, a negro, cuando ya está desarrollado (Instituto Colombiano Agropecuario [ICA], 2012) (figura 37).



a



b

Fotos: Equipo plátano
CI La Libertad

Figura 37. Picudo negro. a. Larva; b. Adulto.

Los picudos, además, se caracterizan por presentar un aparato bucal fuerte, que les sirve para alimentarse y realizar orificios en pseudotallos o cormos, donde colocan los huevos que, a su vez, dan origen a las larvas, las cuales causan daño al consumir el tejido y al dejar una especie de galerías o túneles en el interior de aquellos (

38). Esto trae como consecuencia el debilitamiento de la planta y afectación por la infección que generan otros microorganismos secundarios que pueden causarle daño al cultivo (ICA, 2012).



Fotos: Equipo plátano
CI La Libertad

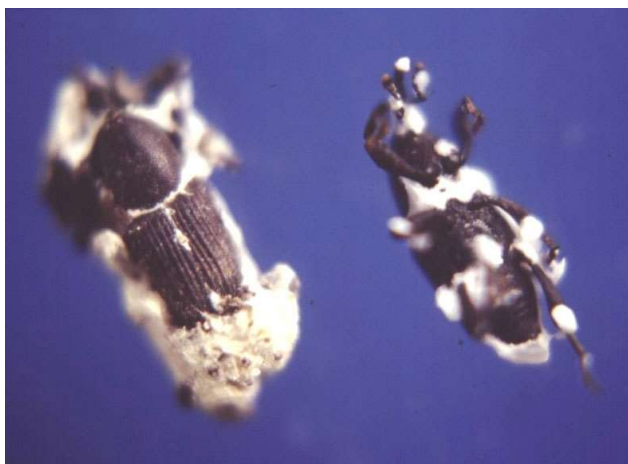
Figura 38. Cormo afectado por el picudo; Meta, 2017.

Prevención

La principal labor para prevenir el ataque de picudos es obtener una semilla de buena calidad, certificada por el ICA o producida en la finca mediante la técnica de rebrote inducido (ICA, 2012).

Control biológico

Una de las alternativas de manejo que se ha utilizado es el uso de hongos entomopatógenos, como *Beauveria bassiana* (figura 39) y *Metarhizium anisopliae*, los cuales desarrollan su ciclo biológico dentro de las larvas, las pupas y los adultos de los picudos.



Fotos: Equipo plátano
CI La Libertad

Figura 39. Adulto de picudo negro colonizado por el hongo *Beauveria bassiana*.

Control cultural

- Eliminar residuos de cosecha y cormos, ya que su descomposición atrae a los adultos de la plaga (Augura & Repcar, 2009).
- Construir e instalar trampas de caída (figura 40) o en plantas recién cosechadas (ICA, 2012). Estas trampas se pueden construir con residuos de cepas y pseudotallos cebados con insecticidas de baja toxicidad o preferiblemente con hongos entomopatógenos (Augura & Repcar, 2009; ICA, 2012).



Fotos: Equipo plátano
CI La Libertad

Figura 40. Trampa de caída para la captura de adultos de picudo.

Es importante destacar que, dependiendo de los ciclos de producción que se proyectan para la plantación, se realiza la construcción de las trampas (ICA, 2012):

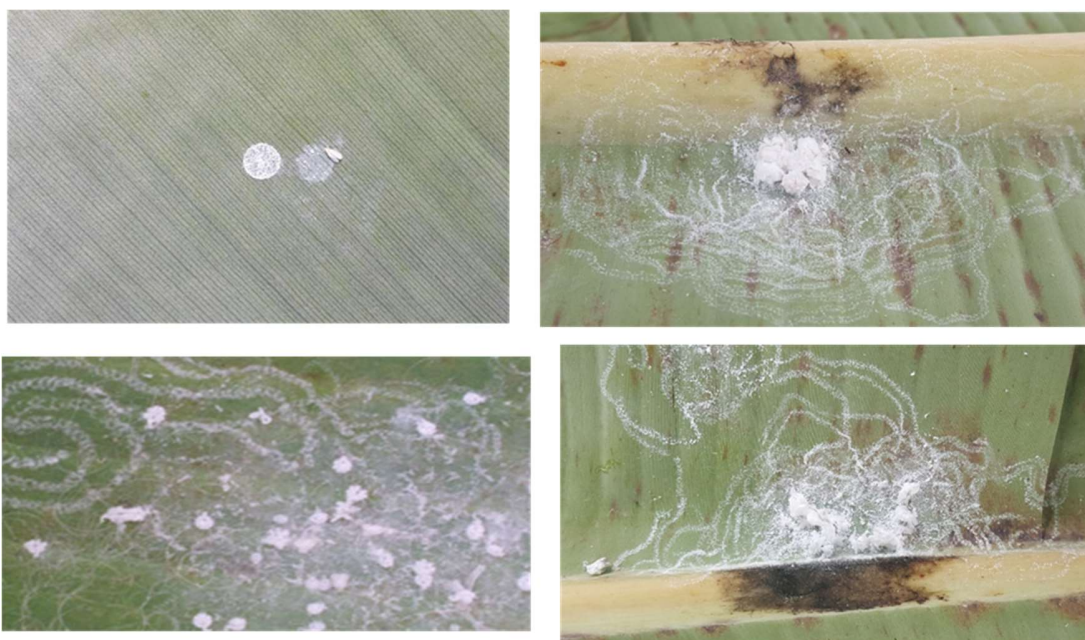
- En cultivos de primer ciclo: construir trampas tipo “cuña”, que consiste en realizar un corte inclinado y otro horizontal en un lado del pseudotallo y cerca al nivel del suelo. El trozo obtenido se coloca nuevamente en el sitio y se revisa a los dos o tres días; esta trampa va acompañada de una hoja de plátano, con el fin de evitar la desecación del pseudotallo.
- En cultivos con más de un ciclo de producción (recomendado en zonas de pendiente): construir trampas tipo disco de cepa modificado, que consiste en realizar un corte horizontal al pseudotallo a 30 cm de altura desde el suelo, y a 15 cm debajo de este se realizan dos cortes encontrados en forma de bisel.
- Para terrenos planos: se debe utilizar la trampa tipo disco de cepa sencillo, que consiste en realizar dos cortes en forma horizontal al pseudotallo: uno, a 30 cm del nivel del suelo, y el otro, a 15 cm.

Control químico

Se recomienda utilizar este control solo en casos extremos, cuando las medidas de control anteriores no hayan funcionado, preferiblemente bajo supervisión de un ingeniero agrónomo y con productos con registro ICA para este propósito.

Mosca blanca

La mosca blanca espiral (*Aleurodicus floccissimus*) es un insecto chupador que afecta las hojas de las plantas de los cultivos de plátano y banano y ocasiona, así, amarillamiento de la lámina foliar, así como la presencia de fumagina, provocada por los exudados que se generan en el tejido por la acción del insecto, los cuales favorecen el desarrollo del hongo (figura 41). Con ello, ocasiona pérdida de capacidad fotosintética, incluso hasta provocar la muerte de las hojas, lo que afecta la producción y el rendimiento del cultivo (ICA, 30 de octubre de 2014).



Fotos: Equipo plátano
CI La Libertad

Figura 41. Evolución de los síntomas asociados a la mosca blanca de espiral y evidencia de fumagina en la nervadura central de la hoja de plátano; Tame, Arauca, 2017.

El reporte oficial de la presencia de mosca blanca en el cultivo de plátano en los Llanos Orientales fue hecho por el ICA en el año 2016. Este insecto plaga puede llegar a ser potencialmente limitante en la región, tal como ocurrió en el caso de la mosca blanca espiral en el Eje Cafetero, la cual determinó, en el año 2014, que se declarara el estado de emergencia fitosanitaria en los departamentos de Quindío y Risaralda.

Para el caso del Meta, el ICA reportó su presencia en 22 predios de 5 municipios del departamento, por lo que declaró un estado de emergencia por el riesgo que representa esta plaga para las plantaciones de plátano, por su rápida reproducción y por su fácil dispersión bajo ciertas condiciones ambientales (ICA, 29 de agosto de 2016). De acuerdo con la resolución ICA 3495 (30 de octubre de 2014) para el Eje Cafetero, en la cual se declaró un estado de emergencia por los daños ocasionados por esta plaga (figura 42), las estrategias de control son las siguientes (ICA, 30 de octubre de 2014):



Fotos: Equipo plátano
CI La Libertad

Figura 42. Estructuras de mosca blanca de espiral y formación de fumagina en síntomas severos; Eje Cafetero, 2014.

Prevención

Se deben monitorear de manera permanente los cultivos, con el fin de identificar la plaga.

Control biológico

Hay que establecer manejos con hongos entomopatógenos controladores de la plaga.

Control cultural

- Efectuar el control de arvenses en las plantaciones afectadas por la presencia de la mosca blanca espiral con un herbicida registrado ante el ICA, a fin de evitar hospederos alternos que le sirvan de alimentación o refugio a la plaga.
- Eliminar la parte afectada de la hoja tratando de conservar como mínimo ocho hojas funcionales.
- Compostar los residuos de la cosecha apilando las hojas en el suelo y aplicar productos que ayuden a su rápida descomposición, para lo cual también se pueden exponer las hojas a los rayos directos del sol.

Control químico

Se deben aplicar insecticidas formulados en mezclas con registro ICA y con un uso aprobado para el control de *A. floccissimus*; estas mezclas son: thiacloprid + deltametrina o imidacloprid + lambdacialotrina.

Cochinillas

Dado que el problema de la presencia de esta plaga en la región de los Llanos Orientales es de reciente aparición, los estudios específicos no están lo suficientemente desarrollados. De acuerdo con la literatura, la cochinilla se presenta con mayor frecuencia en el pseudotallo y las raíces. La cochinilla del plátano es un insecto con dimorfismo sexual, es decir, las hembras pueden llegar a medir 4-5 mm, no poseen alas, tienen cuerpo elíptico con la cabeza y el abdomen fusionados y están cubiertas de un polvillo céreo blanco, mientras que, por otro lado, los machos presentan cabeza, tórax y abdomen bien diferenciados y tienen un par de alas, antenas largas y patas que terminan en una uña simple (Hernández, Carnero, Velásquez, Ramos, & Perera, 2011). Esta especie ocasiona un daño directo en las plantas debido a la succión de la savia; sin embargo, el principal daño es indirecto, ya que los abundantes exudados que deja esta plaga favorecen la aparición de *Capnodium* sp., que en la región se conoce comúnmente como *fumagina* (Ramos, Hernández, Velásquez, & Carnero, 2011).

En estudios realizados, se identificó que en un 40 % de las plantas evaluadas se encontraron las cochinillas *Pseudococcus jackbeardsleyi*, *Dysmicoccus brevipes* y *Neochavesia caldasiae*, asociadas a los pseudotallos y a las raíces. En un 90 % de esas muestras, los casos predominantes fueron *P. jackbeardsleyi* y *D. brevipes* (Villegas, Zabala, Ramos, & Benavides, 2009).

Prevención

Se recomienda realizar muestreos de forma aleatorizada, dado que la plaga no muestra patrones claramente definidos (Guillén et al., 2010).

Control cultural

De acuerdo con la escala poblacional definida por Guillén et al. (2010) (tabla 8), bajo un grado 2 (de 11 a 30 insectos/planta), se recomienda iniciar con la eliminación de calcetas cada 8 semanas, y cuando se está en grado 3 (de 30 a 100 insectos/planta), se recomienda realizar la aplicación de sales potásicas (detergente industrial) a razón de 25 g/litro (L) de agua.

Tabla 8. Escala poblacional de escamas en el cultivo de plátano

Grado	Descripción	Cantidad de insectos por planta
0	Sin presencia	0
1	Presencia baja	1-10
2	Presencia baja-media	11-30
3	Presencia media-alta	31-100
4	Presencia muy alta	Más de 100

Fuente: Guillén et al. (2010)

Además, se debe:

- Lavar los racimos con agua a presión para despegar las cochinillas de estos.
- Realizar un adecuado control de malezas en la plantación (Augura & Repcar, 2009).

Plagas secundarias: el picudo rayado y el picudo amarillo

El picudo amarillo (*Metamasius hebetatus*) y el picudo rayado (*M. hemipterus*) (figura 43) son consideradas plagas secundarias en el cultivo de plátano, y su presencia está más bien asociada con plantaciones descuidadas y con presencia de deficiencias nutricionales. Adicionalmente, se incrementa su incidencia en plantaciones donde no se elimina el pseudotallo una vez cosechada la planta y donde no se pican los residuos de la cosecha. Los adultos de estas especies son insectos de 1,5 cm de largo y de color amarillo o rojizo. El adulto de *M. hemipterus* presenta como características morfológicas distintivas 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. En el caso de *M. hebetatus*, solo se observan dos manchas semicirculares pequeñas. Los adultos se encuentran comúnmente congregados debajo de las calcetas, en lugares húmedos y oscuros (ICA, 2012). Las estrategias de manejo para el picudo negro aplican también para las dos plagas en mención.



Fotos: Equipo plátano
CI La Libertad

Figura 43. Adulto de picudo rayado.

Plagas en fruto

Adicional a las plagas presentadas anteriormente, existen otros insectos plagas que atacan el fruto y causan daños como raspaduras que, posteriormente, se convierten en manchas negras, lo cual disminuye la presentación estética del dedo.

Morrocoyita del fruto (*Colaspis* sp.)

Este coleóptero es considerado la plaga más frecuente que afecta racimos y frutos de plátano. Su daño consiste en que el insecto causa roeduras principalmente en los filos de la fruta o bien en las superficies planas de los dedos (Augura & Repcar, 2009).

El adulto mide entre 5 y 8 mm de longitud; es un cucarrón de forma oval y su color varía de verde castaño a negro, según la especie (Castrillón, 2010).

Entre las medidas de control, se utiliza el embolse del racimo, y las bolsas pueden venir impregnadas con algún insecticida o con sustancias orgánicas que repelan al insecto. Otra alternativa puede ser el control biológico mediante aplicaciones de hongos entomopatógenos (*B. bassiana* y *M. anisopliae*). Adicionalmente, prácticas culturales como el control de malezas pueden ser útiles para disminuir la presencia del insecto (Augura & Repcar, 2009).

Abeja trigona (*Trigona* sp.)

Este insecto pertenece al orden Hymenoptera. La longitud del adulto es de 4,2 mm, y este tiene alas café oscuro y un cuerpo densamente cubierto de vellos cortos y finos (Castrillón, 2010; Nates, Villa, & Vergara, 1989). El daño ocasionado por el adulto consiste en roeduras circulares en las aristas de los dedos del racimo (Augura & Repcar, 2009); esto provoca la secreción de látex, lo cual trae como consecuencia manchas en la fruta luego de secarse y afecta, de esta forma, la calidad del fruto en cuanto a su apariencia.

La estrategia de control de este insecto está basada fundamentalmente en la práctica de embolse del racimo.

Trips (*Frankliniella* sp.)

Son insectos pequeños, con alrededor de 0,4 mm de largo. En su estado adulto, las hembras son de color negro, y los machos, de color café, y en su estado inmaduro, ambos son de color amarillo transparente. Estos insectos se

alimentan de polen y se ubican dentro de las brácteas del racimo (Augura & Repcar, 2009). El daño se genera cuando el adulto oviposita en la cáscara de la fruta, con lo cual ocasiona una mancha rojiza intensa y extendida sobre toda la superficie, por efecto del chupado sobre los dedos, ya que el insecto presenta un aparato bucal chupador-masticador. La cáscara de la fruta se torna áspera, lo que afecta su calidad para la comercialización (Rojas, 2013).

Rojas (2013) señala algunas estrategias para el manejo integrado de trips en plantaciones de banano, entre las cuales incluye: embolse del racimo, aplicación de azufre en polvo como repelente de insectos, uso de extractos vegetales, aplicación de caldo sulfocálcico, limpieza del pseudotallo (desgüasque), control de malezas, desbellote oportuno y fertilización balanceada (Rojas, 2013).

Con base en la información suministrada por los productores, fue posible determinar que el 90,82 % reconoce el picudo negro; el 84,69 %, al picudo rayado; el 80,61 %, al gusano tornillo; el 69,39 %, a las cochinillas; el 70,41 %, a la mosca blanca, y el 56,12 %, a la abeja trigona. Sin embargo, cerca de un 30 % de la población de productores considera que los problemas de mayor relevancia y dificultad para controlar actualmente son los nematodos y las cochinillas.

Por otra parte, el 76,53 % de los productores encuestados utiliza productos químicos para el control de plagas. Los productos más comunes son los organofosforados, con un 27,55 % de los productores, y los piretroides, con un 20,41 %. La aplicación de estos productos se realiza cada dos o tres meses, de acuerdo con el 23,47 % y el 16,33 % de los productores encuestados, respectivamente.

En cuanto al control etológico, el cual se refiere a estrategias de acción con base en el comportamiento del insecto, el 4,08 % de los productores encuestados lo realiza por medio del trampeo para picudo.

Manejo integrado de enfermedades

Las enfermedades más limitantes y con mayor prevalencia en cultivos de plátano en los Llanos Orientales son: sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* M.

Morelet), moko del plátano (*R. solanacearum* raza 2), CMV y BSV. Adicionalmente, se presentan limitaciones con nematodos en el suelo. A continuación, se describen los principales síntomas, el ciclo del patógeno y recomendaciones de manejo para cada caso.

Sigatoka negra

Agente causal: *Mycosphaerella fijiensis* M. Morelet

La sigatoka negra (*M. fijiensis* M. Morelet) es la enfermedad con mayor distribución e importancia económica en los cultivos de plátano y banano en el mundo (Álvarez, Pantoja, Gañán, & Ceballos, 2013; Churchill, 2011; Clay & Kover, 1996; Orozco-Santos et al., 2013) y está considerada entre las ocho enfermedades que amenazan la seguridad alimentaria mundial, debido a las altas pérdidas que causa en los cultivos y a la importancia económica de las especies susceptibles. El plátano hace parte de la canasta familiar en la mayoría de los países tropicales, y el banano es la especie frutícola tropical con mayor consumo y área cultivada en el mundo (Álvarez, Pantoja et al., 2013; Drenth & Guest, 2016).

En la mayoría de las regiones bananeras y plataneras se ha registrado el desplazamiento de la sigatoka negra sobre la amarilla (*Mycosphaerella musicola*) de forma rápida, lo cual se explica por el menor número de días que requiere *M. fijiensis* para completar su ciclo biológico, en comparación con *M. musicola*, y por la alta agresividad de esta enfermedad (Belalcázar, 1991; Martínez Bolaños, 2012). Los materiales de plátano y banano con mayor área cultivada y más comunes en las regiones productoras en todo el mundo son susceptibles a la sigatoka negra, la cual puede causar pérdidas de rendimiento de entre el 35 % y el 50 % (Bennett & Anderson, 2003). En la actualidad, el control de esta enfermedad se basa en el uso de fungicidas, que representan un costo del 30 % al 40 % de la producción; sin embargo, esta medida de control a veces no es eficiente, provoca contaminación del ambiente y problemas de salud humana, genera resistencia del hongo y limita el acceso a mercados internacionales (Ganry, Fouré, de Lapeyre de Bellaire, & Lescot, 2012).

Síntomas de la enfermedad

El síntoma característico de la enfermedad es la producción de líneas necróticas en el envés de las hojas, que pasan por diferentes estados de acuerdo con el grado de desarrollo del hongo (Fouré, 1985) (figura 44).

- Estado 1: lesiones denominadas como *pizcas*, apenas visibles en el envés de las hojas como pequeñas rayas delgadas, diminutas, o como puntos amarillos rojizos con 1 mm de diámetro.
- Estado 2: pequeñas líneas o rayas cloróticas de color amarillo verdoso que posteriormente se tornan café; pueden alcanzar entre 3 y 4 mm de longitud por 1 mm de ancho. En esta etapa, empiezan a producirse los conidios del hongo.
- Estado 3: en este estado, las rayas son perfectamente visibles en el envés y el haz de las hojas; son líneas o estrías alargadas, sin un borde definido, de color café y con hasta 2 mm de longitud.
- Estado 4: las líneas se unen entre sí, por lo que forman manchas ovaladas de color negro o morado en el haz y café en el envés.
- Estado 5: las estrías o rayas se unen y forman manchas negras bien definidas y rodeadas por un anillo necrótico, y en ocasiones se puede formar un halo amarillento. En el centro de las manchas, se observa hundimiento y se puede observar la esporulación blanquecina típica del hongo.
- Estado 6: las manchas colapsan entre sí, por lo que se genera un centro hundido de color blanco grisáceo rodeado de tejido clorótico. Esta es la mayor etapa de producción de ascosporas y de dispersión del hongo (figura 44).



Figura 44. Estados de desarrollo de la sigatoka negra.



Figura 45. Cultivo de plátano afectado por la sigatoka negra: visión general.

Ciclo del patógeno

La sigatoka negra se puede propagar a través de dos formas: 1) por el estado sexual, llamado *Mycosphaerella fijiensis*, caracterizado por la producción de esporas denominadas *ascosporas*, que se desarrollan en los estados avanzados de la enfermedad (estados 5 y 6), y 2) por el estado asexual, *Pseudocercospora fijiensis*, el cual genera esporas denominadas *conidias*, típicas de los estados tempranos de la enfermedad (estados 2 a 5) (Álvarez et al., 2013; Merchán, 2000). En general, en una misma hoja o planta se pueden encontrar todos los estados de la enfermedad, y, por lo tanto, la producción de conidias y ascosporas es continua en el ciclo de producción del cultivo.

El ciclo de la enfermedad de *M. fijiensis* consta de cuatro etapas distintas que incluyen germinación de las esporas, penetración del hospedero, desarrollo de síntomas y producción de esporas. Después de un periodo de crecimiento epifito, que generalmente dura entre 2 y 3 días, los tubos germinativos penetran los estomas. Bajo condiciones favorables, los primeros síntomas aparecen generalmente de 10 a 14 días después de la incubación (figura 46); luego, los síntomas evolucionan gradualmente desde el estado 1 (rayas) hasta la primera etapa de las manchas (necrosis y periodo de transición) y, después, hasta los estados 5 y 6 (Fouré, 1985).

El movimiento a corta distancia se produce principalmente por el agua, aunque también puede producirse dispersión por el salpiqueo de gotas de lluvia sobre el suelo que alcanzan el tejido foliar, principalmente de plantas en las primeras fases de establecimiento. El desarrollo de la sigatoka está estrechamente relacionado con el patrón de precipitación de cada sitio (Gauhl, 1990; Manzo Sánchez, Guzmán González, Rodríguez García, James y Orozco Santos, 2005). Por esta razón, en la zona de los Llanos Orientales, con nueve meses de lluvia constante, la sigatoka negra es endémica en todos los departamentos, y el desplazamiento sobre la sigatoka amarilla es del 100 %.

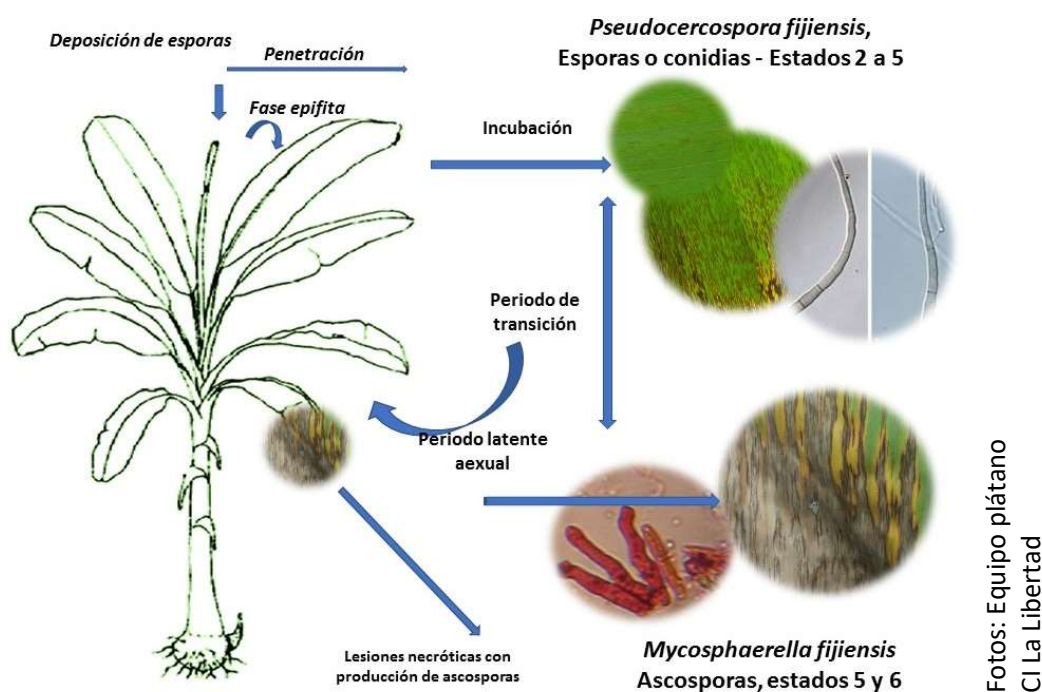


Figura 46. Ciclo de *Mycosphaerella fijiensis*.

Fuente: Elaboración propia

Por su parte, las ascosporas pueden ser dispersadas por el viento a grandes distancias, mientras que los conidios se dispersan por el rocío, el agua lluvia y las salpicaduras que se depositan sobre las hojas. Las ascosporas juegan el papel epidemiológico más importante en la propagación de la enfermedad a través de la dispersión del viento (Gauhl, 1990). La duración de la incubación, los periodos de transición y la intensidad de la producción de esporas dependen de la resistencia o susceptibilidad del huésped al patógeno, las condiciones climáticas y la severidad de la infección. En cultivares susceptibles (por ejemplo, bananos y plátanos), con un clima cálido y húmedo y con alta presión de inóculo, los periodos de incubación y transición son más cortos y la producción de conidios y ascosporas es más alta.

Monitoreo de la enfermedad

Para determinar el grado de incidencia y severidad de la sigatoka, es necesario conocer el promedio de la hoja más joven manchada (HMJM). Además, se debe

calcular la línea crítica de esta para establecer la necesidad y el tipo de medidas de control. A continuación, se presenta el protocolo a seguir para determinar el cálculo de la HMJM:

- Determinación del tamaño de la muestra: en cada lote, al azar, se deben marcar diez plantas en estado vegetativo, es decir, antes de la fase productiva (formación de bellota o de racimo). La evaluación no puede hacerse cuando la planta entra a la fase reproductiva, porque en ese momento cesa la producción de hojas, con lo cual se afecta el seguimiento de la enfermedad. Para este tipo de evaluaciones, cuando las plantas seleccionadas entran a formación de racimo, se deben reemplazar por plantas nuevas.
- Evaluación: las evaluaciones de incidencia y severidad se deben hacer cada semana o cada quince días. En cada hoja, se evalúa la presencia de manchas asociadas a sigatoka y se registra, planta por planta, el número de hoja que se encuentra afectada, como se indica en la tabla 9 y la figura 47.

Tabla 9. Seguimiento de la hoja más joven manchada (HMJM): preaviso biológico o línea crítica

Número de planta	Número de hojas funcionales (HF)	Número de la hoja más joven manchada (HMJM)	Grados de la enfermedad						Observación
			1	2	3	4	5	6	
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
Total									
Promedio									Sume y divida por 10 el dato de la HMJM para determinar el promedio de las 10 plantas

Nota: una hoja es funcional cuando cuenta con más del 60 % de área verde.

Fuente: Elaboración propia

Los resultados registrados cada semana se deben graficar como indica la figura 47 y deben ser analizados para tomar las decisiones de manejo. Si la línea de la HMJM se ubica por debajo de la línea crítica o se mantiene muy paralela, indica que la enfermedad está bien manejada. Si, por el contrario, la tendencia se ubica por encima de la línea crítica establecida o asciende acercándose a esta, indica que la sigatoka ha incrementado su ataque y que es necesario reforzar las medidas de manejo mediante la aplicación de fungicidas.

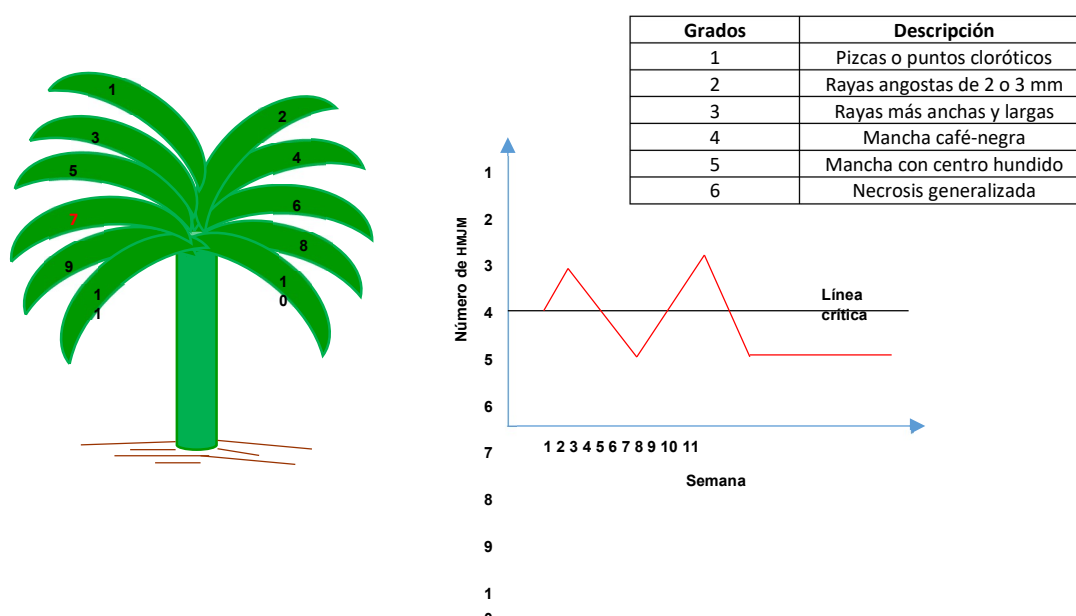


Figura 47. Determinación de la línea crítica para la sigatoka.

Fuente: Elaboración propia

Definición de la línea crítica: la definición de la línea crítica depende del tamaño de los frutos requerido y de las exigencias de los mercados. En general, se acepta que, para el mercado nacional o local, se puede considerar como línea crítica la hoja número 5, y para mercados especializados, la hoja número 7 (ICA, 2012). En tal sentido, algunos criterios descritos por la autoridad sanitaria de Colombia para la toma de decisiones de acuerdo con la valoración de la hoja más joven manchada son:

- Si la HMJM por sigatoka se ubica entre las hojas 2 y 4, se debe hacer poda severa de hojas en toda la plantación y fumigación inmediata.

- Si la HMJM se ubica entre las hojas 5 y 6, se debe mantener el programa de deshojes o despuntes y recurrir al control químico por medio de fungicidas.
- Si la enfermedad se ubica a partir de la hoja 7, solo se requiere mantener el programa de deshojes: quincenal en época lluviosa y mensual en los meses de tiempo seco.

Prevención y manejo

La sigatoka negra es una de las enfermedades más importantes en el cultivo de plátano, razón por la cual, es necesario tener en cuenta cuáles son las prácticas y labores culturales que se deben ejecutar para su manejo. A continuación, se hace una descripción de cada uno de los tipos de control que se pueden utilizar.

Control cultural

Como primera medida, considerando que las hojas representan el medio más efectivo de propagación de la enfermedad, las podas son consideradas como la práctica de mayor eficacia para la prevención y el control de la enfermedad. Sin embargo, en zonas con condiciones climáticas favorables, como una alta precipitación y humedad relativa, suele ser necesaria la combinación de podas y aplicación de fungicidas.

Esta labor, mejor conocida como *deshoje*, tiene como propósito eliminar de manera total o parcial el tejido afectado, con lo que se disminuye la cantidad de estructuras reproductivas del hongo dentro de la plantación. Una hoja afectada por la enfermedad en los estados 5 o 6 puede mantener la producción constante de ascosporas de *M. fijiensis* por más de 20 semanas (Gauhl, 1990), mientras que, en los desechos de podas u hojarasca sobre el suelo, el patógeno solamente puede mantenerse activo de 3 a 6 semanas (Guzmán & Romero, 1995).

El tipo de corte de las hojas (total o parcial) depende del grado de severidad (porcentaje de tejido afectado) y del estado de la enfermedad. Cuando la severidad de la enfermedad no supera el 30 o 40 %, se recomienda cortar solamente la porción afectada (cirugía). Si el porcentaje de infección es mayor al 50 %, se recomienda la eliminación completa de la hoja. Dependiendo del cultivar, el clima y la incidencia de la enfermedad, la frecuencia del deshoje puede estar entre una y cuatro semanas (Orozco-Santos et al., 2008).

Por otra parte, en las condiciones de los Llanos Orientales, donde predominan los suelos pesados y un periodo lluvioso prolongado, la práctica del drenaje cobra relevancia para el manejo de la sigatoka. En plantaciones con drenaje insuficiente, se afecta la emisión foliar y se favorece el desarrollo de la enfermedad (Orozco-Santos et al., 2008). Un adecuado sistema de drenaje reduce el exceso de agua dentro de la plantación, por lo que se disminuyen la humedad relativa y, con ella, las condiciones favorables para el desarrollo de *Mycosphaerella* (Gauhl, 1994; Orozco-Santos & Orozco Romero, 2006).

Otra práctica cultural está fundamentada en la nutrición y la fertilidad del suelo. Como en cualquier especie vegetal, la calidad del suelo y la nutrición de las plantas tienen efectos importantes en el desarrollo de las enfermedades. El desarrollo de la sigatoka está directamente relacionado con las condiciones de crecimiento del cultivo y con suelos deficientes en nutrientes, por lo que se disminuye la emisión foliar y se obtienen plantas menos vigorosas y con mayor susceptibilidad a la enfermedad (Gauhl, 1994).

Otra práctica recomendada es el uso de altas densidades. En trabajos desarrollados por Belalcázar et al. (2003a), se describe que densidades de 3.000 plantas/ha de 'Dominico-Hartón' (*Musa* AAB) en Colombia aumentaron hasta un 300 % el rendimiento en comparación con el sistema tradicional de 1.000 plantas/ha; además, la modificación de las condiciones ambientales al interior de la plantación (humedad relativa, temperatura y cantidad de luz menores) disminuyó la severidad de la enfermedad. Este efecto se atribuye a la disminución del rocío o de agua condensada, necesaria para la germinación de las esporas del hongo, y a la disminución de la toxicidad de la toxina fotosensible cercosporín, típica de *M. fijiensis*.

En los Llanos Orientales, el esquema de producción es anual y de altas densidades, lo cual favorece que se rompan los ciclos del patógeno; sin embargo, las condiciones altamente favorables a la enfermedad, como las lluvias, alta temperatura y el escaso drenaje, ocasionan la presencia casi endémica de la enfermedad en todas las plantaciones y en cualquier edad del cultivo, en general, con niveles de severidad de entre el 5 % y el 10 %, dependiendo de las condiciones de manejo cultural con podas.

Otras prácticas relacionadas, como el deshije, son fundamentales en el control integrado de la enfermedad, porque evitan el exceso de área foliar, mejoran la ventilación dentro del cultivo y permiten una mejor cobertura y dispersión de los fungicidas aplicados (Marín, Romero, Guzmán, & Sutton, 2003; Stover, 1980). De igual forma, es importante el manejo de arvenses con el fin de evitar el aumento de la humedad dentro del cultivo y la competencia por espacio y nutrientes, lo cual genera mayor susceptibilidad de las plantas a la enfermedad (Marín & Romero, 1992; Orozco-Santos, 1998).

Finalmente, el control de insectos y nematodos es fundamental para disminuir los efectos de la sigatoka en el cultivo, dado que la sanidad de las raíces garantiza una adecuada emisión de hojas y reduce la incidencia de la enfermedad (Holderness, Bridge, & Gold, 1999; Orozco-Santos et al., 2008).

Control químico

El control químico de la enfermedad solamente se recomienda cuando las prácticas culturales no hayan sido suficientes para controlar la incidencia y severidad de la enfermedad o cuando la presión del inóculo, por las condiciones ambientales, sea muy alta. En plantaciones comerciales, es común el uso de aplicaciones periódicas para reducir el impacto de la enfermedad.

El uso de fungicidas para el control de la sigatoka debe estar asesorado por un agrónomo o un ingeniero agrónomo y siempre se debe considerar la rotación de las moléculas, para evitar el desarrollo de resistencias en el patógeno; además, es importante considerar las recomendaciones del Fungicide Resistance Action Committee (FRAC) (2016).

El uso de aceites agrícolas es esencial porque mejora el cubrimiento y la penetración de los fungicidas, pues evita que sean lavados por la lluvia y retarda los estados de desarrollo del patógeno. Algunos de los productos con mayor uso en las diferentes zonas productoras de Colombia y con registro del ICA para el cultivo de plátano o banano se presentan en la tabla 10.

Tabla 10. Productos químicos para el control de la sigatoka

Modo de acción	Grupo químico	Nombre genérico	Ejemplos de algunos nombres comerciales en Colombia*
Protectante	Ditiocarbamatos	Mancozeb	Dithane 75 WG NT Umbrela® 455 SC
	Derivados del isoftalonitrilo	Clorotalonil	Odeon® 720 SC Fungitox® 720 SC Bravonil® 720 SC
	Inorgánicos	Cobre	Banatoka Musacare® SP
Sistémico	Inhibidores de la desmetilación	Propiconazol	Undazol® Powerex® 250 EC Sigazol® 25 EC
		Tebuconazol	Atlas 25 EW Tebucoz® 25 EC Sygan Evofarms 25 EC
		Difeconazol	Kazaam EC Difex® 250 EC
		Fenbuconazol	Krugatm SC
		Flutriafol	Impact® 125 SC Pointer® 250 SC
		Epoxiconazol	Sopral 7.5 EC Opus® 12.5 SC
	Benzimidazoles (BCM)	Carbendazim	Carbendazim 500 SC Phytocare Cropzim® 500 SC Carbendazim OMA 500 SC
	Aminas	Tridemorph	Banaclean® 86 OL Bananin 860 OL Sigacur 86 OL
		Spiroxamina	Impulse® EC 800
	Anilinopirimidinas (AP)	Pyrimethanil	Siganex® 60 SC Pirimus 400 SC Blumen® 40 SC Agripyr 400 SC
	Estrobirulinas	Azoxistrobin	Mirador® 25 SC
		Trifloxistrobin	Tega Nova SC 250 Piramid Novag® 250 EC

* Listado de registros nacionales.

Fuente: ICA (2018)

Para un buen control de la sigatoka, se deben rotar aplicaciones de fungicidas protectantes y sistémicos. Los fungicidas protectantes se caracterizan por tener diferentes sitios de acción, lo que disminuye el riesgo de desarrollar resistencia en el patógeno. Otros fungicidas son de carácter sistémico, es decir, pueden trasladarse en el interior de la planta y tienen un riesgo moderado-alto de generación de resistencia (Rodríguez, 2013).

En la tabla 11 se presenta la guía del FRAC para el manejo de sigatokas considerando el desarrollo de resistencia a fungicidas por parte de *M. fijiensis*.

Tabla 11. Guías para el uso de fungicidas en banano o plátano

Clase química del fungicida	Forma de aplicación: solo o mezcla	Alternancia en bloques	Número máximo de aplicaciones por año calendario	Momento de aplicación	Riesgo de resistencia
Inhibidores de la desmetilación (IDM)	Siempre en mezcla	Siempre en alternancia	8 No más del 50 % del número total de aplicaciones	*	Alto
Aminas	Ambos, pero preferiblemente en mezcla	Bloques de máximo dos aplicaciones consecutivas, preferiblemente en alternancia	15 No más del 50 % del número total de aplicaciones	Sin restricciones	Bajo-medio
Inhibidores de Qo (estrobilurinas)	Siempre en mezcla	Siempre en alternancia	3 No más del 33 % del número total de aplicaciones	**	Alto
Anilopirimidinas (AP)	Siempre en mezcla	Siempre en alternancia	8 No más del 50 % del número total de aplicaciones	Sin restricciones	Medio
Benzimidazoles (BCM)	Siempre en mezcla	Siempre en alternancia	3	**	Alto

Continúa

Continuación tabla 11

			No más del 33 % del número total de aplicaciones		
N-fenilcarbamatos	Siempre en mezcla	Siempre en alternancia	3 No más del 33 % del número total de aplicaciones	**	Medio
Inhibidores de la succinato deshidrogenasa (SDHI)	Siempre en mezcla	Siempre en alternancia	4 No más del 33 % del número total de aplicaciones	***	Medio-alto
Guanidinas	Ambos, pero preferiblemente en mezcla	Siempre en alternancia	6 No más del 33 % del número total de aplicaciones	***	Bajo-medio
Biológicos, clase F6 y F7	Ambos	No hay restricciones	No hay límites de acuerdo con las condiciones de manufactura	Sin restricciones	Bajo

* Iniciar las aplicaciones preferiblemente al comienzo del aumento de la curva de progreso de la enfermedad.

** Aplicar preferiblemente en épocas de baja presión de la enfermedad: las aplicaciones deben separarse al menos por 12 semanas.

*** Aplicar preferiblemente en épocas de baja presión de la enfermedad: las aplicaciones deben separarse al menos por 8 semanas.

Fuente: FRAC (2016)

De acuerdo con la caracterización de productores de plátano desarrollada en los departamentos de Arauca, Meta y Casanare, se encontró que los productores, en su totalidad, reconocen los síntomas de la sigatoka e identifican los diferentes tipos de control. El 13 % de los agricultores desarrolla labores culturales de poda, mientras que el 84 % utiliza regularmente la práctica de deshije.

Por su parte, con respecto al control químico, el 63 % prefiere el uso de los triazoles para el control de la sigatoka: el 44 % de los productores hace las aplicaciones cada 15 días, y el 46 %, cada 20.

Control biológico

Ante el desarrollo de resistencia del patógeno en los últimos años, se ha incrementado el uso de alternativas de tipo biológico, las cuales presentan una menor presión de selección sobre el patógeno y, por tal razón, disminuyen el riesgo de pérdida de eficacia de los productos, además de que tienen ventajas al generar un menor riesgo para la salud humana y de daños ambientales.

El concepto de *control biológico* se aplica a todos aquellos organismos capaces de suprimir o restringir el crecimiento de otros, que pueden ser insectos, ácaros, arvenses competitivas o patógenos de plantas (microorganismos: hongos, bacterias, nematodos y virus). Además, el término también puede abarcar el uso de extractos naturales o fermentados de diferentes orígenes. En general, estos productos se conocen con el nombre de *bioinsumos*, y en los últimos años se ha demostrado su eficacia para el control de diversos organismos que causan alteraciones en los cultivos. Los principales mecanismos por los cuales los controladores biológicos ejercen su actividad se describen en la tabla 12.

Tabla 12. Tipos de interacciones antagonistas para el control biológico de patógenos

Tipo de interacción	Mecanismo
Antagonismo directo	Hiperparasitismo/depredación
Mezcla de formas de antagonismo	Antibióticos Enzimas líticas Interferencia química
Antagonismo directo	Competición Inducción de resistencia

Fuente: Elaboración propia

En los últimos años, la oferta de productos biológicos con potencial para el manejo de enfermedades y plagas ha aumentado, así como también ha mejorado su calidad y presentación. En la tabla 13. se señalan algunos bioinsumos con registro ICA registrados para el control específico de la sigatoka negra.

Tabla 13. Insumos biológicos registrados para *Mycosphaerella fijiensis* en plátano o banano ante el ICA, 2018

Nombre comercial	Ingrediente activo	Concentración de los ingredientes activos	Tipo de formulación	Categoría toxicológica	Tipo de bioinsumo	Actividad biológica	Dosis	Blanco biológico	Cultivos aprobados
Timorex Gold 23,8 EC	Extracto de árbol de té (<i>Melaleuca alternifolia</i>)	23,8 %	Concentrado emulsionable (EC)	Medianamente tóxico (III)	Extracto vegetal	Actividad fungistático-fungicida del producto en tres concentraciones: 1,125 % = ≥ 7 %, 0,25 % = ≥ 90 % y 0,50 % = ≥ 90 % a los 9 días después de aplicado	1,5 L/ha 1-1,5 L/ha 1-1,5 L/ha	Sigatoka negra (<i>M. fijiensis</i>) Tizón temprano (<i>Alternaria solani</i> Sorauer) Mildeo polvoso (<i>Sphaerotheca pannosa</i>)	Banano, plátano, tomate y rosa
Prophytex EC	<i>Bacillus subtilis</i>	1×10^8 UFC/ml	Concentrado emulsionable (EC)	Medianamente tóxico (III)	Agente de control biológico (agente microbiano)	Porcentaje de inhibición sobre <i>M. fijiensis</i>	0,6 L/ha	Sigatoka negra (<i>M. fijiensis</i>)	Banano y plátano
Subticrop SL®	<i>B. subtilis</i>	1×10^8 UFC/cm ³ NC: ¿Con "cc" se refieren a centímetro cúbico	Concentrado soluble (SL)	Medianamente tóxico (III)	Agente de control biológico (agente microbiano)	Porcentaje de inhibición de crecimiento de <i>M. fijiensis</i> : > 90 %	En banano: 750 cm ³ /ha En rosa: 4 hc/ha	En banano: sigatoka negra (<i>M. fijiensis</i>) En rosa: mildeo polvoso (<i>S. pannosa</i>)	Banano y rosa

Continúa

Continuación tabla 13

Serenade® 1.34 SC	<i>B. subtilis</i>	1 x 10 ⁹ UFC/g 1,34 %	Suspensión concentrada (SC)	Altamente tóxico (II)	Agente de control biológico (agente microbiano)	Evaluación de actividad biológica sobre <i>Podosphaera pannosa</i>	En banano: 1 L/ha En arroz: 1,5-2 L/ha	En banano: sigatoka negra (<i>M. fijiensis</i>) En arroz: añublo de la vaina (<i>Rhizoctonia solani</i>)	Banano y arroz
Sonata® 1.38 SC	<i>Bacillus pumilus</i> raza Qst 2808	1 x 10 ⁹ UFC/g 1,38 %	Suspensión concentrada (SC)	Altamente tóxico (II)	Agente de control biológico (agente microbiano)	Porcentaje de control del hongo mildew velloso (<i>P. pannosa</i>)	En rosa: 7,5 dc/L En tomate: 5 dc/L En banano: y arroz: 1 L/ha En tabaco: 1,2 L/200 litros de agua	En rosa: mildew polvoso (<i>S. pannosa</i>) En tomate: gota (<i>Phytophthora infestans</i>) En banano: sigatoka negra (<i>M. fijiensis</i>) En tabaco: alternaria (<i>Alternaria</i> sp) En arroz: piricularia (<i>Piricularia oryzae</i>)	Rosa, tomate, banano, tabaco y arroz
Subtikind EC	<i>B. subtilis</i> cepa B-01	1,10 x 10 ⁸ UFC/ml	Concentrado emulsionable (EC)	Medianamente tóxico (III)	Agente biológico de control de plagas (agente microbiano)	Prueba <i>in vitro</i> de antagonismo de hongos y bacterias. Antagonista sigatoka negra (<i>M. fijiensis</i>)		El producto Subtikind EC con ingrediente activo <i>B. subtilis</i> presentó una inhibición del 100 % sobre el crecimiento del hongo fitopatógeno	Banano

Fuente: Elaboración propia

Moko o maduraviche

Agente causal: *Ralstonia solanacearum* raza 2

El moko es la enfermedad más limitante de la producción de plátano en Colombia por su amplia distribución en las áreas de siembra de este cultivo; el amplio intervalo de hospederos que puede infectar y que sirven como reservorio de la enfermedad; su fácil diseminación por el suelo, las herramientas, el agua y la semilla, y la alta variabilidad genética y fisiológica del patógeno.

Debido al impacto de la enfermedad, su prevención y control están reglamentados por la resolución N.º 3330 del ICA (22 de julio de 2013), la cual implica la aplicación obligatoria de medidas de prevención, control y cuarentenarias sobre los lotes con presencia de la enfermedad.

El manejo del cultivo una vez detectado el problema en ocasiones resulta inviable y costoso, sobre todo en zonas de alta dispersión de la enfermedad, porque se exige un control estricto de los sitios infectados y su erradicación, lo que disminuye el área efectiva del cultivo y sus rendimientos. De otro lado, el registro de los sitios enfermos obliga a largos periodos de cuarentena que afectan y limitan la capacidad productiva de los suelos y su valor comercial (Obregón, 2007).

El 26 de junio de 2013, en los reportes ICA Comunica, se informó que los departamentos más afectados por moko en Colombia eran Quindío, Magdalena, Meta y Valle del Cauca. Para ese mismo año, el ICA supervisó y erradicó 250.000 plantas afectadas por moko y, durante 2012, erradicó 745.000 plantas de plátano afectadas por la enfermedad en los departamentos de Magdalena, Córdoba, Antioquia, Santander, Arauca, Cundinamarca, Tolima, Quindío, Risaralda, Valle, Cauca, Nariño, Meta, Caquetá, Putumayo y Caldas.

En los Llanos Orientales, el tipo de sistema productivo y la inundación de los cultivos típica en época lluviosa han aumentado considerablemente la incidencia y dispersión de la enfermedad en los departamentos de Arauca, Meta y Casanare. En la inspección realizada por el ICA en el departamento del Meta en el año 2015,

se llegó a cifras que indicaban que, de 3.234 ha supervisadas, el 86,1 % de los predios visitados tenía presencia de la enfermedad (Cubides, 2016).

En el mismo orden de ideas, para el 26 de junio de 2017, el ICA informó que funcionarios de la institución, dentro de sus labores de prevención, control y erradicación del moko del plátano, habían erradicado 13.280 plantas infectadas por la bacteria en un área aproximada de 6.609 ha en los municipios de Granada, Fuentedeoro, Puerto Rico, Vista Hermosa, Villavicencio, Puerto Concordia y Puerto Lleras, en el Meta. No obstante, para ese mismo año, la incidencia de moko en el departamento del Meta registró un valor del 0,99 % del total de área sembrada, cifra que indica una disminución con respecto al año 2009, cuando se registraron incidencias cercanas al 2,7 %.

Síntomas de la enfermedad

La planta es afectada en su totalidad, incluyendo desde las raíces hasta el racimo, y se presentan síntomas internos y externos. Los síntomas varían según la edad de la planta, el medio de transmisión y el órgano afectado.

Síntomas externos: se presenta marchitamiento y amarillamiento de las plantas, y las hojas se secan y se quiebran, sin desprenderse de estas. Las plantas nuevas o los rebrotes con infecciones primarias a partir de su planta madre no crecen, se necrosan y mueren rápidamente. En plantas adultas, se puede observar necrosamiento en los bordes de la hoja, seguida por una franja amarilla muy intensa. Los racimos y dedos pueden presentar deformación, y algunos frutos pueden presentar maduración desuniforme, razón por la que, en los primeros años de descripción de la enfermedad, a esta se le dio el nombre de *maduraviche*. En la bellota, se presenta necrosis, la cual avanza hasta secar completamente el racimo (figura 48)



Fotos: Equipo plátano
CI La Libertad

Figura 48. Síntomas externos de moko. a. Amarillamiento de las hojas y doblamiento del peciolo; b. Estado final de las plantas afectadas.

Síntomas internos: los síntomas externos pueden confundirse con diferentes patógenos, y por esta razón, la sintomatología interna es determinante en la detección del patógeno.

Síntomas en el cormo: al interior del cormo, se pueden observar dos tipos de sintomatología: 1) haces vasculares necrosados por efecto del daño de la bacteria y 2) necrosamiento húmedo de la zona en donde se forman las raíces.

Síntomas en el pseudotallo: cuando se hace un corte transversal del pseudotallo, se pueden observar puntos de color café oscuro que corresponden a los haces vasculares necrosados por la bacteria (figura 49).



Fotos: Equipo plátano
CI La Libertad

Figura 49. Síntomas de moko en el pseudotallo.

Síntomas en los racimos: el síntoma más claro en el fruto es la maduración biche o incompleta. Los síntomas en el racimo pueden variar de acuerdo con el tiempo en el que la planta fue inoculada o infectada; así:

- Si la enfermedad ocurre en estados tempranos, incluyendo el primer mes después de la formación del racimo, la cáscara de los plátanos se torna amarilla rojiza y luego se seca, y luego todo el racimo toma un color negro (figura 50).
- Si el racimo tiene entre uno y dos meses de formación, la pulpa toma una coloración amarilla y entre esta y la cáscara se produce un anillo de color negro que emite un líquido viscoso.
- Si la inoculación ocurre después de los dos meses siguientes a la formación del racimo, los síntomas de la enfermedad pueden presentarse solamente en algunas manos, lo que disminuye el impacto sobre la producción. En este punto, es común que se presente transmisión cuando la bacteria entra por la inflorescencia.



Fotos: Equipo plátano
CI La Libertad

Figura 50. Síntomas de moko en los dedos del plátano.

Síntomas en colinos y plantas jóvenes: cuando el colino es afectado por la enfermedad durante los primeros días después de la siembra, las hojas toman una coloración amarillo pálido, y este, posteriormente, se seca y muere. No todos los colinos provenientes de una planta madre enferma presentan la sintomatología, debido a las diferencias en el flujo de fluidos dentro de la planta.

Ciclo del patógeno

La bacteria se desarrolla en el hospedante principalmente como parásito y parcialmente como saprófito en desechos vegetales o en el suelo. Esta bacteria es habitante natural del suelo y cuenta con la capacidad de sobrevivir en la biósfera y en la rizósfera, dado que aprovecha las secreciones de las plantas hospedantes (Martins, 2000); por esta razón, las infecciones latentes en el suelo son fundamentales en la permanencia y diseminación del patógeno. *R. solanacearum* puede sobrevivir en el suelo sin vegetación por meses, e incluso años en las raíces de los hospederos; esto depende de las condiciones ecológicas y de la flora prevalente en cada zona. Se han descrito alrededor de 200 especies agrupadas en 50 familias botánicas que hacen su función de hospederas (Gennin & Boucher, 2004; Granada & Sequeira, 1983; Hayward, 1985, 1991, 2006; Núñez, Guevara, & Monterroso, 2002; Obregón, 2007; Schell, 2000).

En la tabla 14 se presentan las arvenses descritas como hospederas de *R. solanacearum* raza 2 en las condiciones presentes en Colombia.

Tabla 14. Arvenses hospederas de moko

Nombre científico	Nombre vulgar
<i>Euphorbia hirta</i> L.	Canchalagua
<i>Phyllanthus corcovadensis</i> Muell.	Balsilla
<i>Phyllanthus niruri</i> L.	Viernes santo
<i>Polygala paniculata</i> L.	Ipecacuana
<i>Rumex crispus</i> L.	Barrabas o lengua de vaca
<i>Scoparia dulcis</i> L.	Arrocillo
<i>Browallia americana</i> L.	Zulia o verbena azul
<i>Physalis angulata</i> L.	Uchuva
<i>Solanum nigrum</i> Sendt.	Hierba mora
<i>Lantana camara</i> L.	Venturosa
<i>Lantana trifolia</i> L.	Filigrana
<i>Verbena litoralis</i> H. B. K.	Verbena

Fuente: Elaboración propia

La transmisión de *R. solanacearum* puede hacerse por múltiples medios, como son: insectos, herramientas contaminadas, corrientes de agua, animales domésticos o humanos que se desplazan de zonas afectadas a sanas y, principalmente, semillas. La bacteria puede sobrevivir en suelos, en reposo o en barbecho entre 2 y 10 años (Martins, 2000).

También se ha descrito la transmisión por insectos de diferentes especies que se alimentan en los nectarios localizados debajo de las brácteas, pues al desprenderse dejan expuestos exudados bacteriales. De igual modo, se ha descrito una posible transmisión por plagas como los picudos. El material infectado se considera la principal forma de diseminación del patógeno (Álvarez, Llano, Loke, & González, 2007, Álvarez, Pantoja, et al. 2013).

Prevención y manejo

Por el tipo de patógeno, su rápida diseminación dentro de los cultivos y su estatus de enfermedad cuarentenaria en el país, el único control posible es la prevención. El manejo preventivo debe hacerse de acuerdo con las recomendaciones del ICA y su resolución 3330 (ICA, 22 de julio de 2013):

1. Identificar la planta enferma, medir a partir de ella un radio de 10 m de seguridad e inspeccionar todas las plantas que se encuentren dentro de esa área.
2. Establecer una zona roja de un radio de 5 m a partir de la planta enferma mediante el cerramiento con cinta plástica o con cualquier otro elemento que sirva para aislar dicha zona, en la cual se debe:
 - Establecer un área de desinfección de calzado que sirva como única entrada y salida de la zona afectada.
 - Inyectar en forma de espiral la totalidad de plantas enfermas y sanas que se encuentren dentro de la zona roja con una solución de glifosato al 20 % del producto comercial registrado en el ICA, con una concentración de 480 g/L, aplicando 50 ml para plantas adultas, y de 30 a 50 ml para las hijas, de acuerdo con su edad. La persona encargada de llevar a cabo dicha labor deberá utilizar el correspondiente equipo de protección personal: careta, botas, guantes, gafas y overol plástico.
 - Cortar los racimos de todas las plantas paridas que se encuentren dentro de la zona roja y cubrir con bolsa plástica las heridas en el vástago, para evitar la propagación de la enfermedad por insectos.
 - Realizar el control de arvenses con herbicidas registrados en el ICA una vez se haya inyectado el glifosato en las plantas de la zona roja.
 - Realizar un constante trampeo y control de los insectos picudo y gusano tornillo.
 - Desinfestar todas las herramientas que se usen en las labores de campo.
 - Restringir el ingreso de animales y de las personas diferentes al encargado del manejo del área afectada.
3. Si dentro del anillo de 10 m se encuentra otra planta enferma, se deberán seguir los mismos procedimientos y criterios contemplados en el numeral 2.
4. Establecer una zona amarilla de un radio de 5 m a partir de la zona roja mediante el cerramiento con cinta plástica o con cualquier otro elemento que sirva para aislar dicha zona, en la cual se debe:
 - Establecer un área de desinfección de calzado que sirva como única entrada y salida de la zona amarilla.
 - Realizar un constante trampeo y control de los insectos picudo y gusano tornillo.
 - Realizar el control de arvenses con herbicidas registrados en el ICA.
 - Desinfestar todas las herramientas que se usen en las labores de campo.

5. Establecer una zona verde, la cual está constituida por las plantas sanas que se encuentran fuera de la zona amarilla y en la cual se debe:
 - Monitorear permanentemente el cultivo con el fin de lograr la identificación oportuna de plantas afectadas por la enfermedad del moko.
 - Realizar un constante trampeo y control de los insectos picudo y gusano tornillo.
 - Evitar causar heridas innecesarias a las plantas en las labores de campo.
 - Desinfectar todas las herramientas que se usen en las labores de campo.

Obligaciones: las personas naturales o jurídicas productoras de plátano o banano deberán:

1. Capacitar al personal encargado del cultivo de plátano o banano sobre el manejo de la enfermedad del moko.
2. Realizar tratamiento de desinfección del agua utilizada en el lavado de los racimos de plátano o banano antes de su disposición final.
3. Realizar la disposición final de los residuos sólidos generados durante el proceso productivo de plátano o banano de forma tal que estos no se conviertan en una fuente de contaminación.
4. Desinfestar los vehículos que ingresan al cultivo al momento de su entrada y salida.
5. Desinfestar toda la maquinaria empleada para la mecanización en los lotes de plátano y banano antes y después de su uso.
6. Mantener la zona roja libre de malezas y evitar el riego durante el término de seis meses.

Prohibiciones: las personas naturales o jurídicas productoras de plátano o banano deberán abstenerse de:

1. Sembrar en la zona roja cultivos de cualquier especie durante el término de seis meses contados a partir de la eliminación de las plantas.
2. Hacer zanjas de drenaje cerca de la zona roja.
3. Usar azadón para el control de las malezas dentro de la zona roja.
4. Sembrar plátano, banano, heliconias o platanillos adyacentes a las riveras de canales de riego o a fuentes de agua (ríos, quebradas, etc.).
5. Arrojar material vegetal de plátano o banano a las fuentes de agua.
6. Lavar los racimos de plátano o banano en calles, carreteras o fuentes de agua.

7. Extraer y movilizar hojas, vástagos, raquis, cáscara, cormos y colinos de plátano y banano de las áreas que resulten afectadas por moko. Esta prohibición no aplica para la movilización de hojas que hayan recibido tratamiento de calor con vapor o agua caliente para uso como envoltura de productos alimenticios o frutos.

Otras alternativas de prevención

Adicionales a las indicaciones del ICA, como manejo alternativo, Álvarez, Llano, Loke y González (2007) recomiendan hacer aplicaciones foliares de fosfitos de potasio y de organismos benéficos, los cuales mejoran la resistencia de la planta al ataque de enfermedades y pueden contribuir a la prevención de la dispersión de la enfermedad.

En zonas con alta incidencia de la enfermedad, es necesario mantener una vigilancia estricta sobre el cultivo. También se recomienda usar algunas medidas alternativas que pueden resultar en una menor diseminación o impacto de la enfermedad y que están basadas en el mejoramiento de las condiciones biológicas del suelo y en el restablecimiento de organismos benéficos en este.

Se recomienda aplicar, cada mes y al momento de siembra, organismos benéficos como: *Trichoderma lignorum*, *Trichoderma koningiopsis*, *Trichoderma harzianum*, *B. subtilis*, *Bacillus licheniformis*, *Azospirillum brasiliense*, *Azotobacter chroococcum*, *Lactobacillus acidophilus* y *Saccharomyces cerevisiae*, los cuales han sido descritos por su potencial como mejoradores del suelo y bioestimulantes de las plantas (Castro et al., 2014). El uso de micorrizas se considera también una práctica adecuada que ayuda a prevenir el desarrollo de la enfermedad (Ceballos, Álvarez, & Bolaños, 2014).

Enfermedades causadas por virus

En Colombia, se han descrito cuatro enfermedades virales en plátano: el virus del mosaico de pepino (*cucumber mosaic virus* [CMV]) (Betancourt & Alarcón, 2002; Castaño, Gálvez, Arroyave, Velasco, & Morales, 1995; Martínez, 2002), el virus del rayado del banano (*banana streak virus* [BSV]) (Belalcázar et al., 1998), el virus del mosaico suave del banano (*banana mild mosaic virus* [BanMMV])

(Reichel, 2002) y el virus del mosaico de las brácteas del banano (*banana bract mosaic virus* [BBRMV]) (Belalcázar et al., 1998; Betancourt & Alarcón, 2002). Dentro de estos, las enfermedades producidas por CMV y BSV se consideran las más limitantes por su amplia distribución y la severidad de sus síntomas.

Virus del mosaico del pepino (*cucumber mosaic virus*)

El virus del mosaico del pepino (CMV) se describió por primera vez en Colombia en el año 1940 en cultivos de banano Gros Michel en la región cafetera del Quindío (Belalcázar, 1991); posteriormente, esta enfermedad se observó en la zona de Urabá mientras afectaba cultivares de banano Cavendish. En 1996, se desarrolló un estudio en Caicedonia, Valle del Cauca, para determinar el efecto de este virus en los parámetros de crecimiento, desarrollo y producción del clon de banano Gros Michel y se observó que la infección por el CMV causaba reducción en la altura y el perímetro de la planta y una reducción aproximada del 50 % en el peso de los racimos producidos (Belalcázar, Arcila, Valencia, Reichel, & Narváez, 1996).

En el año 2002, en la zona cafetera, Betancourt y Alarcón (2002) describieron la presencia del CMV y del BanMMV en cultivos de plátano 'Dominico-Hartón' en los municipios de Chinchiná y Santagueda, Caldas, con niveles de incidencia de entre el 2 % y el 5 % dentro de las plantaciones afectadas.

En trabajos desarrollados por Becerra, Garnet, Zuleta y Betancourt (2011) y Cardona y Betancourt (2017), se analizó la incidencia del CMV y del 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 de siembra.

Síntomas

Los síntomas que produce el CMV son principalmente mosaicos que varían en intensidad y que presentan alternancia en las hojas, es decir, pueden ser muy intensos en una hoja y posteriormente desaparecer en la siguiente hoja emitida por la planta. En el caso de las musáceas, la incidencia del CMV va desde muy frecuente hasta ocasional, pero algunas veces pasa inadvertida, pues los

síntomas no son muy claros y tienden a desaparecer y reaparecer periódicamente (Stover, 1980). En casos severos, los síntomas de mosaicos van acompañados de pudriciones de la hoja cigarro, así como del cilindro central. Sin embargo, la infección en los cultivos está localizada y muy ocasionalmente se desarrolla en un brote severo (Gowen, 1995; Martínez, 2002).

Por su parte, Cardona y Betancourt (2017) señalan como síntomas: mosaicos, deformaciones de hojas, rayados, rayados cloróticos o necróticos, quemazón de la hoja cigarro, delgadez y estrechez de las láminas de las hojas y rajaduras del pseudotallo. De igual forma, indican que la intensidad de los síntomas se encuentra asociada a la presencia de infecciones mixtas (figura 51)



Fotos: Equipo plátano
CI La Libertad

Figura 51. Síntomas del virus del mosaico del pepino en hojas de plátano.

Ecología y transmisión

El CMV se encuentra en las zonas templadas y tropicales de todo el mundo (Palukaitis, Roossinck, Dietzgen, & Francki, 1992) y causa enfermedades en gran variedad de cultivos, principalmente hortícolas, frutales y forrajeros (Palukaitis & García-Arenal, 2003). El CMV tiene la gama de huéspedes más amplia descrita hasta el momento para un virus de plantas, pues incluye más de 1.200 especies distribuidas en más de 100 familias de dicotiledóneas y monocotiledóneas (Edwardson & Christie, 1991).

La transmisión de este virus en condiciones naturales se realiza por semilla y de forma no persistente por más de 80 especies de pulgones (Edwardson & Christie, 1991). Las especies transmisoras más importantes son *Aphis gossypii* Glover y

Myzus persicae Sulzer (Racchah, Gal-On, & Eastop, 1985). El modo de transmisión no persistente hace que no sea posible que los áfidos recorran largas distancias, y, por tanto, los hospederos alternativos tienen una alta importancia epidemiológica como reservorios del virus y de sus vectores y como fuentes primarias de inóculo primario (Palukaitis et al., 1992).

En el caso de los cultivos de plátano en los Llanos Orientales, es común observar síntomas del virus en cucurbitáceas y solanáceas, que son fuentes efectivas de infecciones por el CMV.

Virus del rayado del banano (*banana streak virus*)

En Colombia, los primeros registros del virus del rayado del banano (BSV) provienen de Reichel, Belalcázar, Múnera, Pérez y Arévalo (1998), quienes describieron, en los departamentos del Quindío y Antioquia, en plátano, caña de azúcar y achira, una serie de síntomas similares a virus, como rayas cloróticas y necróticas, en las hojas y otros órganos de las plantas. En trabajos desarrollados por Becerra et al. (2011), se analizó la incidencia del CMV y el BSV en cultivos de plátano de la zona cafetera central, en los departamentos de Risaralda, Quindío y Caldas, y se encontraron niveles de incidencia del 3 al 23 % para el BSV.

El BSV se considera la enfermedad más limitante para el movimiento de germoplasma de *Musa*, dado que muchos de los nuevos híbridos con tolerancia a la sigatoka y a nematodos tienen en su genoma correspondiente a *Musa balbisiana* partes integradas del genoma del virus, el cual puede hacerse infectivo en condiciones de estrés (Geering, McMichael, Dietzgen, & Thomas, 2001; Provost, Iskra-Caruana, Acina, & Teycheney, 2006). Por esta razón, los controles cuarentenarios han aumentado en todo el mundo (Lockhart & Jones, 1999; Lockhart & Olszewski, 1993).

El BSV pertenece al género Badnavirus, cuyos miembros se caracterizan por tener partículas baciliformes de 30 x 150 nanómetros (nm), con un genoma de ADN circular de doble cadena. Los badnavirus son comunes en cultivos de regiones tropicales y subtropicales propagados vegetativamente. Los principales hospederos de este género son: plátanos, bananos y heliconias, *Musa* spp., pimienta negra (*Piper nigrum* L.), cítricos (*Citrus* spp.), caña de azúcar

(*Saccharum officinarum* L.), cacao (*Theobroma cacao* L.), piña (*Ananas comosus* L.) y ñame (*Dioscorea* spp.). El BSV no presenta transmisión mecánica y es transmitido de forma eficiente por el insecto vector *Planococcus citri* en forma semipersistente (Javer, 2007).

Síntomas

El síntoma característico del BSV es el rayado clorótico o necrótico que puede hacerse intenso en plantas jóvenes y desaparecer progresivamente en plantas con más de seis meses de edad. En casos severos y en general cuando hay presencia de infecciones mixtas con el CMV, se observa necrosamiento de la hoja cigarro y rajamiento severo del pseudotallo. Otros síntomas relacionados son: disminución, engrosamiento y tendencia al rasgado de la lámina foliar, atrofia en la formación de hojas y deformación o pérdida de la producción de los racimos (Lockhart, 1.º de octubre de 1995) (figura 52).



Figura 52. Síntomas del virus del rayado del banano. a. Detalle. b. Deformación de la hoja bandera y disminución del crecimiento de la planta.

En infecciones crónicas, es decir, en plantas que son afectadas desde sus primeros días de desarrollo, se puede presentar reducción del peso del racimo, cambios en el sabor del fruto, debilitamiento de las cáscaras de los dedos del racimo y necrosis interna y externa de los dedos (Daniells, Geering, Bryde, & Thomas, 2001).

Un rasgo característico del BSV es la intermitencia de los síntomas y que su infección puede pasar desapercibida por largos periodos, fundamentalmente en plantaciones a varios ciclos de producción, en las cuales se mantiene la población de madres e hijos. De igual modo, se señala que las variaciones de temperatura y las condiciones de estrés, como falta de agua o competencia por malezas, entre otras, afectan la intensidad de la enfermedad (Javer, 2007).

El BSV pertenece al grupo de virus que tienen en su ciclo de replicación una etapa de transcripción inversa, denominados *pararetrovirus*, y a la familia Caulimoviridae, la cual se caracteriza por integrar fragmentos completos o parciales de su genoma en el genoma de la planta (secuencias endógenas). A pesar de que existen numerosos reportes de este fenómeno, solo en algunas especies, como en el caso del BSV, se ha descrito que esta integración puede generar virus infectivos. Estas variantes se han asociado a eventos epidémicos de la enfermedad del rayado del banano en todo el mundo con una relación estrecha con el genoma de *M. balbisiana* (genoma B) (Dahal, Hughes, Thottappilly, & Lockhart, 1998).

Numerosos reportes indican que secuencias endógenas del BSV pueden ser activadas y producir partículas funcionales de virus por diferentes tipos de estrés abióticos, como cambios bruscos de temperatura, déficit hídrico, propagación *in vitro* y cruces interespecíficos. También se ha identificado que la micropropagación es un factor determinante en la aparición espontánea de partículas virales del BSV que llegan a ser infecciosas durante los procesos de cruzamiento en programas de mejoramiento, independientemente de los cultivares utilizados (sintéticos —AAAB y AAB— o naturales como los plátanos—AAB) (Iskra-Caruana, Baurens, Gayral, & Chabannes, 2010).

Transmisión

El BSV se dispersa principalmente por semillas infectadas, e incluso por material de propagación *in vitro*, ya que el proceso de multiplicación por técnicas de cultivo de tejido permite la expresión de las secuencias endógenas del virus, es decir, de aquellas secuencias que están integradas al genoma B de *Musa*.

También se ha señalado la transmisión de manera semipersistente por los pseudo-cóccidos *P. citri* Risso, *Saccharicoccus sacchari* Cockerell, *Planococcus minor* Maskell y *D. brevipes* Cockerell (Lockhart, 1.º de octubre de 1995; Lockhart & Jones, 1999).

Prevención y control de enfermedades virales

Las enfermedades virales no pueden controlarse con la aplicación de productos químicos, y, por tanto, las medidas de prevención y control están limitadas a:

- Disminución de inóculo mediante la eliminación de plantas enfermas
- Control de vectores a través de barreras o aplicación de insecticidas
- Utilización de variedades resistentes

Para el caso de los cultivos de plátano, la principal forma de dispersión de la enfermedad es por el uso de semilla infectada y por la transmisión a partir de hospederos alternos; por esta razón, en la fase de establecimiento del cultivo debe usarse material sano y hacerse un efectivo control de arvenses.

De los productores encuestados en los Llanos Orientales, el 100 % respondió que conoce la sigatoka negra, el 86,73 % reconoce el moko, el 88,78 % reconoce la bacteriosis y el 54,08 % conoce los síntomas de la virosis.

De estos productores encuestados, el 95,92 % utiliza principalmente aplicaciones de productos químicos para el control de las enfermedades, y son los triazoles, con un 84,69 % de los casos, los más utilizados, además de que se pueden encontrar comercialmente, pues se tienen, por ejemplo: trifloxystrobin y tebuconazole, que pueden ser aplicados con una frecuencia de entre 15 y 20 días; solo el 13,27 % de los productores realiza labores culturales como estrategia de control, y un 13 % de estos utiliza productos biológicos para el control de la sigatoka negra en sus plantaciones.

Nematodos

De acuerdo con Martínez (2015b), en el cultivo de plátano se pueden encontrar cuatro especies de nematodos conocidos como el cabeza negra (*Radopholus similis*), el lesionador (*Pratylenchus* spp.), el nematodo nodulador (*Meloidogyne* spp.) (figura 53) y el nematodo espiral (*Helicotylenchus* spp.) (figura 54).



Fotos: Equipo plátano
CI La Libertad

Figura 53. Nematodo nodulador (*Meloidogyne* spp.) identificado en muestras de suelo; Yopal, Casanare, 2017.



Fotos: Equipo plátano
CI La Libertad

Figura 54. Nematodo espiral (*Helicotylenchus* spp.) identificado en muestras de suelo; Yopal, Casanare, 2017.

De acuerdo con los resultados de investigación del trabajo realizado por Torrado y Castaño (2009), *Helicotylenchus* y *Radopholus* presentan la mayor incidencia

durante la etapa de madurez fisiológica de la planta. Por su parte, en el cultivar África, *Radopholus* presentó tres picos máximos de incidencia: en la plántula, la prefloración y la madurez fisiológica. En dicho estudio, los autores señalan que la precipitación influyó significativamente sobre la población de nematodos en el sistema radical de la planta, ya que se presentó una mayor cantidad de estos en épocas en las que ocurrió una mayor precipitación.

Para el manejo de nematodos, es posible obtener los mayores porcentajes de supresión con el uso de micorrizas arbustivas en combinación con productos químicos, seguido por la combinación de micorrizas arbustivas con hongos biológicos y extractos vegetales (Becerra, Zapata, & Villegas, 2010). Esto permite generar alternativas de control distintas al uso de agroquímicos, y de esta forma, manejar de la manera más eficiente e inocua posible este tipo de problema sanitario, lo cual, a su vez, favorece la rentabilidad y viabilidad del sistema productivo para el productor.

El manejo tradicional en los sistemas de producción está basado en productos químicos de alta toxicidad y residualidad en el suelo, que suelen provocar disminuciones en otros microorganismos benéficos, así como posibles efectos perjudiciales sobre la salud humana por su manipulación.

Prevención

- Realizar un análisis de suelo para determinar poblaciones de la plaga (ICA, 2012).
- Sembrar material sano certificado por el ICA (2012).
- Construir un adecuado sistema de drenaje (Augura & Repcar, 2009).
- Realizar un buen manejo y saneo de la semilla de los cormos, con aplicación de materia orgánica y micorrizas (Augura & Repcar, 2009).

De acuerdo con lo descrito por el ICA (2012), se pueden desarrollar los siguientes controles:

Control cultural:

- Realizar plateos amplios alrededor de la planta.
- Hacer deshije y eliminar residuos de cosecha, especialmente de cormos y raíces afectadas, mediante repique de los tejidos.
- Desinfectar las herramientas y los implementos agrícolas.

Control biológico: hacer aplicaciones de hongos entomopatógenos, como *Paecilomyces lilacinus*, u otros hongos antagonistas de los géneros *Gliocladium* y *Paecilomyces* o de la especie *Lecanicillium lecanii*, además de las interacciones con micorrizas.

Control físico: desinfectar el suelo con calor, elevando la temperatura hasta 50 °C durante 30 minutos, con vapor o agua caliente, con la finalidad de eliminar adultos y huevos de nematodos.

Control químico: se debe tener en cuenta la recomendación de un ingeniero agrónomo y respetar las dosis de los productos señalados para este tipo de control.

Riego

El cultivo de plátano tiene unas exigencias hídricas altas para cumplir con su ciclo de desarrollo y productivo. Algunas investigaciones señalan que posee requerimientos hídricos de 130 a 150 mm de lámina al mes (Belalcázar, 1991), lo cual se puede corresponder con exigencias de entre 1.800 y 2.200 mm/año, de acuerdo con las condiciones climáticas de la zona de producción.

Es muy importante tener en cuenta el déficit de humedad en el suelo para la producción de plátano, especialmente en épocas críticas dentro de la fenología de la planta, cuando esta es más susceptible a factores de estrés que limitan procesos como la floración, el llenado del fruto y el rendimiento del cultivo.

En los Llanos Orientales, se presenta un régimen de precipitaciones marcadamente estacional, con una época seca entre los meses de diciembre y marzo y un periodo húmedo comprendido entre abril y noviembre. La precipitación varía de acuerdo con la zona geográfica, no obstante, suele estar alrededor de los 3.000 mm/año. Por tal motivo, hay una suplencia de las cantidades exigidas en el periodo húmedo, por lo que se generan, más bien, excesos de humedad que deben ser considerados dentro de las estrategias del manejo del suelo por medio de drenajes, ya que la planta es susceptible al

encharcamiento. De otro lado, en épocas secas, es conveniente aplicar un riego suplementario que permita un adecuado desarrollo de la planta en cualquiera de sus fases fenológicas y que, de este modo, promueva una correcta nutrición y procesos fisiológicos para un óptimo desarrollo y productividad del cultivo.

El no contar con riego en la época seca genera limitaciones en el desarrollo de la planta, con lo cual sus procesos fisiológicos se ven perjudicados, lo que afecta el desarrollo, la floración o la fructificación. Adicionalmente, suele ocurrir un retraso en el normal crecimiento de la planta y, así, se ve afectada la productividad del cultivo.

Los factores edáficos inherentes a los aspectos técnicos del riego y que deben tenerse en cuenta son la textura del suelo, la capacidad de retención de humedad, la conductividad hidráulica, la pendiente del terreno y la presencia de capas compactas que impidan el libre movimiento de agua en el perfil, entre otros.

Si bien es cierto que el déficit hídrico afecta perjudicialmente al desarrollo de la planta, el exceso también ocasiona inconvenientes en la productividad del cultivo. En tal sentido, el establecimiento de caballones y drenajes en el terreno susceptible a problemas de encharcamiento es una práctica muy importante a considerar para tener producciones rentables en el cultivo de plátano.

Los métodos de riego mayormente utilizados son aspersión, gravedad y goteo (figura 55). A pesar de que el riego por goteo hace un uso eficiente del recurso hídrico, su grado de tecnología implica un mayor conocimiento por parte de los agricultores para garantizar que se cumpla con dicha eficiencia. Por ejemplo, la calidad del agua debe ser adecuada para no generar problemas de taponamiento de los góteros, y se requiere de mantenimientos frecuentes para garantizar una correcta descarga de la lámina de agua requerida. Por otra parte, problemas de daños en campo por las labores culturales que se realizan en la plantación suelen ser factores por los cuales la adopción no es tan generalizada. Igualmente, el costo de instalación del riego presurizado y los pocos meses que se usa al año hacen que los agricultores no tomen en cuenta este factor como un criterio importante para incluirlo en su sistema productivo.

Los resultados obtenidos con las encuestas diagnósticas permitieron encontrar que el 52,04 % de los agricultores utiliza algún sistema de riego, entre los que se ubican, en primer lugar, la aspersión, con el 64,29 %, seguida de la gravedad, con el 10,20 %, y, finalmente, el sistema de riego por goteo, con el 8,16 %, con una frecuencia de aplicación semanal por parte del 44,90 % de los productores encuestados, especialmente en épocas secas.

Es necesario destacar que, en la aplicación de riego, la mayoría de los agricultores encuestados no toma en cuenta criterios técnicos como la demanda hídrica en función del estado fenológico de la planta o la capacidad de almacenamiento del suelo. En tal sentido, los productores aplican láminas en función de jornadas de riego con una periodicidad de 7 a 15 días, sin tomar en cuenta las condiciones atmosféricas de evaporación y transpiración del cultivo.

Productores con poca área de siembra o agricultores que no poseen tenencia de tierra, sino que producen en predios bajo la modalidad de arrendamiento, también son factores que inciden en que la práctica de riego no sea considerada por temas de costos o por la incertidumbre en cuanto a la continuidad de la producción en el mismo predio.



Fotos: Equipo plátano
CI La Libertad

Figura 55. Riego por goteo; Granada, Meta, 2017.

Otras prácticas culturales

Adicional a las prácticas culturales mencionadas anteriormente, y dependiendo del tipo de productor, se realizan otras actividades como deshoje, deshije, desguasque, cosecha y poscosecha con determinada frecuencia. A continuación, se detallan las características de este tipo de labores.

Deshije

Esta labor se realiza para mantener la población inicial establecida en el cultivo, y así se evita la competencia entre plantas. Para ello, se debe tener en cuenta la ubicación de los colinos, por medio de la selección de un criterio o sentido en el cual se dejarán los hijos en el lote, para así evitar enfrentamientos o encierros en la plantación (Barrera, Cardona, & Cayón, 2011). Del mismo modo, es importante tener en cuenta el momento oportuno y la frecuencia para realizar esta labor, a fin de evitar una competencia entre planta madre e hijuelos y que con ello se vea afectado el rendimiento o la calidad de la fruta (figura 56).



Fotos: Equipo plátano
CI La Libertad

Figura 56. Momento oportuno para realizar la labor de deshije; Yopal, Casanare, 2017.

Según Belalcázar (1991), esta práctica consiste en la eliminación de todos aquellos colinos o brotes que no son necesarios para mantener una población constante ni para conservar una adecuada secuencia de producción en cada unidad productiva (figura 57).



Fotos: Equipo plátano
CI La Libertad

Figura 57. Plantación de plátano después de la realización de la labor de deshoje; Yopal, Casanare, 2017.

Del mismo modo, esta práctica evita dejar colinos excesivos que puedan competir por agua, nutrientes o luz y retrasar el correcto desarrollo de la unidad productiva, dependiendo del tipo de sistema de siembra usado.

En esta labor, se realiza un corte a ras del suelo de los colinos que generan competencia con la planta madre, eliminando el meristemo central de cada uno para, de esta forma, evitar su rebrote. Se utiliza un machete desinfectado para evitar proliferación de enfermedades bacterianas. La frecuencia de aplicación es de aproximadamente cada dos meses en sistemas de producción convencionales.

Deshoje

Esta labor consiste en eliminar hojas senescentes que ya han cumplido su ciclo de vida o aquellas dobladas o caídas por la acción del viento o por daños mecánicos. De igual forma, otro criterio para esta práctica cultural es eliminar la lámina foliar de aquellas hojas que presenten más del 50 % del área afectada con tejidos necróticos (Barrera, Cardona et al., 2011).

De acuerdo con Belalcázar (1991), dichos requerimientos han mostrado que una planta necesita mínimo de ocho a diez hojas durante todo su ciclo de vida. Se ha encontrado además que la planta puede soportar pérdidas de hasta un 50 % de su follaje en cualquier época de su desarrollo vegetativo sin que por ello se afecten el desarrollo y calidad de la producción.

El deshoje de hojas bajas o viejas (figura 58) busca que la planta no use energía para mantener tejidos que no son funcionales para esta y que no generen fotoasimilados necesarios para sus procesos metabólicos y fisiológicos (Patiño & Cardona, 2017).

Para las condiciones de Colombia, Merchán y Chavarriaga (1994) señalan que el deshoje fitosanitario en plátano 'Hartón' se debe realizar con una frecuencia de aproximadamente cuatro semanas durante la época seca, mientras que, en la temporada de lluvias, se debe disminuir a cada dos semanas. Los autores refieren que únicamente con la práctica de deshoje la sigatoka negra se puede mantener en niveles de infección bajos.

Otra práctica recomendada en zonas de alta presión del inóculo es la denominada *poda temprana*, la cual consiste en la eliminación semanal de la punta de una de las primeras cinco hojas, aproximadamente en unos 20 cm de longitud (Chica et al., 2004). Esta labor se debe aplicar solo en época de lluvias y tiene como objetivo evitar la presencia de tejido foliar infectado o necrosado con propágulos del patógeno que pudieran aumentar la severidad de la enfermedad en el cultivo (Orozco-Santos et al., 2008).



Fotos: Equipo plátano
CI La Libertad

Figura 58. Plantación con práctica de deshoje; Granada, Meta, 2017.

Por otra parte, existe otro tipo de deshoje enfocado hacia el control de enfermedades foliares que afectan de igual manera el área fotosintéticamente activa. Esta labor es denominada *deshoje fitosanitario* (figura 59), el cual busca eliminar áreas necrosadas o afectadas por hongos que afectan el tejido foliar (sigatoka amarilla o negra o mancha cordana). Dicha práctica se debe realizar con la mayor frecuencia posible, ya que es una buena estrategia para evitar la excesiva aplicación de fungicidas usados en el control de enfermedades foliares.



Fotos: Equipo plátano
CI La Libertad

Figura 59. Comparación de plantas con y sin deshoje en plátano. a. Hojas de plátano con presencia de sigatoka; b. Deshoje fitosanitario para la eliminación de hoja con daño de sigatoka; Yopal, Casanare, 2017.

La práctica de deshoje y despunte fitosanitario, junto con la aplicación de productos químicos, bajo un esquema de preaviso biológico, es un esquema integrado del manejo de la enfermedad que ha permitido obtener buenos rendimientos y reducir la aplicación de fungicidas para el control de la sigatoka (Gañán, León, Aristizábal, & Castaño-Zapata, 2007).

Debido a la importancia del tejido foliar infectado como fuente de inóculo de *M. fijiensis*, se han evaluado diferentes tratamientos con el fin de disminuir la esporulación del hongo o de acelerar un proceso de degradación de los tejidos (Orozco-Santos et al., 2008). En tal sentido, se ha determinado que con la aplicación de urea al 5 % se disminuye hasta en un 80 % la esporulación del hongo (Guzmán & Romero, 1995). Por su parte, Villalta y Guzmán (2005) demostraron que la aplicación semanal de urea al 10 % puede reducir las posibilidades de multiplicación del patógeno, sobre todo en condiciones de alta presión de inóculo.

En los últimos años, se ha promovido el uso de productos biológicos, como *Trichoderma* sp. y *B. subtilis*, que reducen la esporulación de *Mycosphaerella* y sirven como control preventivo (Castro et al., 2014; Sagratzki, Hanada, Gasparotto, Coelho, & de Souza, 2015). Además, el uso de productos que favorecen la descomposición de la hojarasca, como las mezclas de *Bacillus* spp., *A. brasiliense*, *A. chroococcum*, *L. acidophilus* y *S. cerevisiae*, es una práctica de uso común en algunas zonas productoras de plátano en Colombia.

Desgüasque

Esta labor consiste en desprender las calcetas del pseudotallo de la planta que se presenten secas o descompuestas (figura 60). Esto se realiza con el fin de evitar que dichos tejidos se conviertan en hospederos de insectos plaga y contribuye a mejorar el aspecto estético de la plantación. Se puede aplicar en plantaciones conformadas por plantas adultas e igualmente en resiembras y colinos puyones, teniendo la precaución de arrancar aquellas guascas que se desprendan fácilmente y eliminándolas desde su base (Barrera, Cardona et al., 2011).



Figura 60. Comparación entre plantas con calcetas secas y plantas con desgüasque; Tame, Arauca, 2017. a. Plantas de plátano sin eliminar las calcetas; b. Plantación de plátano después de realizada la labor de desgüasque.

En cuanto a estas prácticas culturales realizadas para el mantenimiento del cultivo de plátano, y de acuerdo con los agricultores encuestados, se determinó que el 98,98 % aplica deshoje; el 98,98 %, deshije, y el 78,57 %, desgüasque. Del mismo modo, para la ejecución de cada una de estas labores, se requiere entre uno y tres jornales. Para el caso del deshoje, el 41,85 % de los productores requiere en sus cultivos de entre cuatro y cinco ciclos de deshoje al año, mientras que, para deshije y desgüasque, entre uno y tres jornales por año.

Protección de la fruta

La protección de la fruta se refiere a todas las labores que se llevan a cabo para asegurar su calidad al momento de la cosecha. Para el caso del plátano 'Hartón', las labores que se realizan para la protección de la fruta son el embolsado (figura 61), la eliminación de la bellota, o desbellote, y el apuntalamiento.



Fotos: Equipo plátano
CI La Libertad

Figura 61. Racimo de plátano embolsado; Granada, Meta, 2017.

En la región de los Llanos Orientales, una práctica común entre los productores es el desbellote, que se realiza después de que se han emitido por completo los dedos del racimo, es decir, unos 8-10 días después de la aparición de la bellota. Posterior a esto, se lleva a cabo el proceso de embolsado utilizando bolsas plásticas de baja densidad para la protección de la fruta. En esta misma labor, se hace el encintado, el cual consiste en colocar en la bolsa del racimo una cinta de color diferente cada semana, para identificar la edad del racimo. Normalmente, se utilizan ocho colores, los cuales se van rotando (figura 62).



Fotos: Equipo plátano
CI La Libertad

Figura 62. Labor de encintado en los racimos; Granada, Meta, 2017.

La práctica de embolse ha sido causante de discusiones sobre la necesidad de su uso y, adicionalmente, sobre su disposición después de que se realiza la cosecha en el cultivo. Sin embargo, tradicionalmente, la mayoría de los productores la incluyen como una tarea fija dentro del mantenimiento del cultivo. Al respecto, Soto Ballester (2008) expresa que el embolse puede considerarse una operación satisfactoria para la protección de la fruta contra bajas temperaturas, para el control de plagas y contra el efecto abrasivo de hojas y productos químicos. También destaca que, de acuerdo con diferentes trabajos de investigación sobre el cultivo de banano, los resultados que lograron que la labor de embolse se popularizara fueron la reducción del intervalo de floración a cosecha y el aumento del largo y el diámetro de los dedos y del peso del racimo.

Por otro lado, la labor de apuntalamiento se realiza cuando existe el riesgo de volcamiento de la planta después de la emisión total del racimo, ya sea por el peso de este o por vientos fuertes. La manera en que se realiza esta labor es amarrando con cabuya o fibra el racimo al lado contrario de donde se encuentra (figura 63).

En tal sentido, el amarre se realiza tomando la tercera hoja de la planta que se desea sostener y llevando la fibra o cabuya al lado contrario, a las plantas vecinas más cercanas, tratando de mantener un ángulo de 45°. Si no se cuenta con una

planta ya que la que se quiere intervenir está cerca de un borde o una división del lote, se puede tomar una estaca para el amarre definitivo.



Fotos: Equipo plátano
CI La Libertad

Figura 63. Apuntalamiento en el cultivo de plátano; Yopal, Casanare, 2017.

De acuerdo con los resultados de la encuesta, el 81,63 % de los productores realiza la práctica de embolse, y el 93,88 %, de desbellote. Por otro lado, se encontró que solo el 34,69 % realiza la labor de apuntalamiento, que requiere un total de uno a tres jornales cada vez que realiza la actividad.

Por otra parte, para todas estas labores que se realizan mediante el uso de herramientas agrícolas, el 50 % de los productores manifestó utilizar diferentes productos para su desinfección, entre los que se encuentran hipoclorito (al 4,5 %), el 29,59 % de los productores; yodo, el 15,31 % de estos, y creolina, el 7,14 %.

Capítulo VI

Cosecha y poscosecha

Cosecha

La cosecha es el acto de recolectar los racimos que han completado su madurez fisiológica. Para las condiciones ecológicas de los Llanos Orientales, el periodo comprendido entre floración y cosecha es de aproximadamente 11 semanas. Sin embargo, este periodo puede acortarse a 9 o 10 semanas en la época de sequía, mientras que puede alargarse a 12 semanas en la temporada de altas precipitaciones o durante el descenso de la temperatura, que puede ocurrir durante el mes de julio. En tal sentido, es conveniente identificar el momento de madurez fisiológica, ya que, si el racimo es cosechado antes de ese periodo, se pueden obtener problemas en la comercialización del producto. Por el contrario, si se excede de ese momento de madurez, puede ocurrir el rajado de los dedos, especialmente en épocas de alternancia o de cambios drásticos de temperatura o de lluvia-sequía (Martínez, 1998).

Buenas prácticas en la cosecha

En cuanto a las buenas prácticas agrícolas (BPA) para el cultivo de plátano, se deben tomar en cuenta algunas recomendaciones en sistemas intensivos de producción relacionadas con la cosecha. En tal sentido, Moreno, Candanoza y Olarte (2009) recomiendan los siguientes aspectos:

- Seleccionar, en el momento de la siembra, el tamaño de los colinos, clasificándolos en grandes, medianos y pequeños, y, en este orden, realizar la siembra en lotes separados.
- Tener en cuenta el tiempo de floración a cosecha. Para ello, se realiza la labor de encintado, a fin de determinar e identificar la edad de los racimos y con ello programar la cosecha. El encintado consiste en colocar una cinta de un color diferente cada semana; esta se amarra a la bolsa que cubre el racimo y se deja colgando para que el personal de campo la identifique al momento de cosechar.

- Cortar la planta en el tercio superior para que, al doblarse, el racimo no se golpee contra el suelo o con el pseudotallo.
- La persona que recibe el racimo puede usar una cuna o almohada y transportarlo al sitio de recolección.

Para la cosecha en los Llanos Orientales, los productores encuestados respondieron que manejan diferentes criterios para la recolección de los racimos; los tres aspectos más comunes fueron el grosor del dedo, en un 37,76 % de los productores; la forma del dedo, en un 26,53 %, y el tiempo transcurrido desde la emisión de la bellota, en un 24,45 % (figura 64). Según el 79,59 % de los productores, el periodo de cosecha más común es entre mayo y diciembre.



Fotos: Equipo plátano
CI La Libertad

Figura 64. Labor y herramientas para la cosecha; Fuentedeoro, Meta, 2017.

Poscosecha

La poscosecha son todas aquellas labores dirigidas a mejorar la apariencia de la fruta, aumentar su vida verde, quitar las manchas ocasionadas durante la cosecha y evitar el ataque de patógenos que pueden desfavorecer su calidad una vez que el racimo ha sido cosechado (Martínez, 1998).

Por otra parte, las condiciones que puedan presentarse durante la poscosecha, especialmente la temperatura, la humedad relativa, el empaque y el almacenamiento, afectan la vida útil de la fruta, ya que es susceptible a daños físicos, químicos y microbiológicos durante ese periodo. En tal sentido, en un estudio de poscosecha en plátano 'Dominico-Hartón' realizado por Mejía (2013), se señala que condiciones de almacenamiento a 22 °C, con 80 % de humedad relativa y en frutos cosechados 16 semanas después de formado el racimo son las adecuadas para la comercialización en el mercado interno, pues se obtiene fruta con buenos atributos de calidad en cuanto a la relación pulpa/cáscara y la apariencia.

En relación con los índices de cosecha, en la región suelen utilizarse, como principales criterios para cortar el racimo, el aspecto cronológico (aproximadamente 120 días después de la floración, tiempo que puede reducirse en la época de sequía) y el llenado del fruto (pérdida de la angularidad en la sección transversal); además, otros criterios como el cambio de color (de verde oscuro a un verde más claro o a amarillo) o el tamaño de los dedos pueden también ser usados por los agricultores como índices para realizar la labor de cosecha.

En cuanto a los índices de calidad de los frutos, estos pueden ser clasificados en fisiológicos (asociados al grado de madurez de la fruta), físicos (relacionados con la longitud y el grosor), con defectos presentes (magulladuras, rajaduras, cicatrices, manchas, etc.) o sanitarios (presencia de pudriciones o ataques de plagas, entre otros).

Para el caso de Quindío, el SENA (2004) señala que en mercados especializados existen algunos parámetros referenciales para la categorización de la calidad de la fruta, la cual está dividida en extra, primera, segunda y rechazo. Esto difiere

con la aplicada en Meta, que se basa en primera, segunda y pica. Los criterios suelen ser muy subjetivos en este último caso, mientras que en Quindío cada categoría tiene rangos relacionados con el peso, la longitud y el grosor de la fruta.

En los Llanos Orientales, las labores de acondicionamiento que se aplican generalmente son realizadas por el comercializador, quien va a la finca una vez que el productor ha cosechado con uno o dos días de anticipación y ha hecho un acopio en sitios apropiados para que el camión llegue y pueda hacer el pesaje de la fruta (figura 65).



Fotos: Equipo plátano
CI La Libertad

Figura 65. Escenario tradicional después de la labor de cosecha: preparación del fruto para entrega al comprador; región del Ariari, Granada, Meta, 2017.

Generalmente, la poscosecha consiste en un desmane o separación de las manos del racimo, seguido de un lavado de estas en un recipiente con jabón líquido (figura 66), para luego pesar la fruta de acuerdo con la clasificación que se utilice en la zona, fundamentalmente por atributos de su tamaño (longitud y grosor). La clasificación para la comercialización en los Llanos Orientales es: primera, segunda y pica, la cual tiene precios diferenciales (es mayor para la primera y disminuye gradualmente hasta la pica). Después de clasificado el fruto, su disposición final puede ser en canastillas de plástico o en bolsas plásticas de 21 kg (figura 67). De igual manera, los precios pagados al agricultor varían de acuerdo con los criterios del comercializador, en función de la dinámica del mercado y la época del año, entre otros factores.



Fotos: Equipo plátano
CI La Libertad

Figura 66. Desmane del racimo y lavado de los dedos para la comercialización; Fuentedeoro, Meta, 2017.



Fotos: Equipo plátano
CI La Libertad

Figura 67. Clasificación del fruto y su disposición en canastillas y bolsas; Granada, Meta, 2017.

Es necesario destacar que en muchas oportunidades los productores no están de acuerdo con el precio asignado a la fruta por parte de los comercializadores. Para el caso del año 2017, según los datos obtenidos en la encuesta diagnóstica, el 93,88 % de los agricultores manifestó estar en desacuerdo con el precio pagado durante el año.

En tal sentido, la organización de los productores es un elemento estratégico para poder lograr mejores precios ante los comercializadores o intermediarios, ya que con un mayor volumen de fruta se pueden hacer mejores negocios que con producciones individuales. Por otra parte, por medio de la asociatividad entre varios agricultores, se logra un mecanismo de transporte y colocación particular de la fruta, con el cual se evita la intermediación en la comercialización.

Otra estrategia para lograr mejores precios es darle valor agregado al producto mediante la transformación de la fruta. De igual forma, la fruta que posee el menor precio en el mercado (pica) puede ser procesada y dar un mayor margen de ganancia que la comercializada como fruta fresca. En tal sentido, existen en el Meta algunas iniciativas, por medio de asociaciones de productores, que buscan hacer productos con algún tipo de procesamiento (pataconas o plátano pelado congelado empacado al vacío, entre otros subproductos que pueden ser obtenidos de la fruta). Del mismo modo, algunas asociaciones hacen licor de plátano o artesanías con sus calcetas, lo cual promueve la diversificación de la economía y que la unidad de producción no dependa de la vulnerabilidad en cuanto a los precios fijados por los comercializadores de fruta fresca.

Capítulo VII

Esquemas de producción orgánica, gestión de residuos e impacto ambiental de la producción

El plátano normalmente es cultivado de forma tradicional, con un manejo intensivo de agroquímicos basado en las necesidades de aplicar insumos en la fertilización y en el control de plagas, enfermedades y malezas. El uso indiscriminado de estos productos puede generar efectos adversos en el medio ambiente y la salud de las personas que realizan dichas labores. Una alternativa para mitigar estos problemas es la utilización de una agricultura alternativa que busque minimizar la aplicación de insumos químicos y que favorezca el uso de productos biológicos u orgánicos.

Es necesario destacar que la producción orgánica viene antecedida generalmente por procesos tradicionales de cultivo, en los cuales la transición que implica una reducción en el uso de fuentes sintéticas y agroquímicos es supremamente importante para, de este modo, ir gradualmente haciendo una conversión hacia una agricultura con menor impacto agroecológico, pero que garantice a su vez eficiencia en los procesos sanitario, de desarrollo y productivo del cultivo.

De otro lado, la agricultura orgánica tiene un nicho de mercado específico, lo cual debe tomarse en cuenta para su implementación en sistemas productivos en cuanto a la comercialización de este tipo de productos. En países desarrollados, existen estímulos para este tipo de producción según los cuales los productos obtenidos bajo este esquema alcanzan mejores precios que los generados con agricultura convencional. No obstante, en países donde la comercialización se realiza sin tomar en cuenta estos aspectos de valor adicional o agregado, los agricultores no observan la ventaja de aplicar manejos orgánicos, cuando sus productos cosechados no se reflejan en un mayor ingreso o rentabilidad.

En tal sentido, con la ausencia de incentivos para realizar manejos orgánicos, no se ve recompensado el agricultor en su esfuerzo por emprender este tipo de sistemas, ya que el precio de su producto comercializado no tiene, en la mayoría de los casos, una distinción con el del producido en la agricultura tradicional. De esta forma, la producción orgánica tiene que ser vista con la posibilidad de tener mercados de valor que permitan minimizar los riesgos de su adopción.

En cuanto al sistema productivo de plátano, existen experiencias de manejo orgánico en diferentes regiones productoras de América Latina. No obstante, se pueden establecer diferencias en cuanto a la adopción de tecnologías en este tipo de esquemas de producción orgánica, pues se presentan fincas con muy poca intervención tecnológica, mediante patrones de suprimir o disminuir el uso de insumos químicos, y otras donde, mediante procesos innovadores, se incluyen alternativas productivas en cuanto a las labores culturales, la aplicación de bioinsumos y los manejos integrados que permiten un cambio sustancial en la producción del cultivo y en el posible impacto negativo en el medio ambiente.

En tal sentido, Palencia et al. (2006) señalan que para la producción de plátano orgánico el suelo debe ser rico en nutrientes y materia orgánica. Una alternativa para incrementar el contenido de materia orgánica del suelo es reutilizar la biomasa del mismo cultivo, es decir, hojas secas, las calcetas cortadas, pseudotallos cortados en trozos y raquis del racimo, los cuales son insumos que sirven como protección para el suelo y para el mejoramiento de su fertilidad.

El plátano extrae grandes cantidades de nutrientes para su desarrollo y producción, los cuales deben estar disponibles en el suelo para que las plantas los puedan absorber y obtener mejores rendimientos. Por esto, después de haber realizado la cosecha del plátano, los residuos de raquis, pseudotallos, hojas e hijuelos generalmente se desaprovechan sin haberles dado un uso en el mismo cultivo. Lo ideal sería utilizarlos para que en un menor tiempo se realice un compostaje, lo que permitiría obtener fuentes alternativas de fertilización mediante la incorporación de materia orgánica, que permite un ciclaje más eficiente de los nutrientes extraídos y mejora la productividad del cultivo.

La utilización de los residuos del cultivo en la cosecha es una alternativa que mejora la calidad en la parte fisicoquímica y biológica del suelo. Para mantener la nutrición del cultivo en esquemas de producción orgánica, se utilizan diferentes fuentes, tales como humus de lombriz, estiércol de bovino y gallinaza en estado maduro, con aplicaciones de 3 a 6 kg/unidad productora (Ribeiro, de Oliveira, Silva, & Borges, 2012).

Riveros et al. (2006) recomiendan aplicaciones de enmiendas orgánicas, producidas a partir de desechos del mismo cultivo, lo cual mejora las propiedades químicas y biológicas (pH, CE, MO, C/N, ácidos húmicos, humedad, P, K, respiración microbiana y microorganismos del suelo). De la misma forma, Agüero, Alfonso, Carreño y Rodríguez (2014) argumentan que el abono tipo bocashi realizado con residuos de producción de plátano tiene un contenido nutricional adecuado para la fertilización integral de este cultivo, con buena actividad microbiana y reducción de metales pesados.

Cuéllar et al. (2012) señalan que la alta producción de residuos por parte del cultivo se puede utilizar para la producción de abono orgánico compostado, el cual mejora condiciones las biológicas del suelo. De la misma forma, Barrera, Combatt y Ramírez (2011) concluyen que el efecto del abono orgánico incrementa el peso del racimo y la longitud y el grosor de los dedos, pero su efecto se obtuvo en el segundo ciclo de cosecha, debido a que aporta y obtiene disponibilidad de nutrientes necesarios para la planta.

En un estudio de sustitución de fuentes de fertilizantes sintéticos por diferentes proporciones de compost de residuos de plantas de banano, se encontró que esta estrategia de fertilización integrada permitió obtener rendimientos similares a los conseguidos con la fertilización exclusivamente basada en fuentes sintéticas, con la aplicación de proporciones de un 50 % de compost y un 50 % de fertilizantes químicos. De esta forma, se puede hacer un uso más racional de los fertilizantes químicos y un mejor aprovechamiento de la biomasa vegetal que se produce en el cultivo, lo que permite también una reducción en costos de producción y mejoras en ciertas propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo con la incorporación de compost en el sistema productivo (Lozano et al., 2015).

Por otra parte, en la zona del Eje Cafetero se han venido realizando investigaciones relacionadas con el uso de lixiviados de raquis en el cultivo de plátano. En tal sentido, Álvarez, Ceballos, Gañán et al. (2013) recomiendan utilizar este tipo de productos como alternativas para control de enfermedades y fertilización edáfica y foliar. Del mismo modo, Álvarez, Ceballos, Llano y Prior (2013) señalan que hubo una reducción de moko en un 32 % con aplicaciones de 27.000 L/ha durante tres años de producción, con lixiviado maduro de 20 % de concentración. Igualmente, Álvarez, Ceballos, Gañán et al. (2013) observaron una mejor área foliar y reducción de sigatoka negra en los cultivos. En el mismo orden de ideas, Russo, Lugo, Arreola y Arango (1995) obtuvieron extracto húmico de raquis, con el cual se mejoró el área foliar y el grosor del pseudotallo en plantas de vivero.

Se debe hacer notar que, en el caso de lixiviados provenientes de raquis del racimo, se debe tener especial atención en los lotes con presencia de moko, debido a que pueden presentarse en el campo plantas asintomáticas, las cuales, al ser cosechadas, podrían incrementar el riesgo de dispersar la enfermedad por la aplicación del lixiviado en plantas sanas. Sumado a ello, la alta presencia de moko en los Llanos Orientales hace que se deba tener mucha precaución en el uso de lixiviados de raquis, a pesar de que no sea una práctica de uso común en la región.

De igual modo, la preparación de bioles (productos de fermentación preparados a través de la descomposición y de transformaciones químicas de residuos orgánicos en un ambiente anaerobio con diferentes fuentes de origen animal o vegetal) es una estrategia que algunos agricultores aplican en sus sistemas de producción con esquemas de producción orgánica. Otro producto frecuentemente empleado es el humus de lombriz, que también se utiliza como aporte a la nutrición de la planta e incluso para control de la sigatoka negra, con aplicaciones de 120 L/ha (Rosales, Belalcázar, & Pocasangre, 2004).

En sistemas de producción orgánica, el control de malezas se puede realizar con machete o guadaña. Otra alternativa para el manejo de arvenses en plátano orgánico es la implementación de coberturas. En este sentido, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (2017b) señala que el establecimiento de ciertas especies de plantas leguminosas en las calles

del cultivo sirve como un medio de control que genera varios beneficios importantes para el manejo y desarrollo de este. Entre estos beneficios, se incluyen, principalmente, control de malezas, reducción de la erosión y mejoramiento de la parte física (porosidad, aireación y movimiento del agua en el perfil) y de la fertilidad del suelo por la fijación simbiótica de N que hacen estas plantas, debido a la presencia de nódulos que poseen en las raíces y que incorporan al suelo.

En relación con el caso de las enfermedades, realizar el deshoje fitosanitario con la eliminación parcial o total de hojas necrosadas es muy importante para reducir la presión de inóculo de hongos que afectan el área fotosintéticamente activa, como es el caso de la sigatoka negra y amarilla. Las aplicaciones foliares de controladores biológicos pueden ser de ayuda para contrarrestar la incidencia de plagas y enfermedades dentro del cultivo. Por otro lado, para reducir la incidencia del picudo, se utilizan trampas con cebos que usan controladores biológicos específicos para esta clase de insectos y que son muy eficientes, como es el caso de *Beauveria bassiana*. Para las plagas que pueden afectar la calidad de la fruta, se usa el embolse del racimo, especialmente para los raspadores del fruto (Álvarez, Ceballos, Llano, & Prior, 2013; Rosales et al., 2004).

En la Orinoquia, la utilización de abonos orgánicos por parte de los productores de plátano es una práctica que está empezando a ganar terreno, lo que es demostrado por el 42 % de los agricultores que ejecutan esta actividad; la fuente de fertilizante orgánico más común es la gallinaza, utilizada por el 36,53 % de los productores.

Es importante destacar que la realización de esta práctica abarca el mejoramiento del suelo en cuanto a sus condiciones fisicoquímicas y de actividad microbiana, y cuando es utilizado por tiempos prolongados, ayuda a reducir la utilización de abonos químicos.

Con respecto al impacto ambiental, a nivel regional, los agricultores utilizan principalmente productos de síntesis química con una frecuencia de 7 días para el control de enfermedades como la sigatoka. Esto trae como consecuencia que los productores realicen hasta 14 ciclos de aplicaciones por año durante el

desarrollo del cultivo. Estas aplicaciones frecuentes pueden ocasionar pérdida de entomofauna benéfica, un aumento en los costos de producción del cultivo y riesgos para la salud humana.

En tal sentido, los insumos destinados para el control de plagas no deben ser tóxicos o provocar efectos tóxicos sobre el ambiente (plantas, animales o microorganismos) (tabla 15). De igual forma, se debe evitar la contaminación de las fuentes de agua (superficiales, pozos o aguas freáticas) el suelo o el aire (Soto & Tripon, 1998).

Tabla 15. Algunos insumos agrícolas permitidos en la producción de banano orgánico

Insumos minerales permitidos	Insumos orgánicos permitidos	Productos permitidos
Roca fosfórica Carbonato de calcio Razorita y Kieserita Sulfato de potasio (minado) Borato de sodio K-Mag Quelatos naturales Dolomita	Estiércol natural Estiércol crudo (con restricciones) Humados Inóculos microbianos (<i>Rhizobium</i> y <i>Azotobacter</i>) Emulsiones de algas y pescado Harina de pescado Compost Suero lácteo	Feromonas Trampas mecánicas Aceites minerales y vegetales Piretrinas naturales Azadiractina Rotenona Quassia (restringido) Caldo bordelés (con restricciones) Azufre (para uso foliar únicamente)

Fuente: Soto y Tripon (1998)

En los sistemas de producción de plátano y banano de diferentes países han crecido los esquemas de producción bajo buenas prácticas agrícolas (BPA) y certificaciones de comercializadoras a nivel internacional (Global GAP). Estos enfoques buscan hacer un uso más racional de los insumos agrícolas, la inocuidad de los productos, el bienestar laboral y la sostenibilidad de la producción (FAO, 2017a; ICA, 2009).

Otro de los problemas que se presenta es la disposición de los residuos de origen sintético que genera el cultivo de plátano, fundamentalmente debido a la labor de embolsado de los racimos (figura 68). De acuerdo con un diagnóstico realizado por Bernal Vera, Torres Rodríguez y Castaño Ramírez (2013), los productores no tienen claridad sobre la razón del uso de bolsas tratadas con insecticida, y al momento de comprar la bolsa, el 61% de los productores encuestados manifestó que le era indiferente si esta era o no tratada. Es decir, los agricultores, al no conocer el manejo adecuado de estos residuos, los dejan abandonados en el cultivo, y estas bolsas plásticas a base de polietileno generan una acumulación indefinida a causa de su nula o lenta biodegradación; el consumo considerable de hidrocarburos para la fabricación de estas bolsas y la emisión de sustancias tóxicas al aire generada durante este proceso son elementos cuestionados con respecto al impacto ambiental de esta práctica de embolsar en el sistema de producción de plátano (Arango, 2015).



Fotos: Equipo plátano
CI La Libertad

Figura 68. Inadecuada disposición de bolsas después de la labor de cosecha; Tame, Arauca, 2017.

Estudios sobre el cultivo de banano en la región de Urabá señalan que el monocultivo incrementa el uso de agroinsumos, que elevan los costos de

producción, favorecen el deterioro ambiental y disminuyen la rentabilidad del cultivo. Una de las principales causas del uso intensivo de insumos agrícolas en el cultivo de banano es la calidad exigida por los consumidores y comercializadores, lo que genera diversos manejos para cumplir con estos estándares de la fruta en los mercados de exportación, fundamentalmente. Los residuos generados en la zona bananera han llegado a ser cuantificados y se detallan en la (tabla 16) (Mejía & Gómez, 2014).

Tabla 16. Residuos generados en la zona bananera de Urabá

Material	Cantidad anual
Plásticos	1.802 t
Nailon	1.600 t
Banano de rechazo	250.000 t
Vástago o pinzonte	137.500 t
Envases de agroquímicos	310.724 t
Sacos de fertilizantes	1.155.000 sacos de polipropileno
Basuras	53.250 t

Fuente: Mejía y Gómez (2014)

En este orden de ideas, existen iniciativas enfocadas en la recolección de envases de agroquímicos en diferentes zonas productoras y de distintos sistemas productivos. En Tame, Arauca y Fuentedeoro, Meta, se han ido gestionando acciones para la recolección de bolsas de racimos en centros de acopio. Por otra parte, la Corporación Campo Limpio desarrolla un programa de manejo de envases plásticos rígidos vacíos, con el fin de reciclarlos para hacer madera plástica.

Este tipo de iniciativas busca reducir el impacto ambiental de la deficiente o inadecuada disposición de desechos sólidos provenientes del uso de insumos agrícolas en el sistema productivo. Por parte de los agricultores, es una práctica común dejar en el campo este tipo de envases, lo cual trae como consecuencia contaminación del medio ambiente.

Capítulo VIII

Costos de producción y análisis económico

Con respecto a los costos de producción del cultivo de plátano, con los resultados de las encuestas diagnósticas aplicadas en diferentes municipios para productores con un nivel de adopción tecnológica alto, se realizó un ejercicio de estructura de costos para el año 2017 con base en la zona de los Llanos Orientales.

Dentro de los análisis ejecutados, se define como costos fijos aquellos que se mantienen estables sin considerar el manejo que se le dé al cultivo o el volumen de producción que se genere durante la cosecha. En tal sentido, estos costos se reflejan en los rubros correspondientes a asistencia técnica, arriendo, análisis de suelo y costos administrativos y financieros. Por su parte, los costos variables son aquellos gastos que cambian en proporción a la actividad del sistema productivo. Los resultados del estudio se presentan en la tabla 17.

Tabla 17. Costos de producción por hectárea de plátano para una densidad de 2.200 plantas por hectárea

Costos de producción de plátano por hectárea (2.200 plantas)						
Costos variables	Preparación del terreno	Unidad	Cantidad	Valor unitario (pesos)	Valor total (pesos)	Participación (porcentaje)
	Drenajes	Hora/máquina	5	50.000	250.000	1,55
	Riego	Hora/máquina	20	50.000	1.000.000	6,20
	Vías y caminos	Hora/máquina	1	50.000	50.000	0,31
	Rastra	Pase	2	120.000	240.000	1,49
	Cinzel	Pase	1	120.000	120.000	0,74
	Pulidor	Pase	1	120.000	120.000	0,74
	Subtotal				1.780.000	11,04
	Siembra					
	Semilla	Unidad	2.200	1.200	2.640.000	16,37
	Ahoyado	Jornal	3	40.000	120.000	0,74

Continúa

Continuación tabla 18

Siembra (incluye la preparación del colino)	Jornal	6	40.000	240.000	1,49
Subtotal				3.000.000	18,61
Enmiendas					
Productos químicos	Global	1	178.900	178.900	1,11
Aplicación de enmiendas	Jornal	8	40.000	320.000	1,98
Subtotal				498.900	3,09
Control de maleza					
Producto químico	Global	1	376.000	376.000	2,33
Control de la guadaña	Jornal	4	70.000	280.000	1,74
Aplicación de químicos	Jornal	2	40.000	80.000	0,50
Subtotal				736.000	4,56
Fertilización					
Productos químicos y orgánicos	Global	1	2.563.600	2.563.600	15,90
Aplicación	Jornal	20	40.000	800.000	4,96
Subtotal				3.363.600	20,86
Control de plagas					
Productos químicos y orgánicos	Global	1	584.700	584.700	3,63
Bolsas para racimos	Paquete x 500 bolsas	5	45.000	225.000	1,40
Embolsado de racimos	Jornal	10	40.000	400.000	2,48
Trampeos	Jornal	0	0	0	0
Aplicación de químicos	Jornal	6	40.000	240.000	1,49
Subtotal				1.449.700	8,99

Continúa

Continuación tabla 18

	Control de enfermedades					
	Productos químicos y orgánicos	Global	1	1.511.200	1.511.200	9,37
	Descoline-deshije	Jornal	6	40.000	240.000	1,49
	Deshoje y desgüasque	Jornal	8	40.000	320.000	1,98
	Aplicación de químicos	Jornal	18	40.000	720.000	4,47
	Subtotal				2.791.200	17,31
	Cosecha y poscosecha					
	Corte de racimos	Jornal	8	40.000	320.000	1,98
	Desmanchado	Jornal	2	40.000	80.000	0,50
	Selección y embalaje	Jornal	2	40.000	80.000	0,50
	Subtotal				480.000	2,98
	Total de costos variables				14.099.400	87,44
	Costos fijos	Análisis de suelo	Unidad	1	120.000	120.000
Arriendo		Hectárea	1	1.200.000	1.200.000	7,44
Asistencia técnica: 5 % de los costos variables		Hectárea	1	704.970	704.970	4,37
Total de costos fijos				2.024.970	12,56	
Total del costo de producción					16.124.370	100

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con los resultados obtenidos, el costo promedio por hectárea de una unidad de producción de plátano con alta adopción tecnológica se encuentra alrededor de los \$16 millones. En la estructura de costos, el mayor gasto se encuentra representado por la fertilización, con el 20,86 %; luego, sigue la siembra, con el 18,61 %, fundamentalmente atribuido a la compra de semilla (con registro ICA) para el establecimiento del lote; el control de enfermedades, con el 17,31 %; la preparación de tierras, con el 11,04 %; el control de plagas,

con el 8,99 %; el control de malezas, con el 4,56 %, y el control de enmiendas, con el 3,09 %, con lo cual los costos variables suman un 87,44 %. Por su parte, los costos fijos representan un 12,56 % (figura 69).

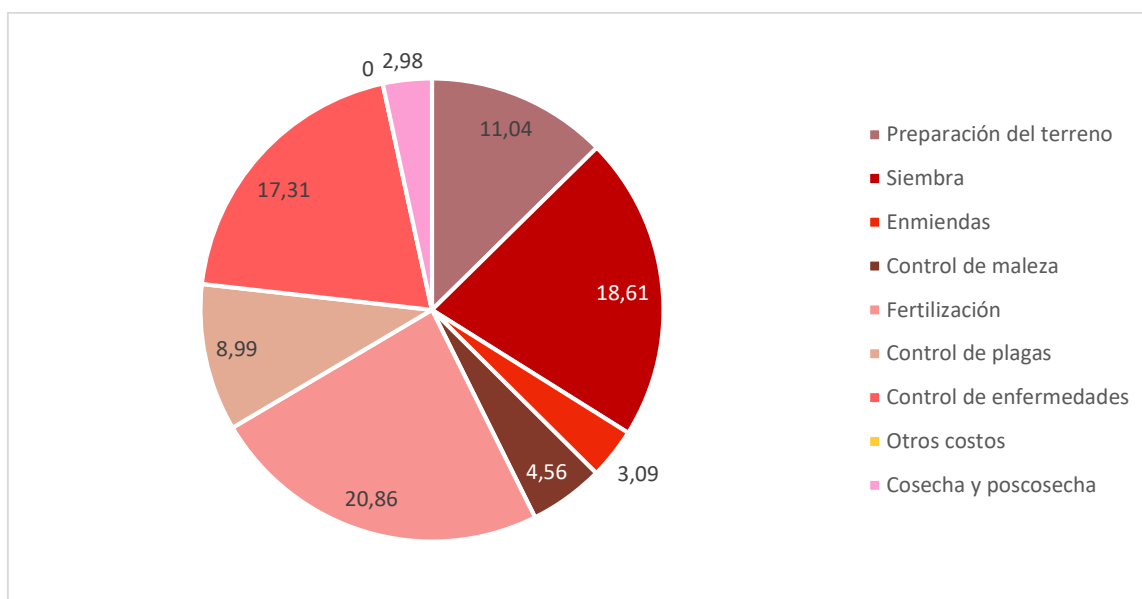


Figura 69. Participación porcentual de cada labor dentro de los costos de producción del cultivo de plátano; Llanos Orientales, 2017.

Fuente: Elaboración propia

Los ingresos que puede obtener el agricultor vienen dados por la productividad del cultivo (toneladas/hectárea) y la proporción de fruta de primera, segunda y pica, ya que estas categorías se pagan diferencialmente. Por otra parte, influyen la fluctuación de precios a lo largo del año y los periodos de cosecha del lote en el tiempo.

Que un agricultor lleve un registro y control de sus costos de producción es muy importante, ya que, de esa forma, puede tomar en cuenta aspectos productivos y saber cuánto invierte en cada planta y cuánto le puede generar esta de ganancia, asumiendo un rendimiento acorde con el nivel tecnológico y la eficiencia con que realiza las labores del cultivo.

De este modo, el agricultor puede ir detectando posibles ineficiencias que le permitirán realizar ajustes en producciones futuras, con el objetivo de lograr altas productividades con costos ajustados a un margen de ganancia aceptable. Por lo general, el productor poco control tiene sobre los precios que paga el intermediario o comercializador, por lo cual la asociatividad y la búsqueda de mejores canales de comercialización son aspectos importantes para tener en cuenta para maximizar la rentabilidad del agronegocio en el cultivo de plátano.

Capítulo IX

Usos alternativos y valor agregado de la producción

En la cadena productiva del cultivo de plátano, existen diferentes rutas para generarle un valor agregado a la producción o para utilizar subproductos en diferentes etapas del cultivo (figura 69). La búsqueda de alternativas que permitan diversificar las economías regionales y la generación de valor agregado en la producción son indispensables para disminuir la vulnerabilidad ante las dificultades en los procesos convencionales de comercialización, en los que los agricultores se ven frecuentemente desfavorecidos.

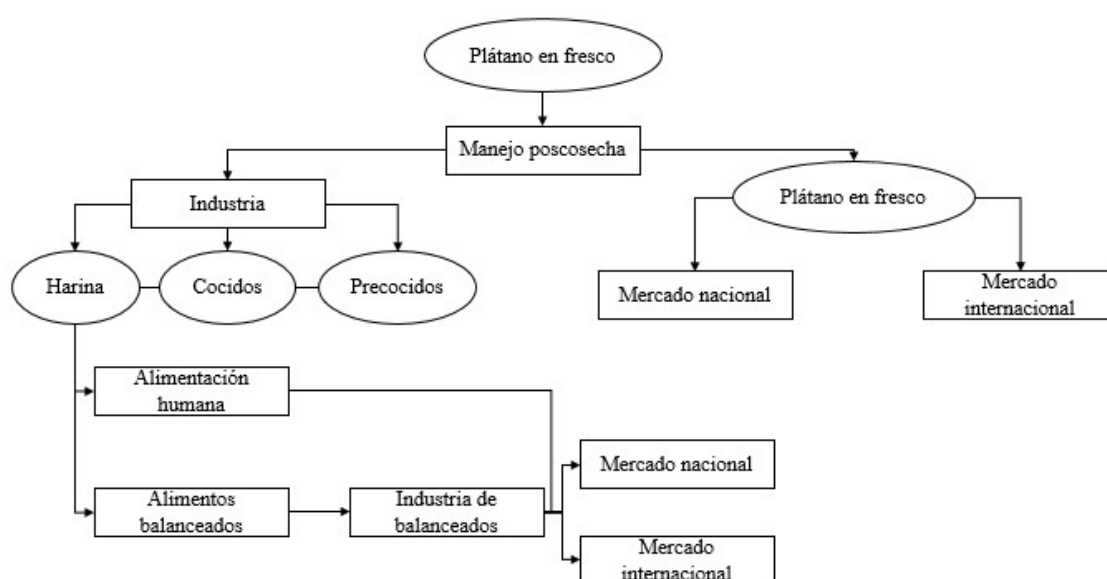


Figura 70. Cadena del plátano.
Fuente: Espinal, Martínez y Peña (2005)

En la cosecha del plátano, luego del corte del racimo, se generan residuos, como partes del pseudotallo y hojas. Una vez que al racimo se le realiza el desmane, se genera otro residuo, el raquis. La relación entre residuo y racimo es de aproximadamente 2:1. Normalmente, estos residuos se dejan sobre el suelo o se llevan a

vertederos a cielo abierto. En el primer caso, contribuyen a mantener la humedad y los aportes de materia orgánica al suelo, pero pueden ser un riesgo potencial de diseminación de enfermedades (Guerrero, Aguado, Sánchez, & Curt, 2016).

La producción de hojas para la elaboración de platos típicos, como tamales o hallacas, puede ser una alternativa distinta de producción en sistemas de altas densidades, que permiten obtener una alta concentración de material vegetal para este fin. Por otra parte, los sistemas de multiplicación masiva de semilla en campo pueden representar una fuente de ingreso importante para un agricultor, más cuando el predio cuenta con registro ICA, lo cual incrementa el valor de la semilla en el mercado por las garantías de orden sanitario que esto implica.

De esta forma, AGROSAVIA ha venido validando esquemas de multiplicación de semilla de plátano con sistemas de altas densidades, que permiten la obtención de material de siembra con calidad genética y sanitaria, la cual representa una alternativa de agronegocio adicional en la cadena de valor del plátano para agricultores en la región.

Además de los residuos de hojas y pseudotallos, también se generan los de los frutos descartados que no cumplen con los estándares de calidad para venta y comercialización. Este residuo puede ser utilizado para alimentación animal; no obstante, la mayoría de los productores lo dejan descomponerse al aire libre por razones económicas (Guerrero et al., 2016).

De igual forma, residuos de racimos y raquis de plátano han sido evaluados para su potencial uso en la alimentación de bovinos. En tal sentido, el ensilaje de ambos subproductos en diferentes proporciones permitió demostrar su eficiencia alimenticia en cuanto a ganancia de peso y beneficio neto. Los mejores resultados se obtuvieron con las relaciones 50:50 y 75:25 de fruta y raquis, respectivamente (Cruz & Gutiérrez, 2006).

Por su parte, Mazzeo, León, Mejía, Guerrero y Botero (2010) señalan que durante la cosecha y poscosecha se genera una serie de residuos que normalmente no se utilizan y que pueden ser incluso contaminantes del medio ambiente. En tal sentido, en plátano 'Hartón', se destaca la producción de papel,

a partir del pseudotallo de la planta, por medio de varios métodos (artesanales y químicos), y de harina de raquis para la elaboración de galletas, coladas y apanados, así como la obtención de almidón proveniente de los frutos verdes pertenecientes a las categorías segundas y terceras, los cuales tienden a presentar menores precios en el mercado.

En cuanto a la elaboración de artesanías, se aprovechan principalmente las calcetas (Martínez, 2015a). La extracción de fibra a partir de la calceta y la vena de la hoja del plátano se puede utilizar para elaborar productos como cestas, bolsas, tapetes, muebles, monederos y bisutería, entre otros (Artesanías de Colombia, Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [Icontec], & Fondo Colombiano de Modernización y Desarrollo Tecnológico [Fomipyme], 2008).

Por otra parte, estudios en Colombia han demostrado que con la fibra de la nervadura central de las hojas de plátano se pueden elaborar paneles aglomerados prefabricados no estructurales, los cuales son materiales ambientalmente amigables, livianos, transportables, de bajo costo y replicables para la construcción de divisiones interiores (cielos y muros) en proyectos de vivienda de interés social. Se producen de manera estandarizada en prensas mecánicas por termoformado, y se obtienen tableros de dimensiones y densidades comerciales de acuerdo con el tipo de uso deseado, con la ventaja de que no se generan residuos contaminantes. Las experiencias realizadas han respondido satisfactoriamente a diversas pruebas de calidad y aplicabilidad (Hincapié et al., 2010).

De otro lado, el descarte de la comercialización se puede utilizar en procesos de transformación para elaboración de diferentes subproductos, tales como chips, panes, tortas, helados, bebidas, licores y alimentos infantiles, así como en la extracción de almidones nativos de plátano, entre otros (Flores et al., 2004).

Del mismo modo, se pueden obtener almidones para elaborar harinas, pastas alimenticias o productos de panificación, con la ventaja de que son productos adecuados para cierto grupo de personas que no toleran nutricionalmente el gluten, el cual es un constituyente de productos alimenticios con base en harinas provenientes de cereales (Aguirre-Cruz, Bello-Pérez, González-Soto, & Álvarez-Castillo, 2007; Ovando Martínez, Agama Acevedo, & Bello Pérez, 2007).

Finalmente, en Colombia, de acuerdo con Martínez (2015a), una de las principales problemáticas es que solo el 1 % de la fruta que se produce se utiliza para transformación. Dentro de esos procesos de posible generación de valor agregado, se encuentran los siguientes subproductos:

- Chips
- Chips de plátano orgánico
- Pataconas en fresco
- Pataconas al vacío
- Preformados (trozos, figuras para niños...)
- Licores de plátano
- Plátano pelado al vacío
- Harina de plátano

De acuerdo con la encuesta diagnóstica, para los Llanos Orientales se encontró que solo el 7,14 % de los productores realiza procesos de transformación del plátano, como la elaboración de harinas, chips y pataconas al vacío. Del 92,86 % restante de los productores, el 38,89 % respondió que, a pesar de que no realiza procesos de transformación, conoce algunos productos procesados, como chips de plátano, harina de plátano y plátano al vacío.

Los autores

Gustavo Adolfo Rodríguez Yzquierdo

grodriguezy@agrosavia.co

Ingeniero Agrónomo con Maestría 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; 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 en fruticultura. Profesor de Posgrado en Fruticultura tropical avanzada. Actualmente, es investigador PhD. de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA) y hace parte de la Red de frutales, departamento de semillas, del Centro de Investigación Tibaitatá-Sede Central, Mosquera Cundinamarca.

Julio Jairo Becerra Campiño

jbecerra@agrosavia.co

Ingeniero Agrónomo de la Universidad de Nariño. Ha trabajado en investigación de sistemas de producción de plátano, frijol, maíz, café, yuca y caña con énfasis en el manejo agronómico del cultivo y métodos de multiplicación de semilla; asimismo, ha participado en sistemas de economía campesina, caracterización de sistemas productivos y desarrollo rural. También se ha desempeñado como docente universitario, instructor SENA y asistente técnico en la producción de forrajes y del cultivo de plátano. Actualmente, es investigador adscrito a la Red de frutales de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), Centro de Investigación La Libertad.

Mónica Betancourt Vásquez

mbetancourt@agrosavia.co

Ingeniera Agrónoma de la Universidad de Caldas, Diploma de 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, énfasis en epidemiología, evolución de virus de plantas y manejo integrado de enfermedades en los cultivos de plátano, 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 de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). Centro de Investigación Tibaitatá-Sede Central, Mosquera, Cundinamarca.

Tatiana Camila Miranda Salas

tmiranda@agrosavia.co

Ingeniera Agrónoma, especialista en gestión de proyectos de la Universidad de los Llanos. Ha trabajado en investigación en el manejo integrado de plagas en los cultivos de maracuyá y cacao; asimismo, en el manejo agronómico del sistema productivo de plátano, métodos de multiplicación de semilla, caracterización del sistema productivo y desarrollo rural. Se ha desempeñado como asistente técnico en los cultivos de maracuyá y guayaba-pera. Actualmente, se desempeña como profesional de apoyo a la investigación adscrita a la Red de frutales de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), Centro de Investigación La Libertad.

Sandra Viviana Alzate Henao

salzate@agrosavia.co

Ingeniera Agrónoma de la Universidad de Caldas. Ha trabajado en investigación en el manejo integrado del sistema productivo de plátano, métodos de multiplicación de semilla y caracterización de sistemas productivos. Se ha desempeñado en la coordinación de programas de extensión rural con énfasis en transferencia de tecnología en los cultivos de plátano, caña panelera, aguacate y yuca. Actualmente, se desempeña como profesional de apoyo a la investigación, adscrita a la Red de frutales de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), Centro de Investigación La Libertad.

Yeinny Carolina Pisco Ortiz

ypiscoo@agrosavia.co

Ingeniera Agrónoma de la Universidad de Cundinamarca con experiencia en investigación en el área de fitopatología y protección de cultivos en sistemas productivos frutícolas, cacao y cultivos transitorios. Tiene conocimientos en identificación, seguimiento y evaluación de enfermedades y su asociación con factores epidemiológicos. Actualmente, se desempeña como profesional de apoyo a la investigación en la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), Centro de Investigación La Libertad.

Hector Augusto Sandoval Contreras

hsandoval@agrosavia.co

Ingeniero agrónomo, magister en agronomía en manejo sustentable del suelo e ingeniería agrícola, en la subárea de fertilidad de suelos y nutrición de plantas. Ha trabajado en investigación de fertilidad de suelos en gramíneas (arroz), hortalizas (fríjol) y frutales (plátano). Actualmente, se desempeña como profesional de apoyo a la investigación, adscrito a la Red de frutales de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), en el Centro de Investigación La Libertad, Meta-Sede Yopal, Casanare.

Referencias

- Agronet. (2014). *Plátano*. Agronet. Recuperado de <http://www.agronet.gov.co/Documents/Pl%C3%A1tano.pdf>.
- Agronet. (2016). Estadísticas. *Agronet-Minagricultura*. Recuperado de <http://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/default.aspx>.
- Agüero, D. R., Alfonso, L. T., Carreño, F. S., & Rodríguez, J. C. (2014). Bocashi: abono orgánico elaborado a partir de residuos de la producción de plátanos en bocas del Toro, Panamá. *Revista Cultivos Tropicales*, 35(2), 90-97. Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362014000200012.
- Aguirre-Cruz, A., Bello-Pérez, A., González-Soto, L. A., & Álvarez-Castillo, R. A. (2007). Modificación química del almidón presente en la harina de plátano macho (*Musa paradisiaca* L.) y su efecto en el contenido de fibra dietética. En *Memorias IX Congreso de Ciencia de los Alimentos y V Foro de Ciencia y Tecnología de Alimentos* (pp. 63-70). Guanajuato, México: Instituto de Ciencias Agrícolas; Universidad de Guanajuato.
- 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*. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Recuperado de <http://www.fao.org/3/as090s.pdf>.
- Álvarez, E., Ceballos, G., Llano, G., & Prior, P. H. (2013). Lixiviados de raquis de plátano, una opción estratégica en el manejo de moko, *Ralstonia solanacearum*. En *II Congreso Latinoamericano y del Caribe de Plátanos y Bananos-Colombia, 2013*. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/279913124_Lixiviados_de_raquis_de_platano_una_opcion_e_strategica_en_el_manejo_de_Moko_Ralstonia_solanacearum.
- Álvarez, E., Llano, G., Loke, J., & González, A. (2007). Nuevas alternativas para el manejo del Moko de plátano. *Revista Asiava*, 78, 12-15.

- 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). Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-as124s.pdf>.
- Alves, E., Lima, M., Borgues de Carvalho, J. & Borgues, A. (2004). Tratos culturais e colheita. En: A. Borgues & L. da Silva Souza, ed. *O cultivo da bananeira* (107-131). Cruz das Almas, Brasil: Empresa Brasileira de Investigación Agropecuaria; Ministerio de Agricultura, Ganadería y Abastecimiento; Embrapa Mandioca e Fruticultura. Recuperado de <http://frutvasf.univasf.edu.br/images/banana2.pdf>.
- Amézquita, E. (1999). Propiedades físicas de los suelos de los llanos orientales y sus requerimientos de labranza. *Revista Palmas*, 20(1), 73-86. Recuperado de <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/692>.
- Amézquita, E., Rao, I., Rivera, M., Corrales, I., & Bernal, J. (2013). *Sistemas agropastoriles: un enfoque integrado para el manejo sostenible de oxisoles de los llanos orientales de Colombia*. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT); Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) de Colombia; Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). Recuperado de https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/54575/Sistemas_agropastoriles_Oxisoles_Llanos_Orientales_Colombia.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Arango, A. M. (2015). Efectos ambientales ocasionados por la técnica del embolsado de plátano en la producción agrícola del municipio de Ulloa-Valle. Recuperado de http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/2448/ARANGO_ANGELICA_2015.pdf?sequence=2.
- Artesanías de Colombia, Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (Icontec), & Fondo Colombiano de Modernización y Desarrollo Tecnológico (Fomipyme). (2008). *Diagnóstico de calidad oficio artesanal cestería en calceta de plátano departamento de Antioquia, municipios de Turbo y Chigorodó*. Recuperado de <http://www.artesantiasdecolombia.com.co/propiedadintelectual/comunidades/artesantias-colombia-cesteria-calceta-platano-antioquia.pdf>.

- Augura & Repcar. (2009). Identificación y manejo integrado de plagas en banano y plátano: Magdalena y Urabá, Colombia. "Reducción del escurrimiento de plaguicidas al mar Caribe". Medellín, Colombia: autores. Recuperado de <http://cep.unep.org/repcar/proyectos-demostrativos/colombia-1/publicaciones-colombia/plagas-definitiva.pdf>.
- Badgujar, C. D., Dusane, S. M., & Deshmukh, S. S. (2003). Influencia de la frecuencia de deshierbe sobre el desempeño del banano 'Basrai' (AAA). *Revista Infomusa*, 12(2), 12-13.
- Barrera, J. L., Barraza, F., & Campo, R. (2016). Efecto del sombrío sobre la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en cultivo de plátano cv 'Hartón' (*Musa* AAB Simmonds). *Revista U.D.C.A. Actualidad & Divulgación Científica*, 19(2), 317-323 Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/312615710>.
- Barrera, J. L., Cardona, C. E., & Cayón, D. G. (2011). *El cultivo de plátano (Musa AAB Simmonds): ecofisiología y manejo cultural sostenible*. Recuperado de <https://editorialzeno.com/images/1467833541.pdf>.
- Barrera, J. L., Combatt, M. E., & Ramírez, L. Y. (2011). Efecto de abonos orgánicos sobre el crecimiento y producción del plátano 'Hartón' (*Musa* AAB). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 5(2), 186-194. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/rcch/v5n2/v5n2a03.pdf>.
- Becerra, J. F., Zapata, J. C., & Villegas, B. (2010). Efecto de la micorrización sobre el manejo de nematodos en plántulas de plátano híbrido "FHIA-20AAAB". *Agronomía*, 18(1), 7-18. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/271203014_EFECTO_DE_LA_MICORRIZACION SOBRE_E_L_MANEJO_DE_NEMATODOS_EN_PLANTULAS_DE_PLATANO_HIBRIDO_FHIA-20AAAB_EFFECT_OF_MYCORRHIZATION_ON_THE_M_A_N_A_G_E_M_E_N_T_O_F_N_E_M_A_T_O_D_E_S_I_N_SEEDLINGS_OF_FHIA_20_A.
- Becerra, J. P., Garnet, J. P., Zuleta, C., & Betancourt, M. (2011). *Análisis epidemiológico y caracterización genética del virus del mosaico del pepino y el virus del rayado del banano en plátano*. Memorias XXX del Congreso Colombiano y XVI Latinoamericano de Fitopatología, Asociación Colombiana de Fitopatología y Ciencias Afines (Ascolfi), Bogotá, Colombia.

- Bedoya, G. & Rodríguez, G. (2017). Suelos y nutrición para el cultivo del plátano. En *Cultivo de plátano. Prácticas y recomendaciones de manejo integrado* (pp. 16-32). Santa Rosa de Cabal, Colombia: Corporación Universitaria Santa Rosa de Cabal (Unisarc).
- Belalcázar, S. (1991). *El cultivo del plátano (Musa AAB Simmonds) en el trópico*. Cali, Colombia: Instituto Colombiano Agropecuario (ICA); Centro Internacional de Investigación para el Desarrollo (CIID) Canadá; Comité Departamental de Cafeteros del Quindío; Red Internacional para el Mejoramiento del Banano y el Plátano (Inibap).
- 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.
- Belalcázar, S., Reichel, H., Pérez, R., Gutierrez, T., Múnera, G., & Arévalo, E. (1998). Banana streak badnavirus infection in *Musa* plantations in Colombia. En *Banana streak virus: A unique virus-Musa interaction?* (pp. 55-57). Montpellier, Francia: Red Internacional para el Mejoramiento del Banano y el Plátano (Inibap).
- Belalcázar, S., Rosales, F., & Espinosa, J. (2003a). Altas densidades de siembra en plátano, una alternativa rentable y sostenible de producción. En G. G. Rivas Platero y F. Rosales (eds.), *Manejo convencional y alternativo de la Sigatoka negra, nematodos y otras plagas asociadas al cultivo de musáceas*. (pp. 55-65) Guayaquil, Ecuador: Red Latinoamericana y del Caribe para la Investigación y el Desarrollo de las Musáceas (Musalac); Red Internacional para el Mejoramiento del Banano y el Plátano (Inibap); Fundagro.
- Belalcázar, S., Rosales, F., & Pocasangre, L. (2003b). Formación y desarrollo de raíces de plátano (*Musa AAB Simmonds*). En *Symposium internacional. Sistema radical de banano: hacia un mejor conocimiento para su manejo productivo* (pp. 31-32). San José, Costa Rica: Red Internacional para el Mejoramiento del Banano y el Plátano (Inibap); Corporación Bananera Nacional (Corbana).
- Bennett, R. S. & Anderson, P. A. (2003). Black Sigatoka. *The Plant Health Instructor*. DOI: 10.1094/PHI-I-2005-0217-01.

- Bernal Vera, M. E., Torres Rodríguez, A., & Castaño Ramírez, E. (2013). Evaluación ambiental de la práctica "embolsado" en plátano (*Musa AAB* Simmonds). Quindío, Colombia. *Luna Azul*, 36, 91-109. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/luaz/n36/n36a08.pdf>.
- Betancourt, M. & Alarcón, J. (2002). Reconocimiento de enfermedades virales en los municipios de Chinchiná y Palestina. *Boletín de Investigaciones de la Corporación Universitaria Santa Rosa de Cabal (Unisarc)*, 1(1), 2-5.
- Borges, A. L. (2004). Calagem e adubacao. En A. L. Borges & L. da Silva Souza (Eds.), *O cultivo da bananeira* (pp. 32-44). Cruz das Almas, Brasil: Empresa Brasileira de Investigación Agropecuaria, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Abastecimiento, Embrapa Mandioca e Fruticultura. Recuperado de <http://frutvasf.univasf.edu.br/images/banana2.pdf>.
- Borges, A. L., Oliveira, A., & Souza, L. (1995). *Solos nutricao e adubacao da bananeiras*. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura.
- Briceño, W. & del Valle, R. (2005). Efecto de la densidad de siembra y niveles de fertilización sobre el rendimiento de plátano 'Hartón' (*Musa AAB*), en la región suroccidental de Venezuela. En J. Castaño y M. Giraldo (Eds.), *Memorias del II Seminario Internacional sobre Producción, Comercialización e Industrialización de Plátano* (pp. 131-136). Manizalez, Colombia. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/316106426>.
- Britto, D. T. & Kronzucker, H. J. (2002). NH₄⁺ toxicity in higher plants: A critical review. *Journal Plant Physiol*, 159(6), 567-584. DOI: 10.1078/0176-1617-0774.
- Cardona, L. & Betancourt, M. (2017). Manejo de enfermedades en el cultivo de plátano. En *Cultivo de plátano. Prácticas y recomendaciones de manejo integrado* (pp. 38-57). Santa Rosa de Cabal, Colombia: Corporación Universitaria Santa Rosa de Cabal (Unisarc).
- Castaño, M., Gálvez, G., Arroyave, J., Velasco, A. C., & Morales, F. (1995). Aislamiento de una cepa colombiana del virus del mosaico del banano. *Revista de la Sociedad Colombiana de Fitopatología y Ciencias Afines (Ascolfi)*, 18(2), 130-134.
- Castrillón, C. (2010). Insectos plagas del cultivo de plátano y banano. En *Últimos avances en la tecnología del cultivo del plátano en Colombia* (pp. 16-31). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica); Agencia de Cooperación Internacional de Japón (JICA).

- Castro, R., Pesántez, M., Lema, P., Quevedo, J., Arichabala, P., & Alvarado-Capó, Y. (2014). Potential use of *Trichoderma*-based bioproduct for black leaf streak disease (*Mycosphaerella fijiensis*) management in the field. *Biocontrol Science and Technology*, 25(4), 481-486. DOI:10.1080/09583157.2014.982512.
- Cayón, G., Valencia, J., Morales, H., & Domínguez, A. (2004). Desarrollo y producción del plátano 'Dominico-Hartón' (*Musa* AAB Simmonds) en diferentes densidades y arreglos de siembra. *Agronomía Colombiana*, 22(1), 18-22. Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Daniel_Salinas3/publication/237026773_Desarrollo_y_produccion_del_platanos_Dominico-Hartons_Musa_AAB_Simmonds_en_diferentes_densidades_y_arreglos_de_siembra/links/5575ba6208ae7521586bab4b.pdf.
- Ceballos, G., Álvarez, E., & Bolaños, M. (2014). Reducción de poblaciones de *Ralstonia solanacearum* raza 2 (Smith) en plátano (*Musa* AAB Simmonds) con aplicación de extractos de *Trichoderma* sp. (Alexopoulos y Mims) y bacterias antagonistas. *Acta Agronómica*, 63(1), 80-87. Recuperado de <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/42145>.
- Chica, R., Herrera, M., Jiménez, I., Lizcano, S., Montoya, J. A., Patiño, L. F., ... Ruiz, L. H. (2004). Impacto y manejo de la Sigatoka negra en el cultivo de banano de exportación en Colombia. En *xvi Reunión Internacional Acorbat 2004 (publicación especial)* (pp. 53-62). Oaxaca, México: Acorbat.
- Churchill, A. C. L. (2011). *Mycosphaerella fijiensis*, the black leaf streak pathogen of banana: Progress towards understanding pathogen biology and detection, disease development and the challenges of control. *Molecular Plant Pathology*, 12(4), 307-328. DOI: 10.1111/j.1364-3703.2010.00672.x.
- Clay, K. & Kover, P. (1996). Evolution and stasis in plant pathogen associations. *Ecology*, 77(4), 997-1003. DOI: 10.2307/2265570.
- Combatt, E. M., Martínez, G., & Barrera, J. L. (2004). Efecto de la interacción de N y K sobre las variables de rendimiento del cultivo de plátano (*Musa* AAB Simmonds) en San Juan de Urabá-Antioquia. *Revista Temas Agrarios*, 9(1), 5-12. DOI: 10.21897/rta.v9i1.618.

- Cordeiro, Z. J. M. & Borges, A. (2000). Problemas de causa abiótica e anormalidade de causas desconhecidas. En Z. J. M. Cordeiro (Ed.), *Banana. Fitossanidade* (pp. 87-95). Brasília, Brasil: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária; Embrapa Mandioca e Fruticultura; Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Recuperado de <http://www.frutvasf.univasf.edu.br/images/banana1.pdf>.
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). (2013). *Guía toma de muestras de suelo. Vinculación de conocimiento y tecnología*. Autora. Recuperado de https://asociados.porkcolombia.co/porcicultores/images/porcicultores/convenios/corpoica/VC_G_06_Guia_toma_muestras_de_suelo.pdf.
- Corporación Colombiana Internacional. (2001). Aspects socio-économiques de la culture du bananier plantain en Colombie. *Infomusa*, 10(1), 4-9.
- Coto, J. (2009). *Guía para la multiplicación rápida de cormos de plátano y banano*. La Lima, Cortés, Honduras: Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA). Recuperado de http://www.fhia.org.hn/downloads/proteccion_veg_pdfs/multiplicacion_rapida_de_cormos_de_platano_y_banano.pdf.
- Cruz, J. de la & Gutiérrez, G. (2006). Alimentación de bovinos con mezclas de banano de rechazo y raquis en diferentes proporciones. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 10(3), 29-40. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83710303>.
- Cubides, W. (2016). *Incidencia de Ralstonia solanacearum raza 2 en cultivos de plátano (Musa AAB), y su manejo en el control oficial, a través en el departamento del Meta para el año 2015* (trabajo de especialización). Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Cuéllar, A. A., Álvarez, J. E., Brito, A. N., Jonhson, C. A., Rodríguez, L., Báez, D. V., & López, P. P. (2012). Producción de humus a partir de subproductos de cosechas de plátano (*Musa* spp.) y cachaza. *Centro Agrícola*, 39(1), 41-47. Recuperado de <https://docplayer.es/29227363-Centro-agricola-39-1-41-47-enero-marzo-2012-issn-papel-issn-on-line-ce-43-11-cf-cag-articulos-generales.html>.
- 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 banana (*Musa* spp.). *Plant Disease*, 82(1), 16-21. DOI: 10.1094/PDIS.1998.82.1.16.

- Daniells, J. W., Geering, A. D. W., Bryde, N. J., & Thomas, J. E. (2001). The effect of banana streak virus on the growth and yield of dessert bananas in tropical Australia. *Annals of Applied Biology*, 139(1), 51-60. DOI: 10.1111/j.1744-7348.2001.tb00130.x.
- Delgado, E., Trejos, J., Villalobos, N., Martínez, G., Lobo, D., Rey, J. C., ... Pocasangre, L. (2010). Determinación de un índice de calidad y salud de suelos para plantaciones bananeras en Venezuela. *Interciencia*, 35(12), 927-933. Recuperado de <https://search.proquest.com/openview/7f8884ac9f24cce364ca0c808f8ecb28/1?pq-origsite=gscholar&cbl=27688>.
- Díaz, A., Cayón, G., & Mira, J. J. (2007). Metabolismo del calcio y su relación con la "mancha de madurez" del fruto de banana. Una revisión. *Revista Acta Agronomía Colombiana*, 25(2), 280-287. Recuperado de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/14131>.
- Drenth, A. & Guest, D. (2016). Fungal and oomycete diseases of tropical tree fruit crops. *Annual Review of Phytopathology*, 54, 373-395. DOI: 10.1146/annurev-phyto-080615-095944.
- Edwardson, J. R. & Christie, R. G. (1991). *CRC handbook of viruses infecting legumes*. Boca Ratón, EE. UU.: CRC.
- Espinal, C. F., Martínez, H. J., & Peña, Y. (2005). La cadena de plátano en Colombia. Una mirada global de su estructura y dinámica, 1991-2005. *Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural*. Documento de trabajo N.º 61. Recuperado de <http://www.asohofrucol.com.co/archivos/Cadenas/platano.pdf>.
- Fageria, N. K. & Baligar, V. C. (2005). Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. *Advances in Agronomy*, 88(2), 97-185. DOI: 10.1016/S0065-2113(05)88004-6
- Faostat. (s. f.). *Cultivos*. Recuperado de <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>.
- Flores Gorosquera, E., García Suárez, F. J., Flores Huicochea, E., Núñez Santiago, M. C., González Soto, R. A., & Bello Pérez, L. A. (2004). Rendimiento del proceso de extracción de almidón a partir de frutos de plátano (*Musa paradisiaca*). Estudio en planta piloto. *Acta Científica Venezolana*, 55, 86-90. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/28095151_Rendimiento_del_proceso_de_extraccion_de_almidon_de_frutos_de_platano_Musa_paradisiaca_L_Estudio_en_planta_piloto.

- Fontes, J. R. & Goncalves, J. R. (2008). Manejo integrado de plantas daninhas em Macaxeira no Estado do Amazonas. *Circular Técnica*, 30. Recuperado de <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/667100/1/CircTec30.pdf?>.
- Fouré, E. (1985). Black leaf streak disease of bananas and plantains (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet): Study of the symptoms and stages of the disease in Gabon. París, Francia: IRFA.
- Fungicide Resistance Action Committee (FRAC). (2016). Resumen de la tabla de fungicidad para banano. Recuperado de <http://www.frac.info/working-group/banana-group/banana-frac-guidelines-2016-summary-table>.
- Furtini, E., do Vale, F. R., de Resende, V., Guilherme, G., & Guedes, A. (2001). *Fertilidade do solo*. Lavras, Brasil: Universidade Federal de Lavras (UFLA); Fundacao de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensao (FAEPE). Recuperado de http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/11493/1/TEXTO%20ACAD%C3%84MICO_Fertilidade%20do%20solo.pdf.
- Ganry, J., Fouré, E., de Lapeyre de Bellaire, L., & Lescot, T. (2012). An integrated approach to control the Black Leaf Streak Disease (BLSD) of bananas, while reducing fungicide use and environmental impact. En D. Dhanasekaran, N. Thajuddin y A. Panneerselvam (Eds.), *Fungicides for plant and animal diseases* (pp. 193-226). Londres: IntechOpen. DOI: 10.5772/1130.
- Gañán, L., León, J., Aristizábal, M., & Castaño-Zapata, J. (2007). Prácticas de manejo de las sigatokas amarilla (*Mycosphaerella musicola*) y negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en plátano 'Dominico-Hartón' (*Musa* AAB Simmonds). *Revista Agronomía*, 15(2), 39-48. Recuperado de <https://biblat.unam.mx/es/revista/agronomia-manizales/articulo/practicas-de-manejo-de-las-sigatokas-amarilla-mycosphaerella-musicola-y-negra-mycosphaerella-fijiensis-en-platano-dominico-harton-musa-aab-simmonds>.
- García, B. & Palacios, S. (2017). Insectos asociados al cultivo de plátano en Risaralda. En *Cultivo de plátano. Prácticas y recomendaciones de manejo integrado* (pp. 58-66). Santa Rosa de Cabal, Colombia: Corporación Universitaria Santa Rosa de Cabal (Unisarc).
- Gauhl, F. (1990). *Epidemiología y ecología de la Sigatoka negra (Mycosphaerella fijiensis Morelet) en plátano (Musa sp) en Costa Rica*. Ciudad de Panamá, Panamá: Unión de Países Exportadores de Banan (UPEB).

- Gauhl, F. (1994). *Epidemiology and ecology of black Sigatoka (Mycosphaerella fijiensis) on plantain and banana (Musa spp.) in Costa Rica, Central America* (tesis de doctorado) (Red Internacional para el Mejoramiento del Banano y el Plátano [Inibap], trad. al inglés en Montpellier, Francia). Universidad de Gotinga, Gotinga. (Obra original publicada en 1989).
- Geering, A. D. W., McMichael, L. A., Dietzgen, R. G., & Thomas, J. E. (2001). Genetic diversity among banana streak virus isolates from Australia. *Phytopathology*, 90(8), 921-927. DOI: 10.1094/PHYTO.2000.90.8.921.
- Gennin, S. & Boucher, C. (2004). Lessons learned from the genome analysis of *Ralstonia solanacearum*. *Annual Review of Phytopathology*, 42, 107-134. DOI: 10.1146/annurev.phyto.42.011204.104301.
- Gowen, S. (ed.). (1995). *Bananas and plantains*. Londres: Chapman and Hall.
- Granada, G. & Sequeira, L. (1983). Survival of *Pseudomonas solanacearum* in soil, rhizosphere, and plant roots. *Canadian Journal of Microbiology*, 29(4), 433-440. DOI: 10.1139/m83-070.
- Guerrero, A., Aguado, P., Sanchez, J., & Curt, M. (2016). GIS-based assessment of banana residual biomass potential for ethanol production and power generation: A case study. *Waste and Biomass Valorization*, 7(2), 405-415. DOI: 10.1007/s12649-015-9455-3.
- Guillén, C., Rodríguez, A., Laprade, S., Valle, H., Segura, R., Uva, V., & Sandoval, J. (2010). Proyecto demostrativo con implementación de buenas prácticas agrícolas (BPA) en el cultivo de banano. *Corporación Bananera Nacional (Corbana)*. Hoja divulgativa N.º 5. Recuperado de <http://cep.unep.org/repcar/proyectos-demostrativos/costa-rica-1/publicaciones-corbana/HOJA%20DIVULGATIVA%20Nb05-2011%20-MIP%20COCHINILLAS%20Y%20ESCAMAS.pdf>.
- Guzmán, M. & Romero, R. (1995). Determinación del efecto antiesporulante de diferentes compuestos sobre *Mycosphaerella fijiensis*. En *Informe anual 1994*. San José, Costa Rica: Departamento de Investigación y Diversificación Agrícola; Corporación Bananera Nacional (Corbana).
- Hayward, A. (1985). Bacterial wilt caused by *Pseudomonas solanacearum* in Asia and Australia: An overview. En G. J. Persley (ed.), *Bacterial wilt disease in Asia and the South Pacific* (pp. 15-24). Canberra, Australia: Australian Centre for International Agricultural Research. Recuperado de <https://www.aciar.gov.au/node/9006>.

- Hayward, A. (1991). Biology and epidemiology of bacterial wilt caused by *Pseudomonas solanacearum*. *Annual Review of Phytopathology*, 29, 64-87. DOI: 10.1146/annurev.py.29.090191.000433.
- Hayward, A. (2006). Pudrición de las frutas de banano causada por *Ralstonia solanacearum*, raza 2: materias de nomenclatura, transmisión y control. *Infomusa*, 15(1), 7-11.
- Hernández, E., Carnero, A., Velásquez, Y., Ramos, C., & Perera, S. (2011). *La cochinilla de la platanera*. Departamento de Producción Vegetal del Instituto Canario de Investigaciones Agrarias (ICIA). Recuperado de http://www.agrocabildo.org/publica/publicaciones/subt_389_cochinilla_platanera_2011.pdf.
- Hincapié, D., Villa, G., Rocha, L., Gañán, P., Kerguelén, H., Betancourt, S., ... Muñoz, L. (2010). Paneles generados a partir de residuos de la industria platanera. *xix Reunión Internacional Acorbat 2010* (pp. 284-288). Medellín, Colombia: Acorbat.
- Holderness, M., Bridge, J., & Gold, C. S. (1999). Pest management in organic systems. En M. Holderness, S. Sharrock, E. Frison y M. Kairo (Eds.), *Organic banana 2000: Towards an organic banana initiative in the Caribbean* (pp. 133-141). Santo Domingo, República Dominicana: Red Internacional para el Mejoramiento del Banano y el Plátano (Inibap); Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal (Cedaf); Centre for Agricultural Bioscience International (CABI); Technical Centre for Agricultural and Rural Cooperation (CTA). Recuperado de https://www.biodiversityinternational.org/fileadmin/user_upload/online_library/publications/pdfs/711.pdf.
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2009). *Mis buenas prácticas agrícolas: guía para agroempresarios*. Bogotá, Colombia: autor. Recuperado de <https://www.ica.gov.co/Areas/Agricola/Servicios/Inocuidad-Agricola/Capacitacion/cartillaBPA.aspx>.
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2012). *Manejo fitosanitario del cultivo del plátano. Medidas para la temporada invernal*. Bogotá, Colombia: autor. Recuperado de http://www.fao.org/fileadmin/templates/banana/documents/Docs_Resources_2015/TR4/cartilla-platano-ICA-final-BAJA.pdf.

- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (22 de julio de 2013). Resolución 3330 de 2013: por medio de la cual se establecen medidas fitosanitarias tendientes a prevenir la diseminación en el territorio nacional de la enfermedad conocida como Moko del plátano y banano, ocasionada por la bacteria *Ralstonia solanacearum*. Recuperado de <https://www.ica.gov.co/getattachment/4a375b88-724e-4dc6-aaef-278de60721ce/2013R3330.aspx>.
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (30 de octubre de 2014). Resolución 3495 de 2014: mediante la cual se declara en estado de emergencia fitosanitaria los departamentos de Risaralda y Quindío, por la presencia de la plaga conocida como Mosca Blanca Espiral (*Aleurodicus floccissimus*) en los cultivos de plátano y banano. DO: 49.325. Recuperado de <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/col142188.pdf>.
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (29 de agosto de 2016). La mosca blanca presente en los cultivos de plátano en el Meta. *Instituto Colombiano Agropecuario (ICA)*. Recuperado de <https://www.ica.gov.co/Noticias/Agricola/2016/La-mosca-blanca-presente-en-los-cultivos-de-platan.aspx>.
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2018). Registros nacionales de plaguicidas de uso agrícola registrados ante el ICA. *Instituto Colombiano Agropecuario (ICA)*. Recuperado de <https://www.ica.gov.co/getdoc/d3612ebf-a5a6-4702-8d4b-8427c1cdaeb1/REGISTROS-NACIONALES-PQUA-15-04-09.aspx>.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2014a). Estudio general de suelos y zonificación de tierras departamento de Casanare, escala 1:100.000. Bogotá, Colombia: autor.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2014b). *Manejo de suelos colombianos*. Bogotá, Colombia: autor.
- Iskra-Caurana, 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), 1394-1402. DOI: 10.1094/MPMI-05-10-0107.
- Javer, H. E. (2007). Banana streak virus (BSV): características biológicas, epidemiología e importancia económica. *Fitosanidad*, 11(4), 61-69. Recuperado de <http://www.fitosanidad.cu/index.php/fitosanidad/article/view/224>.

- Jiménez, R. (2013). *Selección de plantas élites en plátano y su impacto potencial en la producción*. Bioversity International; Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales; Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá; Asociación de Plataneros de Rivas, Nicaragua. Recuperado de <http://docplayer.es/64526589-Seleccion-de-plantas-elites-en-platano-y-su-impacto-potencial-en-la-produccion-ramon-jimenez-mayo-27-de-2013.html>.
- Lahav, E. & Turner, D. (1992). *Fertilización del banano para rendimientos altos* (2.ª ed.). Boletín N.º 7. Quito, Ecuador: Instituto de la Potasa y el Fósforo (Inpofos).
- Lockhart, B. E. L. (1 de octubre de 1995). Banana streak badnavirus infection in Musa: Epidemiology, diagnosis and control. *Food and Fertilizer Technologies Center*. Recuperado de <http://www.ffc.agnet.org/library.php?func=view&id=20110712183756>.
- Lockhart, B. E. L. & Jones, D. R. (1999). Banana mosaic. En D. R. Jones (ed.), *Diseases of banana, abaca and enset* (pp. 256-274). Wallingford, Inglaterra: Centre for Agricultural Bioscience International (CABI).
- Lockhart, B. E. L. & Olszewski, N. E. (1993). Serological and genome heterogeneity of banana streak badnavirus: Implications for detection in Musa germoplasm. En J. Ganry (ed.), *Breeding banana and plantain for resistance to diseases and pests* (pp. 105-113). Montpellier, Francia: La Recherche Agronomique pour le Développement (Cirad); Red Internacional para el Mejoramiento del Banano y el Plátano (Inibap).
- López, A. (1994). El azufre en la nutrición del cultivo de banana en Costa Rica. *Informaciones Técnicas N.º 15. Revista Corbana*, 18(40), 15-19. Recuperado de [http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/8F19F825B478AA888525801300565668/\\$FILE/Art%204.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/8F19F825B478AA888525801300565668/$FILE/Art%204.pdf).
- López, A., Vargas, A., Espinosa, J., & Vargas, R. (2001). *Síntomas de deficiencias nutricionales y otros desórdenes fisiológicos en el cultivo del banano* (Musa AAA). Costa Rica: Corporación Bananera Nacional (Corbana); Instituto de la Potasa y Fósforo (Inpofos).
- López, O. R. (2002). *Manual de producción de plátano basado en la experiencia de Zamorano* (tesis de licenciatura). Universidad Zamorano, Tegucigalpa, Honduras.

- Lozano, Z., Ramírez, H., Rodríguez, G., Correa, P., Adolfo, M., & Lobo, D. (2015). Total and partial replacement of inorganic fertilizer by organic fertilizer and its effects on soil properties of banana cultivation. En *Impacts of agrosystem on the environments* (pp. 83-90). Ghent University; International Centre of Eremology.
- Manzo Sánchez, G., Guzmán González, S., Rodríguez García, M., James, A., & Orozco Santos, M. (2005). Biología de *Mycosphaerella fijiensis* Morelet y su interacción con *Musa* spp. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 23(1), 87-96. Recuperado de <https://biblat.unam.mx/es/revista/revista-mexicana-de-fitopatologia/articulo/biologia-de-mycosphaerella-fijiensis-morelet-y-su-interaccion-con-musa-spp>.
- Marín, D. H. & Romero, R. A. (1992). El combate de la Sigatoka negra. *Boletín n.º 4*. Departamento de Investigaciones de la Corporación Bananera Nacional (Corbana). San José, Costa Rica.
- Marín, D. H., Romero, R. A., Guzmán, M., & Sutton, T. B. (2003). Black Sigatoka: An increasing threat to banana cultivation. *Plant Disease*, 87(3), 208-222. DOI: 10.1094/PDIS.2003. 87.3.208.
- Marschner, H. (2011). *Marschner's mineral nutrition of higher plants* (3.^a ed.). Waltham: Academic Press.
- Martin-Prevel, P. (1987). *Banana*. En P. Martin-Prevel, J. Gagnard y P. Gautier (eds.), *Plant analysis as a guide to the nutrient requirements of temperate and tropical crops* (pp. 637-670). Nueva York: Lavoisier.
- Martínez, A. (1998). *El cultivo de plátano en los Llanos Orientales, aspectos generales y labores del cultivo* (manual instruccional n.º 1). Villavicencio, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica); Programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria (Pronatta). Recuperado de http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/4031/1/20061127152826_El%20cultivo%20del%20platano%20llanos.pdf.
- Martínez, A. (2003). Uso de la agroforestería para disminuir la severidad de la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en el cultivo de plátano (*Musa* AAB, Simmonds). En G. G. Rivas Platero y F. Rosales (eds.), *Manejo convencional y alternativo de la sigatoka negra, nematodos y otras plagas asociadas al cultivo de musáceas en los trópicos* (pp. 67-76). Red Internacional para el Mejoramiento del Banano y el Plátano (Inibap).

- Martínez, A. (2015a). Alternativas de industrialización en el cultivo de plátano. Granada, Meta, Colombia.
- Martínez, A. (2015b). Manejo de plagas. *Curso de Actualización en el Cultivo de plátano*. Granada, Meta, Colombia. Asociación Hortifrutícola de Colombia.
- 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). Cartagena, Colombia: Acorbat Internacional; Augura.
- Martínez, G., Tremont, O., & Hernández, Y. (2002). *Manual técnico para la producción de musáceas*. Maracay, Venezuela: Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA)-Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (Ceniap).
- Martínez Bolaños, L. (2012). *Epidemiología y manejo de la Sigatoka negra (Mycosphaerella fijiensis Morelet) del Banano (Musa AAA)* (tesis de Doctorado en Ciencias). Colegio de Postgraduados, Montecillo, México.
- Martins, O. (2000). Polymerase chain reaction in the diagnosis of bacterial wilt caused by *Ralstonia solanacearum* (Smith) Yabuuchi et al. Gotinga, Alemania: Georg-August University.
- Mazzeo, M., León, L., Mejía, L., Guerrero, L., & Botero, J. (2010). Aprovechamiento industrial de residuos cosecha y poscosecha de plátano en el departamento de Caldas. *Revista Educación en Ingeniería*, 5(9), 128-139. DOI: <http://dx.doi.org/10.26507/rei.v5n9.14>
- Mejía, G. A. & Gómez, J. S. (2014). Los desechos generados por la industria bananera colombiana. En Seminario Internacional Gestión Integral de Residuos y Sólidos Peligrosos, Siglo XXI. Recuperado de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/acodal/xxix.pdf>.
- Mejía, L. (2013). Evaluación del comportamiento físico y químico poscosecha del plátano 'Dominico-Hartón' (Musa AAB Simmonds) cultivado en el municipio de Belalcázar (Caldas) (tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. Recuperado de <http://bdigital.unal.edu.co/9479/1/01107468.2013.pdf>.
- Merchán, V. (2000). *Prevención y manejo de la Sigatoka negra* (boletín divulgativo ICA, 2.ª ed.). Manizales, Colombia: ICA.

- Merchán, V. M. & Chavarriaga, W. M. (1994). Alternativas de manejo de Sigatoka negra en plátano 'Hartón' (*Musa* AAB). En *Memorias de la XI Reunión Acorbat 1994* (pp. 325-335). San José, Costa Rica: Acorbat.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR). (2014). *Cadena de plátano*. Recuperado de <https://sioc.minagricultura.gov.co/Platano/Documentos/004%20-%20Documentos%20Competitividad%20Cadena/D.C.%202014%20Octubre%20-%20Indicadores%20platano.pdf>.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), & secretarías municipales. (2017). *Base agrícola EVA 2007-2017*. Recuperado de http://www.agronet.gov.co/Lists/Boletin/DispForm.aspx?ID=1322&Source=http%3A%2F%2Fwww%2Eagronet%2Egov%2Eco%2Flists%2Fboletin%2Fallitems%2Easpx%3FPaged%3DTRUE%26p_ID%3D1320%26PageFirstRow%3D691%26%26View%3D%257BE27F84C8-016B-417F-8783-C31610291FC9%257D&ContentTypeId=0x010077383A1616732842B99AF7E6BDC812C300ADEE8C32BAD4FA4888A3853FB3ECC72A.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) & Observatorio de Agrocadenas. (2004). *Caracterización de la cadena de plátano en Colombia*. Bogotá, Colombia: autores. Recuperado de <http://repiica.iica.int/docs/B0040E/B0040E.PDF>.
- Moreira, A., Arruda, M., & Borges, A. L. (2010). Nutrição e adubação da bananeira cultivadas na região amazônica. En L. Gasparotto y J. C. R. Pereira (eds.), *A cultura da bananeira na região norte do Brasil* (pp. 97-132). Brasília, Brasil: Embrapa Informação Tecnológica.
- Moreira, A., Arruda, M., Pereira, J., Gasparotto, L., & Pereira, M. (2005). *Recomendação de adubação e calagem para bananeira no estado do Amazonas (1.ª aproximação)*. Manaus, Brasil: Embrapa Amazônia Ocidental.
- Moreira, A. & Fageria, N. K. (2009). Yield, uptake, and retranslocation of nutrients in banana plants cultivated in upland soil of central Amazonian. *Journal of Plant Nutrition*, 32(3), 443-457. DOI: 10.1080/01904160802660750.
- Moreiras, O., Carvajal, A., Cabrera, L., & Cuadrado, C. (2013). *Tabla de composición de alimentos*. Madrid, España: Pirámide.

- Moreno, J., Candanoza, J., & Olarte, F. (2009). *Buenas prácticas agrícolas en el cultivo de plátano de exportación en la región de Urabá*. Medellín, Colombia: Asociación de Bananeros de Colombia (Augura). Recuperado de <http://cep.unep.org/repcar/proyectos-demostrativos/colombia-1/publicaciones-colombia/cartilla-platano-definitiva.pdf>.
- Nates, G., Villa, A., & Vergara, C. (1989). Ciclo de desarrollo de *Trigona* (Tetragonisca) angustula, Latreille 1811 (Hymenoptera, Trigonini). *Acta Biológica Colombiana*, 1(5), 91-98. Recuperado de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/actabiol/article/view/25566>.
- Núñez, G., Guevara, V., & Monterroso, D. (2002). Efecto de la cal y la urea en el manejo del moko de las musáceas. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*, 66, 96-100. Recuperado de <http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/handle/11554/6107>.
- Obregón, M. (2007). *Diagnóstico, hospederos y sobrevivencia de la bacteria Ralstonia solanacearum en banano y aplicaciones al control integrado de la enfermedad en la zona de Urabá* (tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia.
- Olmos, A. (2015). *Cadena productiva del plátano. Departamento del Casanare, 2015*. Secretaria de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente. Recuperado de <http://www.casanare.gov.co/?idcategoria=37815&download=Y>.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (1999). *Plantain: Post-harvest operations*. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-ax439e.pdf>.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2000). Procesamiento y preparación doméstica de alimentos para el destete. En *Mejorando la nutrición a través de huertos y granjas familiares. Manual de capacitación para trabajadores de campo de América latina y el Caribe*. Recuperado de <http://www.fao.org/3/v5290s/v5290s18.htm#TopOfPage>.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2002). *Agricultura mundial: hacia los años 2015-2030. Informe resumido*. Roma: autora. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/004/y3557s/y3557s00.htm>.

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2017a). *Buenas prácticas agrícolas para bananos*. Recuperado de <http://www.fao.org/world-banana-forum/projects/good-practices/good-agricultural-practices/es/>.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2017b). *Producción de banano orgánico en la república dominicana*. Recuperado de <http://www.fao.org/world-banana-forum/projects/good-practices/organic-production-dominican-republic/es/#.XBKujmgZYdU>.
- Orozco-Santos, M. (1998). *Manejo integrado de la Sigatoka negra del plátano* (Folleto Técnico N.º 1). Tecomán, Colima, México: Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural (Sagarpa); Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (Inifap); Centro de Investigación para la Producción de Agricultura en Ambiente Controlado (CIPAC).
- Orozco-Santos, M., García-Mariscal, K., Manzo-Sánchez, G., Guzmán-González, S., Martínez-Bolaños, L., Beltrán-García, M., ... Canto-Canché, B. (2013). *La Sigatoka negra y su manejo integrado en banano* (libro técnico n.º 1). Tecomán, Colima, México: Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural (Sagarpa); Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (Inifap); Centro de Investigación para la Producción de Agricultura en Ambiente Controlado (CIPAC).
- Orozco-Santos, M. & Orozco-Romero, J. (2006). Sistemas de muestreo de Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) del banano. En W. da Silva Moraes, M. Orozco-Santos y J. Orozco-Romero (eds.), *Anais del I Simpósio de Manejo Adequado da Sigatoka Negra na Cultura da Banana* (pp. 56-82). Pariquera-Açu, Brasil.
- Orozco-Santos, M., Orozco-Romero, J., Pérez-Zamora, O., Manzo-Sánchez, G., Farías-Larios, J., & da Silva Moraes, W. (2008). Prácticas culturales para el manejo de la Sigatoka negra en bananos y plátanos. *Tropical Plant Pathology*, 33(3), 189-196. DOI: 10.1590/S1982-56762008000300003.
- Ovando Martínez, M., Agama Acevedo, E., & Bello Pérez, L. A. (2007). Digestibilidad in vitro del almidón en espagueti adicionado con almidón de plátano. En *Memorias IX Congreso de Ciencia de los Alimentos y V Foro de Ciencia y Tecnología de Alimentos* (pp. 40-44). Guanajuato, México: Instituto de Ciencias Agrícolas; Universidad de Guanajuato.

- Pacheco, Y. & León, G. (2001). Clasificación climática de la Orinoquia colombiana a partir de los patrones de circulación atmosférica. *Meteorología Colombiana*, 4(1), 117-120. Recuperado de http://ciencias.bogota.unal.edu.co/fileadmin/content/geociencias/revista_meteorologia_colombiana/numero04/04_12.pdf.
- Palencia, G., Gómez, R., & Martín, J. (2006). *Manejo sostenible del cultivo del plátano*. Bucaramanga, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). Recuperado de <https://conectarural.org/sitio/sites/default/files/documentos/Cultivodelpltano.pdf>.
- Palencia, G., Gómez, R., Martín, J., & Díaz, N. (2006a). *Propagación rápida de semillas*. Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- Palukaitis, P. & García-Arenal, F. (2003). Cucumber mosaic virus. *Descriptions of Plant Viruses*, 400, 1-23. Recuperado de <http://www.dpvweb.net/dpv/showdpv.php?dpvno=400>.
- Palukaitis, P., Roossinck, M. J., Dietzgen, R. G., & Francki, R. I. B. (1992). Cucumber mosaic virus. *Advances in Virus Research*, 41, 281-348. DOI: 10.1016/S0065-3527(08)60039-1.
- Patiño, A. & Cardona, L. (2017). Labores culturales en el sistema productivo plátano. En *Cultivo de plátano. Prácticas y recomendaciones de manejo integrado* (pp. 33-37). Santa Rosa de Cabal, Colombia: Corporación Universitaria Santa Rosa de Cabal (Unisarc).
- Patiño, A., Rodríguez, G., & Cardona, L. (2017). Requerimientos edafoclimáticos del cultivo del plátano. En *Cultivo de plátano. Prácticas y recomendaciones de manejo integrado* (pp. 9-15). Santa Rosa de Cabal, Colombia: Corporación Universitaria Santa Rosa de Cabal (Unisarc).
- Pertúz, I. Q. & Delahoz, E. C. (2015). Panorama del manejo de malezas en cultivos de banano en el departamento de Magdalena, Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 9(2), 329-340. DOI: 10.17584/rcch.2015v9i2.4188.
- Provost, G. le, Iskra-Caruana, M. L., Acina, I., & Teycheney, P. Y. (2006). Improved detection of episomal banana streak viruses by multiplex immunocapture PCR. *Journal of Virological Methods*, 137(1), 7-13. DOI: 10.1016/j.jviromet.2006.05.021.

- 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. DOI: 10.1111/j.1744-7348.1985.tb03135.x.
- Raij, B. van. (2011). *Fertilidade do solo e manejo de nutrientes*. Piracicaba, Brasil: International Plant Nutrition Institution (IPNI).
- Ramos, C., Hernández, E., Velásquez, Y., & Carnero, A. (2011). *Cochinilla algodonosa de la platanera* (folleto). Recuperado de https://www.icia.es/icia/download/pvegetal/Folleto_cochinilla.pdf.
- Reichel, H. (2002). Partial characterization of banana mild mosaic virus (BanMMV) isolates infecting Musa spp. from Colombia, the Philippines and Africa (tesis universitaria). Facultad Universitaria de Ciencias Agronómicas de Gembloux, Gembloux, Bélgica.
- Reichel, H., Belalcázar, S., Múnera, G., Pérez, R., & Arévalo, E. (1998). Confirmada la presencia de la enfermedad del rayado del banano en cultivos de plátano (*Musa* AAB Simmonds), caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y achira (*Canna edulis*) en Colombia. *Infomusa*, 6(1), 9-12.
- Ribeiro, L., de Oliveira, I., Silva, S., & Borges, A. (2012). Caracterização física e química de bananas produzidas em sistemas de cultivo convencional e orgânico. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 34(3), 774-782. DOI: 10.1590/S0100-29452012000300017.
- Rippstein, G., Escobar, G., & Motta, F. (eds.). (2001). *Agroecología y biodiversidad de las sabanas en los Llanos Orientales*. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT); La Recherche Agronomique pour le Développement (Cirad). Recuperado de https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/55153/agroecologia_y_biodiversidad.pdf?sequence=1.
- Riveros, A. S., Rosales, F. E., Romero, J., Romero, C., Jiménez, M. I., Jiménez, R., ... Villalobos, M. (2006). Estandarización de enmiendas orgánicas para banano en América Latina y el Caribe. En *xviii Reuniao Internacional da Associação para a Cooperaçao nas Pesquisas sobre Banana no Caribe e na América Tropical* (pp. 234-240). Santa Catarina, Brasil: Acorbat. Recuperado de www.musalit.org/viewPdf.php?file=IN060652_spa.pdf&id=10472.

- Rodríguez, A. (2013). *Guía para la preparación de mezclas y uso moderado de fungicidas en las aplicaciones en el cultivo de banano*. Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA). Recuperado de https://issuu.com/gyga800/docs/guia_para_la_preparaci__n_de_mezcla
- Rodríguez, G. (2009). Aspectos sobre salud radical de banano en suelos de Venezuela. *Revista Producción Agropecuaria*, 2(1), 49-52.
- Rodríguez, G., Abreu, Y., Rey, J. C., Lobo, D., & Muñoz, N. (2010). Efecto de las propiedades físicas y químicas del suelo sobre el desarrollo y salud radical del banano (*Musa* AAA) en lotes de vigor y productividad contrastantes. *XIX Reunión Internacional Acorbat 2010* (pp. 377-382). Medellín, Colombia: Acorbat.
- Rodríguez, G. & Lobo, D. (2004). Desarrollo y distribución de raíces en tres clones de musáceas y su relación con las propiedades de un suelo lacustrino de la Cuenca del Lago de Valencia. *Revista de la Facultad de Agronomía (Luz)*, 21(1), 121-128. Recuperado de <http://produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/view/12092/0>.
- Rodríguez, G., Lobo, D., Muñoz, N., & Márquez, J. (2010). Efecto de la poda de manos en 'FHIA-21' sobre el peso, longitud y diámetro de los frutos. *Revista Facultad de Agronomía (ucv)*, 36(2), 44-52. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/277760084_Efecto_de_la_poda_de_manos_en_'FHIA-21'_Musa_AAAB_sobre_el_peso_longitud_y_diametro_de_los_frutos.
- Rodríguez, G., Páez, N., Rey, J. C., Martínez, G., Arturo, M., Ramírez, H., & Muñoz, N. (2010). Efecto de la densidad de plantación sobre características del fruto en plátano (*Musa* AAB clon 'Hartón'), en el estado Aragua, Venezuela. *XIX Reunión Internacional Acorbat 2010* (pp. 182-186). Medellín, Colombia. Acorbat.
- Rojas, J. (2013). Manejo integrado de plagas y enfermedades en banano orgánico y convencional (guía técnica). Piura, Perú.

- Rosales, F., Álvarez, J. M., & Vargas, A. (2008). *Guía práctica para la producción de plátano con altas densidades. Experiencias en América Latina y El Caribe*. Bioversity International; Red Latinoamericana y del Caribe para la Investigación y el Desarrollo de las Musáceas (Musalac). Recuperado de https://www.bioversityinternational.org/fileadmin/_migrated/uploads/tx_news/Guia_practica_para_la_produccion_de_platano_con_atlas_densidades__experiencias_de_America_Latina_y_El_Caribe_1373.pdf.
- Rosales, F., Belalcázar, C. S., & Pocasangre, L. (2004). *Producción y comercialización de banano orgánico en la región del Alto Beni. Manual práctico para productores*. Alto Beni, Bolivia: Comisión Interamericana para el Control del Abuso de Drogas (CICAD); Viceministerio de Desarrollo Alternativo (Vimdesalt); Red Internacional para el Mejoramiento del Banano y el Plátano (Inibap). Recuperado de https://www.bioversityinternational.org/fileadmin/_migrated/uploads/tx_news/Producci%C3%B3n_y_comercializaci%C3%B3n_de_banano_org%C3%A1nico_en_la_Regi%C3%B3n_del_Alto_Beni__Manual_pr%C3%A1ctico_para_productores_1098.pdf.
- Rosales, F., Pocasangre, L., Trejos, J., Serrano, E., Acuña, O., Segura, A., ... Steiver, C. H. (2006). *Guía para el diagnóstico de la calidad y salud del suelo bananero*. Bioversity International; Fontagro; Red Latinoamericana y del Caribe para la Investigación y el Desarrollo de las Musáceas (Musalac). Recuperado de https://www.bioversityinternational.org/fileadmin/_migrated/uploads/tx_news/Guia_de_diagnostico_de_la_calidad_y_salud_de_suelos_bananeros_1375.pdf.
- Russo, R., Lugo, J., Arreola, O., & Arango, O. (1995). Efecto de un bioestimulante húmico del raquis de banano (pinzote) sobre el crecimiento de plántulas de banano (*Musa* AAA subgrupo "Cavendish" clon 'Gran enano'). *Revista Agronomía Mesoamericana*, 6(3), 130-133. DOI: 10.15517/am.v6i0.24818.
- Sabogal, A. B. (2001). Influencia del zinc en la resistencia del plátano al mal de Panamá (*Fusarium oxysporium f. sp. Cubense*). *Revista Química*, 15(1), 7-16. Recuperado de <http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/quimica/article/view/4753/4754>.
- Sagratzki, P., Hanada, R., Gasparotto, L., Coelho, R., & de Souza, T. (2015). Biological control of banana black Sigatoka disease with Trichoderma. *Ciência Rural*, 45(6), 951-95. DOI: 10.1590/0103-8478cr20140436.

- Sancho, H. (1999). Curvas de absorción de nutrientes: importancia y uso en los programas de fertilización. *Informaciones Agronómicas*, 36, 11-13. Recuperado de <http://intranet.exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/CURVAS%20DE%20ABSORCION%20DE%20NUTRIENTES.pdf>.
- Sangoi, L., Ernani, P., Lech, V., & Rampazzo, C. (2003). Lixiviação de nitrogênio afetada pela forma de aplicação da uréia e manejo dos restos culturais de aveia em dois solos com texturas contrastantes. *Ciência Rural*, 33(1), 65-70. DOI: 10.1590/S0103-84782003000100010.
- Schell, M. (2000). Control of virulence and pathogenicity genes of *Ralstonia solanacearum* by an elaborate sensory network. *Annual Review of Phytopathology*, 38, 263-292. DOI: 10.1146/annurev.phyto.38.1.263.
- Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA). (2004). *El plátano Musa spp. Su cosecha y poscosecha en la cadena agroindustrial*. Villavicencio, Colombia: SENA; Fondo Nacional de Fomento Hortifrutícola; Asociación Hortifrutícola de Colombia; Secretaría de Agricultura del Meta; Corpometa; Corpoica. Recuperado de http://www.asohofrucol.com.co/archivos/biblioteca/biblioteca_26_Platano.pdf.
- Simmonds, N. W. (1973). Los plátanos. Técnicas agrícolas y producciones tropicales. Barcelona, España: Blumé.
- Smith, M., Hamill, S., Beker, D., & Dale, L. (2005). *Musa spp. Banana and plantain*. En R. Litz (ed.), *Biotechnology of fruit and nut crop* (pp. 266-389). Londres, Inglaterra: Cabi Publishing.
- Soto, G. & Tripon, S. (1998). Insumos para la producción orgánica de banano. En F. E. Rosales, S. C. Tripon y J. Cerna (Eds.), *Producción de banano orgánico y/o ambientalmente amigable*. Memorias del taller internacional realizado en la Earth, Guácimo, Costa Rica (pp. 200-221). Red Internacional para el Mejoramiento del Banano y el Plátano (Inibap); Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda (EARTH); Centro Internacional para la Investigación y el Desarrollo (CIID). Recuperado de https://www.bioversityinternational.org/fileadmin/user_upload/online_library/publications/pdfs/708_ES.pdf.
- Soto Ballester, M. (2008). *Bananos: técnicas de producción, manejo poscosecha y comercialización* (3.ª ed.) (versión en CD). San José, Costa Rica: Litografía e Imprenta LIL.

- Souza, R. & Fernandes, M. (2006). *Nitrogênio*. En M. Fernandes (ed.), *Nutrição mineral de plantas*. Viçosa, Brasil: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.
- Stover, R. H. (1980). Sigatoka leaf spot of bananas and plantains. *Plant Disease*, 64(8), 750-755. DOI: 10.1094/PD-64-750.
- Stover, R. H. & Simmonds, N. W. (1987). *Bananas (Tropical Agriculture Series)* (3.^a ed.). John Wiley & Sons.
- Teixeira, L. A. J., Spironello, A., Guaggio, J. A., & Furlani, P. R. (1996). *Banana*. En B. V. Raij, H. Cantarella, J. A. Quaggio y A. M. C. Furlani (eds.), *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo* (2.^a ed.) (pp. 131-132). Campinas: Instituto Agrônômico; Fundação IAC.
- Toapanta, J., Mite, F., & Sotomayor, I. (2002). Efecto de la fertilización y altas densidades de plantas sobre el rendimiento del cultivo de plátano, en la zona de Quevedo. En *VIII Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo*. Recuperado de <http://www.secsuelo.org/4150-viii-congreso-ecuatoriano-de-la-ciencia-del-suelo.html>.
- Torrado, M. & Castaño, J. (2009). Incidencia de nematodos en plátano en distintos estados fenológicos. *Agronomía Colombiana*, 27(2), 237-244. Recuperado de <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/11199/37783>.
- Turner, D. (2003). Factores que afectan la fisiología del sistema radical de banano. En *Symposium internacional. Sistema radical de banano: hacia un mejor conocimiento para su manejo productivo* (pp. 36-37). San José, Costa Rica: Red Internacional para el Mejoramiento del Banano y el Plátano (Inibap); Corporación Bananera Nacional (Corbana).
- Turner, D. W. & Barkus, B. (1983). The uptake and distribution of mineral nutrients in the banana in response to supply of K, MG and MN. *Fertilizer Research*, 4(1), 89-99. Recuperado de <https://link.springer.com/article/10.1007/BF01049669>.
- Ulzurrun, P. (2013). Modo de acción de herbicidas. *Manejo de Malezas Problema*, 1-46. Recuperado de <http://www.roundupreadyplus.com.ar/descarga-contenidos-168/documento1-863f7a3f76314138ccd54cc3d8e7a7be>.
- Vézina, A. (2008). Importancia del acceso de recursos genéticos de *Musa* en América Latina y el Caribe. *Recursos Naturales y Ambiente*, 53, 72-80. Recuperado de <http://bco.catie.ac.cr/portal-revistas/index.php/RRNA/article/view/464>.

- Villegas, C., Zabala, G., Ramos, A., & Benavides, P. (2009). Identificación y hábitos de cochinillas harinosas asociadas a raíces del café en Quindío. *Cenicafé*, 6, 354-365.
- Villalta, R. & Guzmán, M. (2005). Capacidad de esporulación de *Mycosphaerella fijiensis* en tejido foliar de banano depositado en el suelo y efecto antiesporulante de la urea. En *I Congreso Científico Técnico Bananero Nacional*. Pococí, Costa Rica.
- Violeth, J. L., Zumaque, L. E., & Álvarez, F. V. (2012). Evaluación de micorrizas nativas en plantas de plátano 'Hartón' (*Musa* AAB Simmonds) en fase de vivero. *Acta Agronómica*, 61(4), 315-324. Recuperado de https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/38131/40298.

www.siembra.gov.co



GOV.CO

 MINAGRICULTURA



El campo

Minagricultura



El campo
es de todos

Minagricultura