# Modelo productivo

tecnologías eficientes para la producción de **semilla de plátano** en los Llanos Orientales

El campo es de todos
Minagricultura

# Modelo productivo: tecnologías eficientes para la producción de semilla 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

Mosquera, Colombia 2019

Modelo productivo: tecnologías eficientes para la producción de semilla de plátano en los Llanos Orientales / Gustavo Adolfo Rodríguez Yzquierdo [y otros cuatro] -- Mosquera, (Colombia): AGROSAVIA, 2019.

82 páginas (Colección Transformación del Agro)
Incluye referencias bibliográficas, tablas y fotos
ISBN E-book: 978-958-740-271-1

1. Plátano 2. Musa (plátanos) 3. Producción de semillas 4. Análisis de costos 5. Calidad de las semillas 6. Propagación vegetativa 7. Llanos orientales (Colombia) I. Rodríguez Yzquierdo, Gustavo Adolfo II. Becerra Campiño, Julio Jairo III. Betancourt Vásquez, Mónica IV. Miranda Salas, Tatiana Camila V. Alzate Henao, Sandra Viviana.

**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 Corpoica (ahora AGROSAVIA): Plan de Choque con validación y ajuste de tecnologías emergentes en el cultivo de plátano en Colombia y Conformación de núcleos productores de semilla limpia de plátano en regiones productoras de Colombia.

Fecha de recepción: 11 de septiembre de 2018
Fecha de evaluación: 14 de septiembre de 2018
Fecha de aceptación: 21 de enero de 2019

Colección Transformación del agro

Publicado en Mosquera, Colombia, mayo de 2019

Preparación editorial
Editorial AGROSAVIA
editorial@agrosavia.co
**Editora**: Liliana Gaona García
**Corrección de estilo**: Jorge Enrique Beltrán Vargas
Línea de atención al cliente: 018000121515
atencionalcliente@agrosavia.co
www.agrosavia.co

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

**Citación sugerida**: Rodríguez Izquierdo, G. A., Becerra Campiño, J. J., Betancourt Vásquez, M., Miranda Salas, T. C., & Alzáte Henao, S. V. (2019). *Modelo productivo tecnologías eficientes para la producción de semilla de plátano en los Llanos Orientales*. Mosquera, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).

**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, y declaran, en este último supuesto, que cuentan con la debida autorización de terceros para su publicación; igualmente, declaran que no existe conflicto de interés alguno en relación con los resultados de la investigación propiedad de tales terceros. En consecuencia, los autores serán responsables civil, administrativa o penalmente, frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros relativa a los derechos de autor u otros derechos que se hubieran vulnerado como resultado de su contribución.

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

# Contenido

**Introducción ..... 8**
**Capítulo I**
**Área geográfica y entorno ambiental ..... 11**
**Capítulo II**
**Descripción botánica ..... 14**
Taxonomía y morfología ..... 14
Sistema radical ..... 14
Cormo ..... 15
Pseudotallo ..... 16
Hojas ..... 16
Inflorescencia ..... 17
Fruto ..... 18
**Capítulo III**
**Criterios de calidad de la semilla de plátano ..... 20**
Conceptos generales sobre la calidad de las semillas ..... 20
Calidad genética ..... 21
Calidad fisiológica ..... 23
Calidad física ..... 24
Calidad sanitaria ..... 25
Tratamientos de prevención y control ..... 28
Manejo sanitario de viveros ..... 28
Manejo sanitario de la semilla ..... 30
**Capítulo IV**
**Métodos de multiplicación ..... 33**
Método tradicional ..... 33
Método Barker o inducción de brotes (destronque) ..... 36
Método Hamilton o decapitación falsa ..... 37
Producción intensiva en campo ..... 37
Propagación *in vitro* ..... 40
Cámara térmica ..... 42
Producción por explante ..... 45

**Capítulo V**

**Validación de sistemas y técnicas de producción de semilla en los Llanos Orientales..... 50**

Validación de las técnicas..... 50
Validación de la multiplicación intensiva .....50
Validación de la multiplicación por explante .....52
Preparación del material vegetal.....53
para la multiplicación de la semilla.....53
Validación económica de sistemas de multiplicación de semillas .....59
Análisis de costos y eficiencia .....59
de la multiplicación intensiva en campo .....59
Análisis de costos y eficiencia .....63
de la multiplicación por explante .....63

**Capítulo VI**

**Proyección y perspectivas de producción de semilla en los Llanos Orientales ..... 70**

**Conclusiones ..... 73**

**Recomendaciones ..... 74**

**Los autores ..... 75**

**Referencias ..... 77**

# Lista de figuras

**Figura 1** Región de la Orinoquía ..... 11
**Figura 2** Precipitaciones en la Orinoquía ..... 12
**Figura 3** Sistema radical de una plántula de plátano ..... 15
**Figura 4** Cormo y segmento del pseudotallo de una planta de plátano..... 16
**Figura 5** Partes de una hoja de plátano ..... 17
**Figura 6** Inflorescencia (bellota) de plátano..... 18
**Figura 7** Partes del racimo de plátano ..... 19
**Figura 8** Criterios para la verificación y mantenimiento de la calidad genética de la semilla de plátano 'Hartón'..... 22
**Figura 9** Criterios para la verificación y mantenimiento de la calidad fisiológica y física de la semilla de plátano ..... 24
**Figura 10** Criterios de evaluación y calidad sanitaria de la semilla de plátano de acuerdo con el estado de desarrollo..... 28
**Figura 11** Proceso de cosecha de colinos bajo el esquema tradicional ..... 34
**Figura 12** Método de Barker para la multiplicación de semilla de plátano..... 36
**Figura 13** Esquema para la producción intensiva de semilla de plátano en campo .. 38
**Figura 14** Distancias de siembra para el establecimiento en campo de la multiplicación intensiva de semilla de plátano ..... 39
**Figura 15** Rompimiento de la dominancia apical a los cinco meses de edad o después de la emisión de la hoja 20 (basado en el método Barker).... 40
**Figura 16** Metodología para la multiplicación *in vitro* de plátano..... 41
**Figura 17** Multiplicación de semilla de plátano en cámara térmica ..... 43
**Figura 18** Comparación del incremento en la producción de brotes por $m^2$ por día con el uso de la cámara térmica..... 44
**Figura 19** Etodología para la producción de semilla de plátano con cámara térmica.. 44
**Figura 20** Esquema de producción de semilla de plátano por explante ..... 46
**Figura 21** Proceso de producción por explante..... 47
**Figura 22** Camas de multiplicación, siembra de cormos y brote de yemas (CI La Libertad, 2017-2018) ..... 47
**Figura 23** Cosecha de plántulas para trasplantar a camas de endurecimiento (CI La Libertad, 2017) ..... 48
**Figura 24** Trasplante de plántulas a camas de endurecimiento (CI La Libertad, 2017)..... 48

**Figura 25** Plántulas un mes después del trasplante a camas de endurecimiento (CI La Libertad, 2017) ..... 49
**Figura 26** Altura de la planta y grosor del pseudotallo en plantas del huerto de multiplicación intensiva..... 51
**Figura 27** a. Establecimiento de los cormos en las camas de germinación. b. Brote de las yemas laterales del cormo. ..... 53
**Figura 28** Establecimiento de los tratamientos en cada bloque..... 54
**Figura 29** Participación porcentual de labores en el costo de producción por multiplicación intensiva - ciclo 1..... 62
**Figura 30** Participación porcentual en el costo de producción por multiplicación intensiva - ciclo 2..... 63
**Figura 31** Participación porcentual de labores en el costo de producción por explante - ciclo 1 ..... 66
**Figura 32** Participación porcentual de labores en el costo de producción por explante - ciclo 2 ..... 67
**Figura 33** Proyección de la producción de semilla de plátano bajo diferentes técnicas de multiplicación..... 72

# Lista de tablas

**Tabla 1** Recomendaciones de manejo sanitario en vivero o almácigo para el cultivo de plátano ..... 29
**Tabla 2** Recomendaciones de manejo sanitario en la semilla de plátano al momento de la siembra ..... 31
**Tabla 3** Criterios para la selección del lote y de las plantas madres sobresalientes en métodos de multiplicación diferentes al tradicional ..... 35
**Tabla 4** Preparacion de cormos evaluados para la multiplicación de semilla de plátano..... 54
**Tabla 5** Efecto de los factores evaluados y su interacción (desarrollo de las plantas de plátano 'Hartón' a los tres meses de edad) ..... 55
**Tabla 6** Resultados de las variables de desarrollo vegetativo en los distintos tipos de preparación de semilla ..... 56
**Tabla 7** Resultados estadísticos para la variable ritmo de emisión foliar según diferentes tipos de preparación de semilla ..... 57
**Tabla 8** Peso fresco y seco por tratamiento en diferentes formas de preparación de la semilla de plátano ..... 57
**Tabla 9** Costos 2017 para la producción de semilla de plátano por multiplicación intensiva en campo (ciclo 1)..... 59
**Tabla 10** Costos 2017 para la producción de semilla de plátano por explante (ciclo 1) ... 64
**Tabla 11** Comparación de los ingresos generados por la venta en fresco de racimo y de semilla de plátano certificada para el 2018 ..... 68
**Tabla 12** Cronograma de actividades para cada una de las técnicas de multiplicación ..... 71

# Introducción

En los últimos años, el área sembrada de plátano en Colombia aumentó considerablemente, pues pasó de 445.979 a 500.271 ha —un incremento de 54.292 ha— entre 2013 y 2017 (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MADR], Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE], & Secretarías Municipales, 2017). Este comportamiento coincide con el de la región de los Llanos Orientales, donde, en el mismo periodo, se elevó a 16.875 el número de ha sembradas. Tal aumento en área intensificó la demanda de material vegetal de siembra para el establecimiento de las nuevas plantaciones.

Tradicionalmente, la semilla de plátano es obtenida a partir del propio cultivo, sin tener cuidado de los criterios de calidad física, sanitaria, fisiológica y genética necesarios para su selección. Esta práctica genera cultivos desiguales y con alto riesgo de presencia de insectos plaga y enfermedades que afectan el rendimiento y la productividad de la plantación.

Uno de los principales problemas sanitarios ocasionados por la dispersión de la semilla es el moko del plátano, causado por la bacteria *Ralstonia solanacearum* raza 2. Una vez que este patógeno se presenta en un lote o cultivo, puede diseminarse fácilmente por el movimiento del agua en el suelo, insectos, diferentes labores culturales con herramientas contaminadas e incluso por el paso de animales dentro del terreno. La bacteria puede permanecer en el suelo por largos periodos de forma latente, lo que afecta la capacidad productiva de los suelos, razón por la cual es considerada como una enfermedad de control sanitario y está reglamentada por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). Estas características hacen necesario el uso de semilla de calidad, que garantice la ausencia de la bacteria y evite la dispersión del patógeno.

Esta recomendación cobra relevancia en el caso de zonas con alta incidencia del patógeno, como el departamento del Meta, en el cual se reportó durante el 2015 una afectación de moko del 90,6 % en las áreas sembradas con plátano visitadas por el ICA, lo que corresponde a 2.871 ha con prevalencia de plantas con síntomas (Cubides, 2016).

A pesar de esta necesidad, no se cuenta con suficientes viveros o predios registrados para la producción de semilla, por lo tanto, los productores recurren a la compra o intercambio informal de material vegetal proveniente de cultivos que están terminando su periodo reproductivo. Con este esquema de comercialización, los productores corren un alto riesgo de adquirir semilla contaminada de moko u otros patógenos, lo cual facilita la dispersión de plagas o enfermedades en predios que se encontraban libres de problemas sanitarios.

Conocedora de esta situación, la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA) evaluó y validó diferentes metodologías de multiplicación de semilla de plátano cv. 'Hartón' en las condiciones de los Llanos Orientales y las comparó con los sistemas de producción tradicionales. Además, realizó una recopilación de los métodos descritos en la literatura y de las principales prácticas que se recomiendan para la producción de semilla de plátano en el país.

En esta obra, se presenta un modelo productivo con una descripción detallada de los procesos relacionados con la producción de la semilla de esta variedad de plátano y las recomendaciones que garantizan su calidad genética, fisiológica, física y sanitaria. Adicionalmente, se presentan los resultados de un estudio de la relación costo-beneficio de la producción de esta semilla como una alternativa de agronegocio diferente a la venta de fruta. Con dichos resultados se demuestra la viabilidad técnica y económica de esta posibilidad.

# Capítulo I
# Área geográfica y entorno ambiental

La Orinoquía es una extensa región natural con un área de 347.165 km$^2$, equivalente al 30,4 % del territorio colombiano (Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt [Instituto Humboldt], 2003). El ecosistema en esta región es único, ya que se encuentra en un trópico húmedo en formación, que presenta procesos geoquímicos no finalizados (Leyva, 2001). Esta región abarca los departamentos de Arauca, Casanare, Meta y Vichada (Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC], 2018) (figura 1).

**Figura 1**. Región de la Orinoquía.
Fuente: Elaboración propia a partir de IGAC (2018)

Las condiciones climáticas de esta región del país presentan temperaturas entre los 18 y los 36 °C, con una media anual de 27 °C. Con respecto a la precipitación, la zona más húmeda es el piedemonte (con precipitaciones anuales entre 3.000 y 7.000 mm anuales), mientras que la zona más seca corresponde al Arauca (entre 1.000 y 2.000 mm anuales). La mayor parte de la Orinoquía tiene una

precipitación entre 2.000 y 3.000 mm anuales (Riveros, 1983). En la figura 2 se presenta un mapa de la distribución de la precipitación anual para la región.

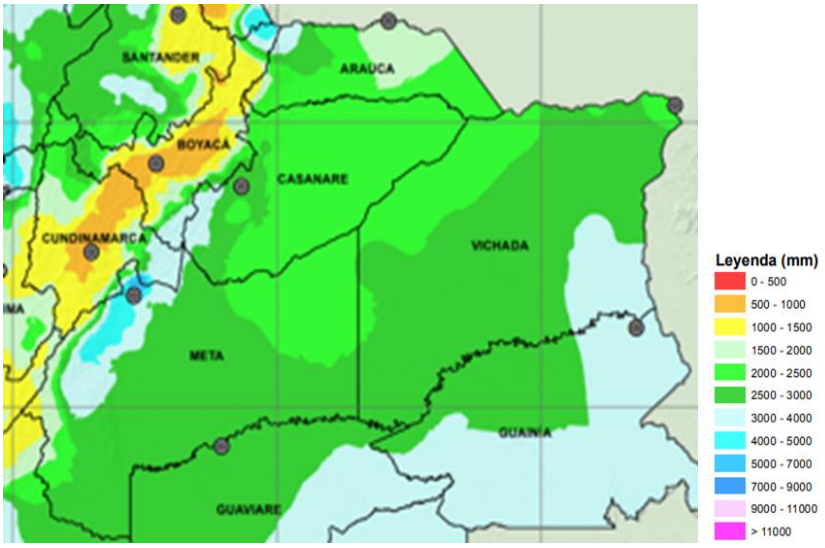


**Figura 2**. Precipitaciones en la Orinoquía.
Fuente: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [Ideam] (2014)

La Orinoquía cuenta con una amplia gama de paisajes desde el punto de vista del relieve, que van desde suelos planos y ondulados hasta fuertemente ondulados, lo cual permite encontrar suelos bien y mal drenados en la región. Sin embargo, en su mayoría son suelos de fertilidad baja, como consecuencia de los niveles tóxicos de hierro y aluminio. El orden predominante en la región es Oxisol, aunque se pueden presentar otros órdenes como Entisol, Vertisol, Ultisol e Inceptisol (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación [FAO], 1965; Viloria, 2009).

Los suelos de los departamentos de Arauca y Casanare están incluidos dentro de la Orinoquía mal drenada (inundable estacionalmente) y se caracterizan por tener fertilidad entre baja y moderada, con altitudes de 150 m s. n. m.; en ellos se practica la ganadería extensiva (Riveros, 1983). Por otro lado, la altillanura plana y disectada y las terrazas aluviales se encuentran ubicadas dentro de la Orinoquía bien drenada. La altillanura se extiende entre los ríos Meta y Vichada, con suelos de baja fertilidad y alturas entre los 150 y 250 m s. n. m. (Viloria, 2009).

De acuerdo con el IGAC (2016), por las propiedades y características de esta región, los cultivos más adecuados para su establecimiento son piña, tabaco, palma de aceite, mamoncillo, mango, arroz, plátano, aguacate, limón, naranja, yuca, ahuyama, ají, cilantro, maracuyá, sandía, melón, tomate, pimentón, fríjol y maíz.

# Capítulo II
# Descripción botánica

## Taxonomía y morfología

El plátano pertenece a la clase Liliopsida, orden Zingiberales, familia Musaceae, género *Musa*, sección Eumusa, híbrido *Musa* AAB. Dentro de este híbrido se destaca una diversidad de clones, que tienen características distintivas y rangos de adaptación a diferentes condiciones agroecológicas. A continuación, se describe la morfología de la planta con énfasis en el cultivar 'Hartón', que es el que más se siembra en los Llanos Orientales.

## Sistema radical

El sistema radical del plátano (figura 3) presenta tres tipos de raíces: las raíces primarias, que se encargan del anclaje de la planta al suelo; las secundarias, responsables de la absorción de agua y nutrientes, así como de la estabilidad y fijación de la planta al suelo; y las terciarias, conformadas por pelos radicales, cuya función principal es la absorción de agua y nutrientes del suelo. El 65 % de las raíces se encuentran ubicadas en los primeros 30 cm del suelo (Soto, 2008a). Las raíces primarias pueden profundizar hasta 1 m, mientras que las secundarias pueden alcanzar hasta los 2 o 3 m de crecimiento lateral en condiciones edáficas apropiadas. Al momento de establecer un cultivo de plátano, se debe tener en cuenta que el nivel freático no supere 1 m desde la superficie, lo cual evita el exceso de humedad del suelo (que afecta el normal desarrollo de la raíz por condiciones de hipoxia o falta de oxígeno) y la posible presencia de organismos patogénicos.

Foto: Equipo de plátano CI La Libertad

**Figura 3**. Sistema radical de una plántula de plátano.

## Cormo

El cormo (figura 4) es un tallo subterráneo con nudos y entrenudos muy compactos, que se siembra para dar origen a una nueva planta (reproducción asexual). Esta estructura vegetativa produce rebrotes en su base, que son utilizados para la multiplicación de la especie, caso en el cual mantienen su condición hereditaria. Los entrenudos del cormo son muy cortos, por lo tanto, este crece poco en altura, sin embargo, es grueso y carnoso debido a la gran cantidad de parénquima, tejido que sirve de reserva energética para el desarrollo de la parte aérea y el sistema radical (Soto, 2008b). Los nudos están muy agrupados y, en cada uno de ellos, hay una hoja cuya base foliar se extiende lateralmente hasta circundar el cormo. Por su parte, Barrera, Cardona y Cayón (2011) señalan que el cormo puede dividirse en una parte superior y una inferior. En la primera (sección que comprende desde el borde superior del cormo hasta la superficie del suelo), emergen las raíces principales, mientras que en la segunda aparece el meristemo vegetativo, que se une al cormo superior.

Foto: Equipo de plátano CI La Libertad

**Figura 4**. Cormo y segmento del pseudotallo de una planta de plátano.

## Pseudotallo

En la planta de plátano, las hojas/calcetas o vainas nacen del cormo y se distribuyen de forma helicoidal (filotaxia espiral) para dar origen al pseudotallo (Soto, 2008a). En consecuencia, el pseudotallo es una estructura vegetativa conformada por las calcetas, las cuales le dan un parecido a un tallo, sin embargo, el verdadero tallo es el cormo (figura 4). En los Llanos Orientales, el pseudotallo del clon 'Hartón' puede alcanzar una altura entre 2 y 3 m.

## Hojas

De acuerdo con Belalcázar, Valencia y Lozada (1991), la hoja de plátano está compuesta por cuatro partes (cada una de las cuales cumple con una función específica): el apéndice, el limbo, el pseudopeciolo y la vaina o yagua (figura 5). La función de las hojas en las plantas es realizar la fotosíntesis, la trans-piración y el intercambio de gases.

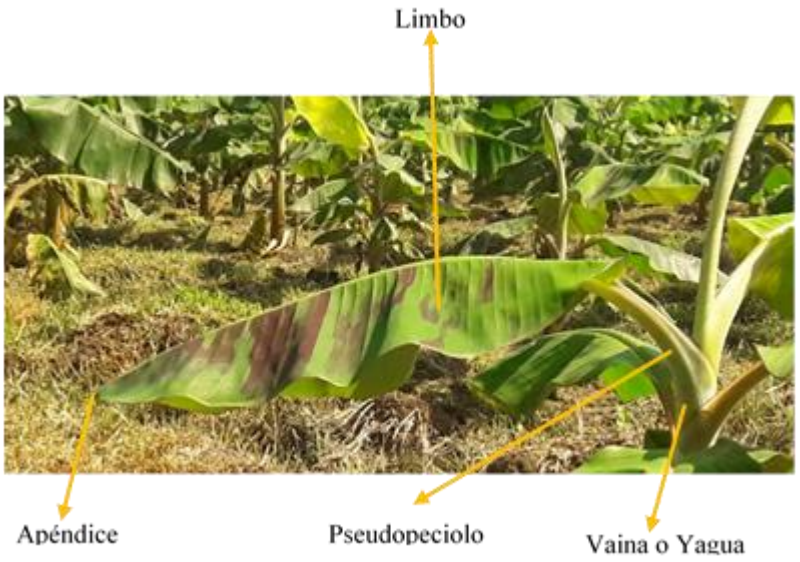


Foto: Equipo de plátano CI La Libertad

**Figura 5**. Partes de una hoja de plátano.

Durante su ciclo vegetativo, la planta de plátano debe conservar como mínimo ocho hojas hasta llegar al momento de la floración, de esta manera se garantiza que el racimo cumpla con los parámetros de calidad para la comercialización.

## Inflorescencia

La inflorescencia se forma a partir del ápice vegetativo, que se encuentra ubicado en la parte superior del cormo cuando la planta ha emitido las primeras 20 hojas, es decir, entre las semanas 20 y 22 aproximadamente para el clon 'Hartón' en las condiciones de los Llanos Orientales. Desde el momento de la formación hasta que la planta emite la bellota (inflorescencia) (figura 6) transcurren alrededor de tres meses, etapa en la cual la planta suspende la emisión de hojas. La bellota es de forma ovoide y coloración violácea, está conformada por brácteas, las cuales, en forma alternada, cubren de seis a siete nódulos de flores femeninas o pistiladas y un número variable de nódulos de flores masculinas o estaminadas (Belalcázar, Valencia, & Lozada, 1991).

Foto: Equipo de plátano CI La Libertad

**Figura 6**. Inflorescencia (bellota) de plátano.

## Fruto

Posteriormente a la emisión de la bellota, se inicia el proceso de formación y llenado de los frutos que conforman el racimo. El racimo está compuesto por *manos*, y estas, a su vez, por frutos que son denominados *dedos* (figura 7). El tiempo que trascurre desde la aparición de la inflorescencia hasta el momento de cosecha es de alrededor de 80 días.

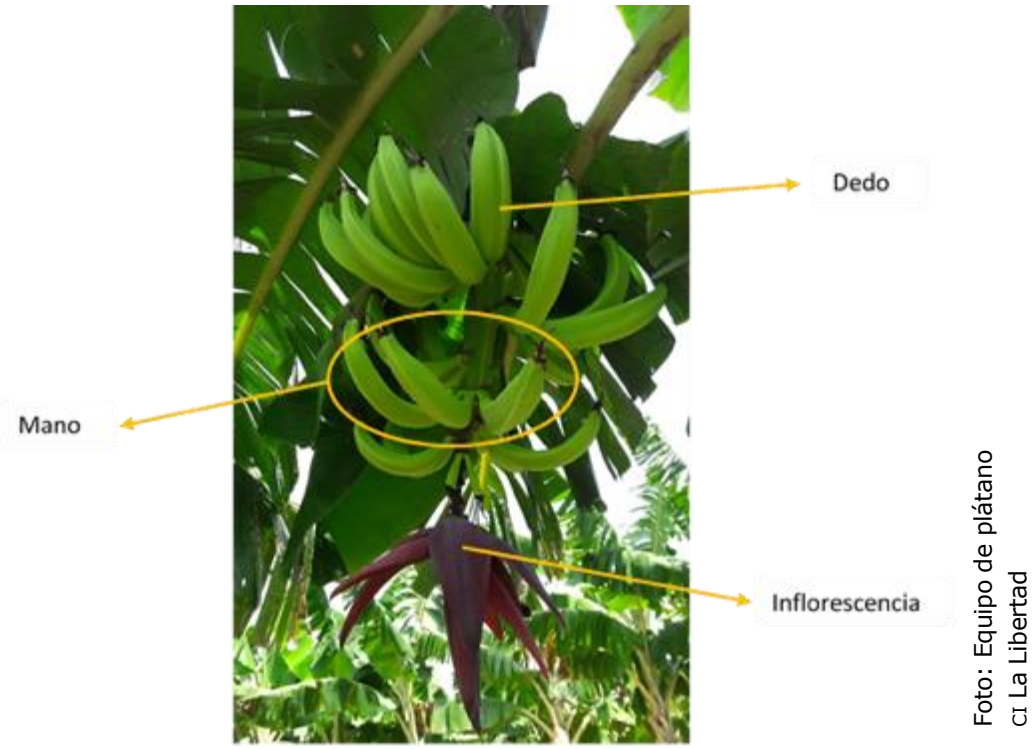


Foto: Equipo de plátano CI La Libertad

**Figura 7**. Partes del racimo de plátano.

En los Llanos Orientales, el clon 'Hartón' produce racimos de 5 a 7 manos, cada una de ellas con 7 a 9 dedos. Este clon elimina la bellota de forma natural cuando forma la última mano falsa, la cual se caracteriza por presentar tamaños irregulares en algunos de sus dedos y no cumple con las características de calidad que se requieren para los diferentes mercados.

La labor de cosecha del racimo se lleva a cabo bajo algunos criterios como la forma del dedo (cuando las aristas del fruto se tornan redondeadas), secado del ápice del fruto (relictos florales que se oscurecen y se secan en la punta de la fruta) y tiempo de la floración a la cosecha (normalmente entre 80 y 90 días).

# Capítulo III
# Criterios de calidad de la semilla de plátano

## Conceptos generales sobre la calidad de las semillas

La semilla, en un sentido amplio, es cualquier material que permite la reproducción o propagación de un nuevo individuo. En el caso de las semillas de plantas, se reconocen dos tipos: sexual y asexual (o vegetativa).

La semilla sexual es obtenida a partir del proceso de fecundación de las flores y el posterior desarrollo de frutos y semillas. Por su parte, la semilla asexual o vegetativa consiste en el desarrollo de estructuras especializadas capaces de generar nuevas plantas con la misma identidad genética que la madre, como los estolones, raíces, tubérculos, rizomas o cormos. Adicionalmente, utilizando la capacidad o principio de totipotencia de las plantas, es posible que ciertas partes puedan separarse de su planta madre y continuar su desarrollo vegetativo, como es el caso de estacas e hijuelos, que desarrollan materiales genéticamente idénticos a la planta madre.

Ahora bien, indistintamente de los tipos de semilla, es necesario garantizar su calidad, porque de ella depende el desarrollo y la productividad del cultivo. Sin embargo, la calidad es un concepto muy amplio, que en ocasiones se descuida por desconocimiento o porque los procesos de selección y producción de la semilla pueden llegar a ser onerosos en tiempo y recursos. Esta situación es más grave en semillas vegetativas, pues, en el caso del plátano, el material de siembra se obtiene en general del mismo cultivo, por lo tanto, se corre un riesgo muy alto de llevar los problemas del campo al siguiente lote o sistema productivo.

Para garantizar la calidad de la semilla, se deben considerar cuatro componentes fundamentales desde el manejo agronómico:

- Calidad genética
- Calidad fisiológica
- Calidad física
- Calidad sanitaria

En el caso de cultivos que cuentan con reglamentación para la producción de semilla certificada, se tienen resoluciones específicas que determinan los criterios mínimos exigidos para cada uno de estos componentes. Sin embargo, en el caso del plátano, no se cuenta con este tipo de soporte técnico, y la producción a nivel comercial se rige por la Resolución 3180 del 26 de agosto del 2009 del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). En ella se establecen los requisitos y procedimientos para la producción y distribución de material de propagación de frutales en el territorio nacional.

A continuación, se describen los criterios y estrategias de manejo necesarios para alcanzar los componentes de calidad señalados.

## Calidad genética

La calidad genética se refiere al grado de uniformidad del material o clon a sembrar y la preservación de sus características distintivas. Dado que para el cultivo de plátano la semilla es de tipo asexual, el riesgo de contaminación con material genético diferente se previene con la selección de plantas madre desde el campo, en las que se verifica la identidad o fidelidad del material que se desea multiplicar.

En el caso de los Llanos Orientales, el material que más se cultiva y se ha adaptado a la región es el clon 'Hartón', que se caracteriza por tener un pseudotallo grueso (con manchas de color verde claro) de aproximadamente 18 cm de diámetro y una altura promedio de 3,78 m; dedos con aristas bien pronunciadas (con un pedúnculo grueso y corto), con un peso promedio de 335 g, un largo de 33,5 cm y un ancho en su parte central de 4,77 cm; racimos con un peso entre 12 y 14 kg, 6 manos y alrededor de 32 dedos por racimo (Belalcázar, Valencia, & Lozada, 1991).

Las siguientes son recomendaciones generales para garantizar la calidad genética del material de siembra:

- Las plantas madres se deben marcar desde la fase productiva, considerando solamente aquellas que tengan los mejores racimos en peso, forma y tamaño y que presenten las características propias de la variedad. De ser posible, deben seleccionarse plantas de porte bajo para facilitar el manejo.
- Se deben seleccionar las plantas que presenten una mayor precocidad en la fase productiva (que en los Llanos Orientales oscila entre 11 y 12 meses).
- La planta madre seleccionada en condiciones de campo debe presentar de 5 a 10 colinos disponibles para cosecha.

En la figura 8 se plantea un esquema general para la verificación de la calidad genética en el cultivo de plátano.

**Figura 8**. Criterios para la verificación y mantenimiento de la calidad genética de la semilla de plátano 'Hartón'.
Fuente: Elaboración propia

## Calidad fisiológica

La calidad fisiológica está determinada por la capacidad de la semilla para producir un nuevo individuo de acuerdo con los procesos específicos de la especie. Los clones de plátano que se siembran de forma comercial no producen semilla sexual, por lo tanto, su propagación se basa en el uso de cormos. Un cormo es una estructura sólida de tallo, con nudos y entrenudos bien definidos que se desarrollan en su base como un hinchamiento pronunciado. Generalmente está envuelto por hojas secas o calcetas de aspecto escamoso, que lo protegen de lesiones y controlan la pérdida de agua.

Se considera que un cormo de plátano presenta buenas características fisiológicas cuando se comprueba la funcionalidad de la yema apical y las laterales; de igual forma, cuando tiene un número de brotes superior a cinco yemas activas y un promedio de desarrollo del brote de 15 a 20 días después de la siembra. El peso también puede considerarse como un factor de identificación de calidad del cormo, ya que este factor está directamente relacionado con la acumulación de reservas y de agua para el inicio de la formación de las yemas laterales. Se considera que el valor óptimo se encuentra entre los 1.000 y 1.200 g/cormo.

Los criterios fisiológicos que se deben considerar dependerán del método de multiplicación que se vaya a usar. Sin embargo, existen consideraciones fisiológicas generales que aplican para obtener material de calidad independientemente del método. Una de ellas es la condición nutricional de la planta madre, en la cual deben evitarse deficiencias o toxicidades de nutrientes que afecten su desarrollo normal.

Por otro lado, de acuerdo con el método de multiplicación, se requerirán determinados aspectos fisiológicos para lograr un material de siembra de calidad. Por ejemplo, en el método tradicional, la semilla se selecciona una vez fructificada la planta madre, proceso que, bajo las condiciones de los Llanos Orientales, ocurre entre la semana 40 y 48. En el caso del método de multiplicación masiva en campo —basado en el método de Barker—, el indicador fisiológico para el corte de la planta madre es el inicio de la emisión interna del tallo floral, lo cual ocurre entre la semana 20 y 24. Ambos métodos tienen aspectos fisiológicos diferentes en función del estado fenológico de la planta.

## Calidad física

La calidad física está relacionada con la apariencia del material de siembra y la ausencia de impurezas o daños mecánicos (figura 9). En el caso de las semillas de tipo vegetativo, la calidad física tiene una alta relación con la calidad fisiológica, pues en la medida que el material de siembra tenga una buena apariencia (en relación con su turgencia y peso, con el buen estado de las yemas o puntos de crecimiento y con la ausencia de daños mecánicos y de impurezas), se puede considerar que se cuenta con una semilla de buena calidad física.

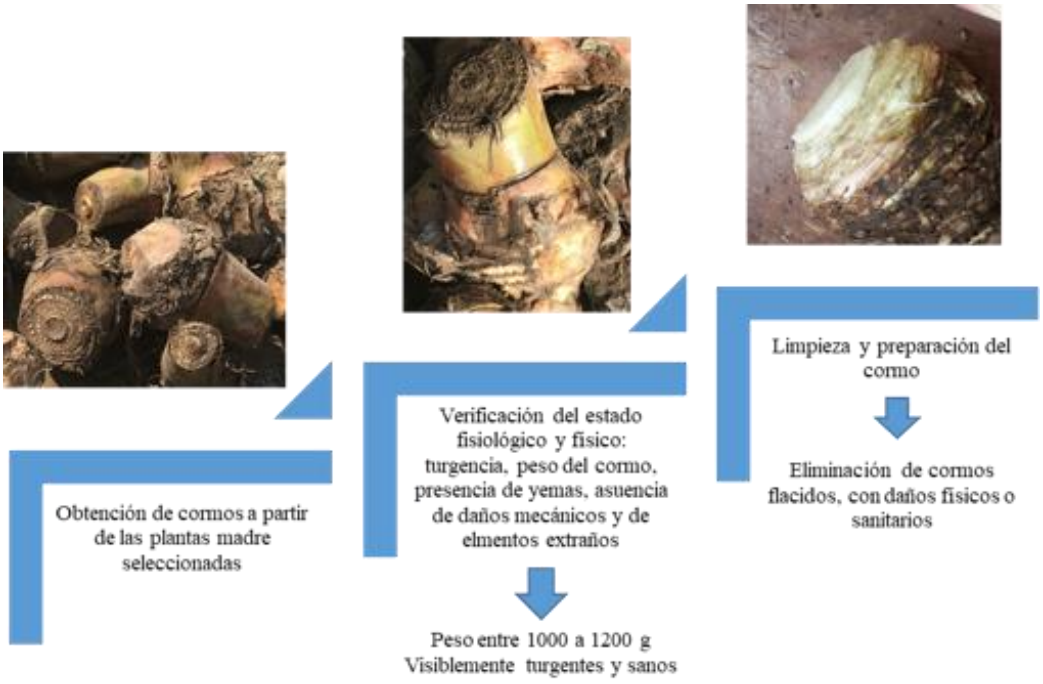


**Figura 9**. Criterios para la verificación y mantenimiento de la calidad fisiológica y física de la semilla de plátano.
Fuente: Elaboración propia

También se debe verificar que no existan daños mecánicos como heridas o golpes que pongan en riesgo las yemas laterales del cormo. Se debe evaluar la calidad de los puntos de crecimiento y evitar aquellos que presenten necrosis o

pudriciones. El cormo se debe preparar antes de la siembra, eliminando el tejido muerto o calcetas en descomposición, al igual que las raíces en tal condición. Finalmente, se debe eliminar el suelo adherido a las paredes del cormo, para lo cual, la limpieza y desinfección del material de siembra es un paso obligatorio con el fin de obtener semilla de calidad.

## Calidad sanitaria

La calidad sanitaria está relacionada con que la semilla no contenga insectos plaga ni enfermedades, de manera que el cultivo pueda establecerse correctamente y se disminuya el impacto de estos problemas sobre la producción. En general, cuando un cultivo se establece a partir de semilla sana, se retrasa el momento de infección por enfermedades o de infestación por insectos plaga, incluso, se evita la llegada de estas y, por consiguiente, los efectos negativos sobre el desarrollo y la productividad de las plantas son menores.

A pesar de que no existe una normativa específica para la producción de semilla de plátano en Colombia, de acuerdo con la resolución de producción de frutales en el país (Resolución N.° 3180), es obligación del viverista cumplir con los siguientes aspectos:

- Presentar un informe trimestral (firmado conjuntamente por el titular del registro y el asistente técnico) en el que se relacionen las actividades realizadas para la implementación de los planes de inspección, vigilancia y control; el estado fitosanitario de los materiales vegetales del vivero; y el estado de su infraestructura.
- Garantizar la calidad genética, agronómica y fitosanitaria de los materiales de propagación de frutales producidos y distribuidos.
- Contar con la correspondiente licencia fitosanitaria para la movilización de todos los materiales de propagación de frutales a nivel nacional, de conformidad con las normas y tarifas vigentes establecidas por el ICA.

Adicionalmente, el ICA puede requerir, cuando lo considere técnicamente necesario, muestreos y análisis de laboratorio como constancia de la condición fitosanitaria de los materiales de propagación de frutales producidos o distribuidos por el vivero.

Estos requerimientos hacen necesario que se conozcan los insectos plaga y las enfermedades que afectan el cultivo, sobre todo, aquellas que se pueden dispersar por el material de reproducción. Para el caso del cultivo de plátano, las enfermedades e insectos plaga que pueden ser transmitidas por la semilla son las siguientes:

- Enfermedades producidas por bacterias
  - Moko (*Ralstonia solanacearum* Smith, raza II)
  - Pudrición acuosa del pseudotallo o bacteriosis – Erwinia (*Dickeya chrysanthemi*)
  - Marchitamiento por Xanthomonas (Xanthomonas vasicola pv. musacearum)
- Enfermedades producidas por virus
  - Virus del mosaico del pepino (CMV)
  - Virus del rayado del banano (BSV)
  - Virus del mosaico de las brácteas del banano (BBrMV)
  - Virus del mosaico leve del banano (BanMMV)
  - Virus del cogollo racimoso o bunchy top del banano (BBTV)
- Enfermedades producidas por hongos
  - Marchitamiento por *Fusarium* o mal de Panamá ocasionado por *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*, conocido como Foc
- Enfermedades producidas por nematodos
  - Nematodo barrenador (*Radopholus similis* Cobb)
  - Nematodo lesionador (*Pratylenchus coffeae* (Zimmerman) Filipjev y Schuurmans Stekhoven y *Pratylenchus goodeyi* Sher y Allen)
  - Nematodo espiral (Helicotylenchus multicinctus Cobb)
- Insectos plaga
  - Picudo negro (Cosmopolites sordidus)
  - Picudo rayado y amarillo (Metamasius hemipterus y Metamasius hebetatus)

El seguimiento y control de los insectos plaga y enfermedades en la semilla es de vital importancia por dos razones fundamentales. En primer lugar, por su

efecto en la dispersión de plagas a nuevos lugares, por ejemplo, algunas no están presentes en todas las regiones de un país o tienen bajos niveles de incidencia; por lo tanto, es necesario un control riguroso para prevenir la dispersión o diseminación de estos problemas fitosanitarios en nuevas regiones. En este mismo caso están las enfermedades cuarentenarias o de control sanitario que no se encuentran en Colombia, como la podredumbre seca, producida por *Xanthomonas*; el marchitamiento ocasionado por *Fusarium*, raza tropical 4; y la enfermedad del cogollo racimoso del banano o *bunchy top* (BBTV).

La segunda razón es porque, cuando un cultivo inicia su establecimiento con altos niveles de inóculo de un patógeno o altas densidades de población de una plaga, se generan infecciones crónicas que tienen efectos negativos sobre las plántulas durante el establecimiento, como pérdida del material y retrasos en el desarrollo del cultivo, factores que finalmente afectan la producción.

En términos prácticos, de la calidad sanitaria de la semilla depende la posterior incidencia de insectos plaga y enfermedades en el propio cultivo. Adicionalmente, cuando no se consideran esquemas adecuados de selección de plantas madres, la propagación repetitiva de material infectado por enfermedades de tipo sistémico como los virus genera pérdida de vigor y degeneración del material. La reducción del vigor a través de los ciclos continuos de producción explica, en muchas ocasiones, por qué no se logran aumentar los rendimientos en una región específica, a pesar de utilizar tecnologías de producción adecuadas.

La calidad sanitaria de la semilla de plátano empieza con la selección en campo de una planta madre sobresaliente y sana que, además, cumpla con las características de identidad genética o fidelidad al clon. Dicha planta debe tener un seguimiento continuo hasta su estado reproductivo, fase en la cual se aplican los diferentes métodos de inducción de brotes o hijuelos. Por esta razón, los criterios de sanidad que deben verificarse incluyen las diferentes fases de desarrollo del cultivo del plátano (figura 10).

Foto: Equipo de plátano CI La Libertad

**Figura 10**. Criterios de evaluación y calidad sanitaria de la semilla de plátano de acuerdo con el estado de desarrollo.
Fuente: Elaboración propia

## Tratamientos de prevención y control

Además del proceso riguroso de selección de las plantas madre y de preparación del material de siembra para asegurar la calidad sanitaria de la semilla y, en especial, para garantizar el adecuado establecimiento en campo, es necesario desarrollar diferentes prácticas profilácticas o preventivas, que incluyen la preparación y desinfección de sustratos, la adecuación de los terrenos y el tratamiento de las semillas.

## Manejo sanitario de viveros

En las primeras fases de desarrollo de cualquier tipo de material vegetal, es necesario disminuir los factores de riesgo asociados a la presencia de enfermedades o insectos plaga. En el caso del plátano, el inicio del brote y el desarrollo de raíces es una fase muy sensible a la presencia de plagas, las cuales aumentan fácilmente si se presentan condiciones favorables. En la tabla 1 se muestran algunas recomendaciones, su objetivo y el principio de aplicación para

orientar la toma de decisiones y la realización de labores culturales que beneficien la sanidad del material vegetal a propagar.

**Tabla 1**. Recomendaciones de manejo sanitario en vivero o almácigo para el cultivo de plátano

| Recomendación | Objetivo | Principio |
|---|---|---|
| 1. Ubique el vivero o almácigo alejado de cultivos enfermos en fase avanzada de producción. | Aislar el vivero para evitar la contaminación en fases tempranas. | Los cultivos con altas incidencias de insectos plaga y enfermedades pueden ser fuente de inóculo para el vivero en desarrollo.<br>Los cultivos en fase reproductiva pueden presentar niveles de infección altos, que aumentan el potencial de inóculo para cultivos sanos. |
| 2. Utilice una mezcla de sustrato que permita suficiente aireación y drenaje del agua. | Evitar el desarrollo de hongos y bacterias típicas del suelo. | El exceso de humedad favorece el desarrollo de enfermedades fungosas y bacterianas, porque se facilita la movilización de las estructuras reproductivas de estos organismos y se debilita el desarrollo de la planta. |
| 3. Desinfecte el sustrato antes de la siembra del material. Para ello, no utilice productos químicos esterilizantes que afecten la calidad microbiológica del suelo. Utilice, más bien, alternativas como la aplicación de calor o solarización.<br>— *Aplicación de calor:* Regar el sustrato con agua hirviendo hasta la capacidad de campo. | Reducir al mínimo la carga de patógenos presentes en cualquier tipo de sustrato. | Temperaturas superiores a 50 ºC presentes de forma constante sobre un sustrato reducen la carga de organismos patógenos y facilitan el desarrollo de organismos benéficos.<br>La utilización de plástico de color transparente facilita la germi-nación de semillas de malezas presentes que después mueren por asfixia. |

Continúa

Continuación tabla 1

| | | |
|---|---|---|
| — *Solarización:* Al menos con un mes o dos de anticipación al momento de siembra, coloque sobre la pila de sustrato húmedo un plástico de color transparente y deje a plena exposición. | | |
| 4. Inocule el sustrato con organismos benéficos. Un día antes de la siembra aplique en *drench* al sustrato una mezcla de organismos antagónicos como *Trichoderma* spp. y *Bacillus subtilis.* | Evitar el crecimiento de organismos patógenos y aumentar la capacidad de crecimiento y desarrollo radicular de la semilla. | *Trichoderma* y *Bacillus* sp. actúan como descomponedores, antagonistas de otros patógenos e inductores de resistencia en las plantas, de tal forma que, al momento de siembra, protegen la semilla y facilitan su desarrollo. |

Fuente: Elaboración propia

## Manejo sanitario de la semilla

Además de las recomendaciones de selección y descarte del material al momento de observar evidencias de insectos plaga o enfermedades, las semillas deben adecuarse o prepararse para el contacto con el sustrato al momento de la siembra, así como al momento del desarrollo de yemas y raíces. Las prácticas que se recomiendan al momento de la siembra se describen en la tabla 2.

**Tabla 2**. Recomendaciones de manejo sanitario en la semilla de plátano al momento de la siembra

| Recomendación | Objetivo | Principio |
|---|---|---|
| 1. Sumerja los cormos o base de los hijuelos en una solución desinfectante, que puede ser agua hirviendo, dióxido de cloro a razón de 50 mL/L de agua o yodo a razón de 2 mL/L de agua. | Eliminar posibles contaminantes de la semilla, como hongos patógenos, huevos y larvas de nematodos e insectos. | El calor y los productos a base de cloro y yodo tienen efectos antifúngicos, bactericidas e insecticidas. |
| 2. Sumerja la semilla en una solución de organismos benéficos a base de *Trichoderma* spp. (*T. harzianum* y *koningii*), *Paecilomyces lilacinus*, *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana*.<br>Se pueden utilizar los productos individuales o en mezcla, de acuerdo con las indicaciones de los fabricantes. En general, las dosis oscilan entre 2 y 4 mL/L.<br>Este procedimiento puede hacerse en almácigo y repetirse en el momento de la siembra en el campo. | Proteger la semilla del ataque de patógenos del suelo y nematodos, así como favorecer el desarrollo radical y el crecimiento de la planta. | • Las diferentes especies de *Trichoderma* spp. actúan como antagonistas (impiden el crecimiento de hongos del suelo y patógenos del cultivo), parásitos (son capaces de colonizar el micelio de otros hongos y causarles deformación y necrosis) y bioestimulantes (activan las señales de defensa de las plantas y favorecen el desarrollo de estas).<br>• *Paecilomyces* spp. es un potente parásito de nematodos en estado de huevos y de larvas.<br>• *Metarhizium* spp. y *Beauveria* spp. actúan contra larvas y adultos de diferentes especies de insectos. |

Continúa

Continuación tabla 2

| | | |
|---|---|---|
| 3. Aplicar micorrizas (Glomus fasciculatum, Scutellospora heterogama, Glomus mosseae, Glomus manihotis, Acaulospora rugosa y Entrophospora colombiana) al momento de siembra a razón de 50 gramos por sitio o por planta. | Favorecer el desarrollo radicular y facilitar la absorción de nutrientes. | Los hongos micorrícicos establecen una simbiosis en la mayoría de las plantas. Como consecuencia, estas se vuelven más eficientes en la absorción de nutrientes y de agua, aumentan la tolerancia a condiciones de estrés (como la salinidad y el déficit hídrico) y sus raíces se hacen más resistentes contra el ataque de hongos fitopatógenos y nematodos. |

Fuente: Elaboración propia

Las recomendaciones señaladas permiten el desarrollo de buenas prácticas de manejo de selección y acondicionamiento del material de siembra, así como el establecimiento de sistemas eficientes de multiplicación de semilla de plátano, que facilitan la obtención de material con atributos de calidad en sus diferentes componentes (genético, físico, fisiológico y sanitario). Con ello, se pueden establecer esquemas de producción basados en lotes de huertos madres con plantas élite y, posteriormente (de acuerdo con el método de multiplicación seleccionado), contar con una oferta de semilla que garantice un buen potencial productivo —con la aplicación de adecuadas prácticas de manejo en el cultivo de plátano—.

# Capítulo IV
# Métodos de multiplicación

La obtención de semilla de plátano se puede realizar mediante diferentes métodos de multiplicación, siempre que el material vegetal provenga de lotes libres de problemas sanitarios, con un adecuado manejo agronómico y que esté inscrito en el ICA. Los métodos de multiplicación se presentan a continuación.

## Método tradicional

La producción de semilla de plátano en forma tradicional ha sido la técnica más utilizada por los productores a través del tiempo y consiste en la obtención de cormos en lotes de producción de plátano después de la cosecha del racimo de la planta madre, con el fin de evitar el volcamiento de esta. La planta de la cual se extraen los cormos se selecciona previamente, teniendo en cuenta sus características sobresalientes de vigor, sanidad y productividad en la plantación. Tradicionalmente, los productores escogen colinos denominados *tipo aguja*, caracterizados porque el grosor del pseudotallo se reduce desde la parte basal hacia el ápice de la planta y, además, porque las hojas poseen semilimbos estrechos.

Si el agricultor lleva a cabo la labor de deshije, esta se debe suspender al momento de la emisión de la bellota. Paralelo a esto, se realiza una fertilización que permita el buen desarrollo de las plantas hijas que serán destinadas a la siembra de nuevas plantaciones. Cuando llega el momento de extraer los cormos, los productores utilizan un palín, con el cual se hace un corte que permite la separación de la planta madre; es importante que esta labor se realice con cuidado para evitar heridas o daños en la planta (figura 11). Después de esto, los agricultores eliminan el pseudotallo, ya que solo el cormo se utiliza para nuevas plantaciones. Antes de llevarlo al sitio definitivo de siembra, los agricultores deben ejecutar la labor de preparación, desinfección y descarte de material vegetal del terreno.

Foto: Equipo de plátano CI La Libertad

**Figura 11**. Proceso de cosecha de colinos bajo el esquema tradicional. a. Selección de las plantas madres; b. Selección del colino a cosechar; c. y d. Apertura en la parte externa para facilitar la extracción del colino; e. Separación del colino de la planta madre y extracción.

Para otros métodos de multiplicación de semilla que se han desarrollado, como la producción intensiva, la producción por explante y la producción *in vitro*, se definieron criterios de selección para el lote y las plantas élites o madres sobresalientes (tabla 3).

**Tabla 3**. Criterios para la selección del lote y de las plantas madres sobresalientes en métodos de multiplicación diferentes al tradicional

<table>
<tr><th>Lote</th><th colspan="3">Plantas madre sobresalientes</th></tr>
<tr><td rowspan="3">• Las plantaciones escogidas deben estar en el primer ciclo de producción, pues se considera que en él las plantas son más productivas.<br>• El historial del lote seleccionado debe indicar que este ha estado libre de problemas fitosanitarios.<br>• La plantación debe presentar la densidad de siembra recomendada para el clon sembrado, lo cual garantiza un buen desarrollo de las plantas.<br>• Es necesario identificar y conocer las condiciones químicas, físicas y biológicas del suelo.<br>• Es necesario verificar las labores culturales que se realizan en la plantación, con el fin de seleccionar aquellas que desarrollen un mantenimiento adecuado y oportuno.</td><td>Condición fitosanitaria</td><td>Condición de pureza varietal</td><td>Condición de rendimiento y calidad de los racimos</td></tr>
<tr><td>• Libre de problemas sanitarios como el virus del mosaico del pepino (CMV) y el virus del rayado del banano (BSV).<br>• Plantas con menor ataque de insectos plaga y enfermedades.<br>• Plantas con buen vigor y desarrollo, especialmente con un buen número de hojas funcionales al momento de la floración.</td><td>• Al momento de seleccionar la planta, se debe verificar que esta cumpla con las características propias del clon a trabajar.<br>• Es importante evitar la selección de plantas en lotes con combinación de clones o cultivares.</td><td>• Se seleccionan racimos con características sobresalientes del clon, como máximo número de manos y dedos respecto de las demás plantas.<br>• Los dedos deben cumplir con los requisitos de calidad que exige el mercado al cual se destinan.</td></tr>
<tr><td colspan="3">Una vez seleccionada la planta, esta se debe marcar con el fin de diferenciarla del resto de la plantación. Esta identificación debe contener los datos relacionados con la ubicación, el lote y la planta.</td></tr>
</table>

Fuente: Elaboración propia a partir de Jiménez (2013)

## Método Barker o inducción de brotes (destronque)

Posterior a la selección de las plantas madre con características sobresalientes y a la cosecha de racimos, se lleva a cabo esta técnica a través del destronque de las plantas. El método consiste en exponer las yemas latentes a través de la eliminación de las calcetas, con el objetivo de estimular el desarrollo de hasta 15 brotes por sitio (Cruz & Ruiz, 2012; Ormaza, 2017). El procedimiento para desarrollar esta técnica de multi-plicación se presenta en la figura 12.

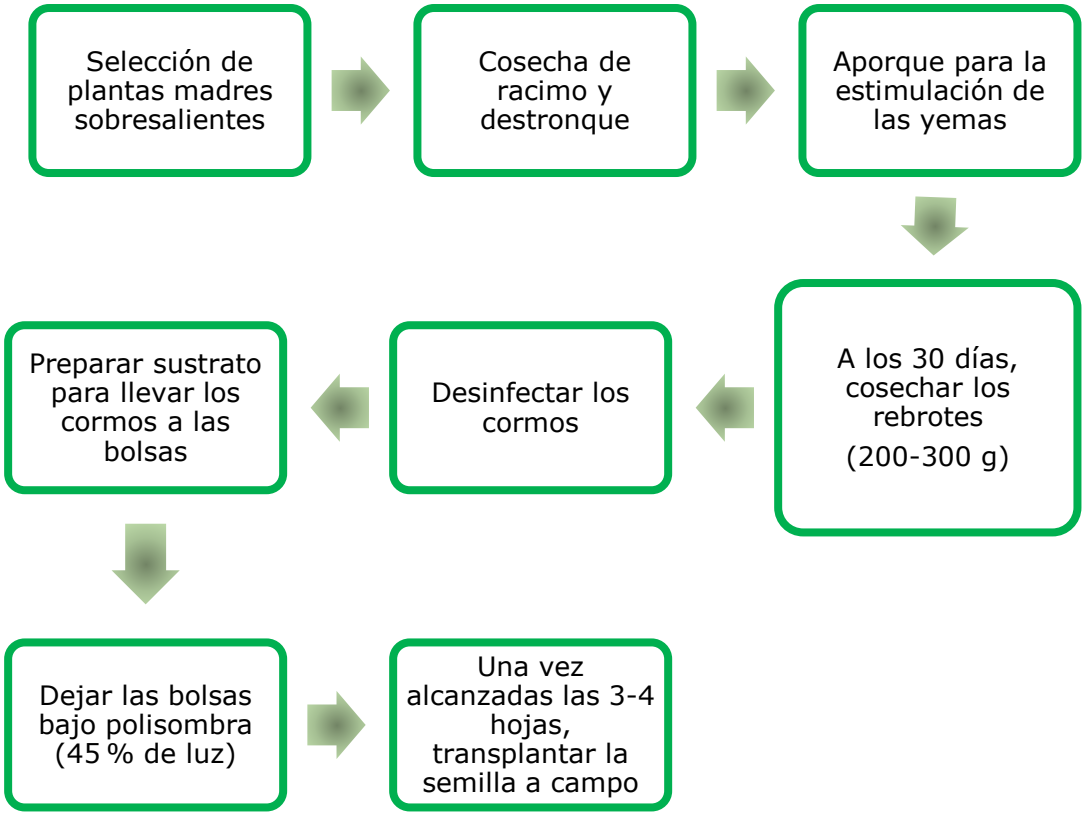


**Figura 12**. Método de Barker para la multiplicación de semilla de plátano.
Fuente: Elaboración propia a partir de Palencia, Gómez y Martín (2006)

## Método Hamilton o decapitación falsa

Este método es también llamado coloquialmente "vampireo", ya que consiste en la eliminación del meristemo apical de la planta cuando esta se encuentra entre el quinto y sexto mes de desarrollo vegetativo, es decir, en la época en que se inicia su diferenciación floral y cuando la hoja número 20 se ha emitido. Al momento de ejecutar esta técnica en campo, se selecciona la planta con características sobresalientes; posteriormente, a una altura aproximada de 20-30 cm desde el suelo, se introduce en el pseudotallo una estaca de bambú, un tubo de metal u otro trozo de madera (en forma de sacabocado), lo cual genera el rompimiento de la dominancia apical, que permite activar y acelerar la emisión de nuevos brotes de las yemas laterales del cormo (Cruz & Ruiz, 2012; Njukwe et al., 2007; Noriega, 2010).

## Producción intensiva en campo

Este método de multiplicación permite obtener un número mayor de plantas en comparación con el método tradicional, ya que consiste en la intensificación de la siembra de material vegetal exclusivamente con el fin de su multiplicación, es decir, se incrementa el número total de plantas por hectárea de acuerdo con el criterio de manejo del productor. Este sistema consiste en eliminar la dominancia apical de la planta, lo cual facilita la obtención de 5 a 10 plántulas por cada sitio. Esta técnica (figura 13) se puede utilizar tanto en el método de Barker como en el de Hamilton. Un esquema del arreglo espacial en campo para este método de multiplicación se presenta en la figura 14.

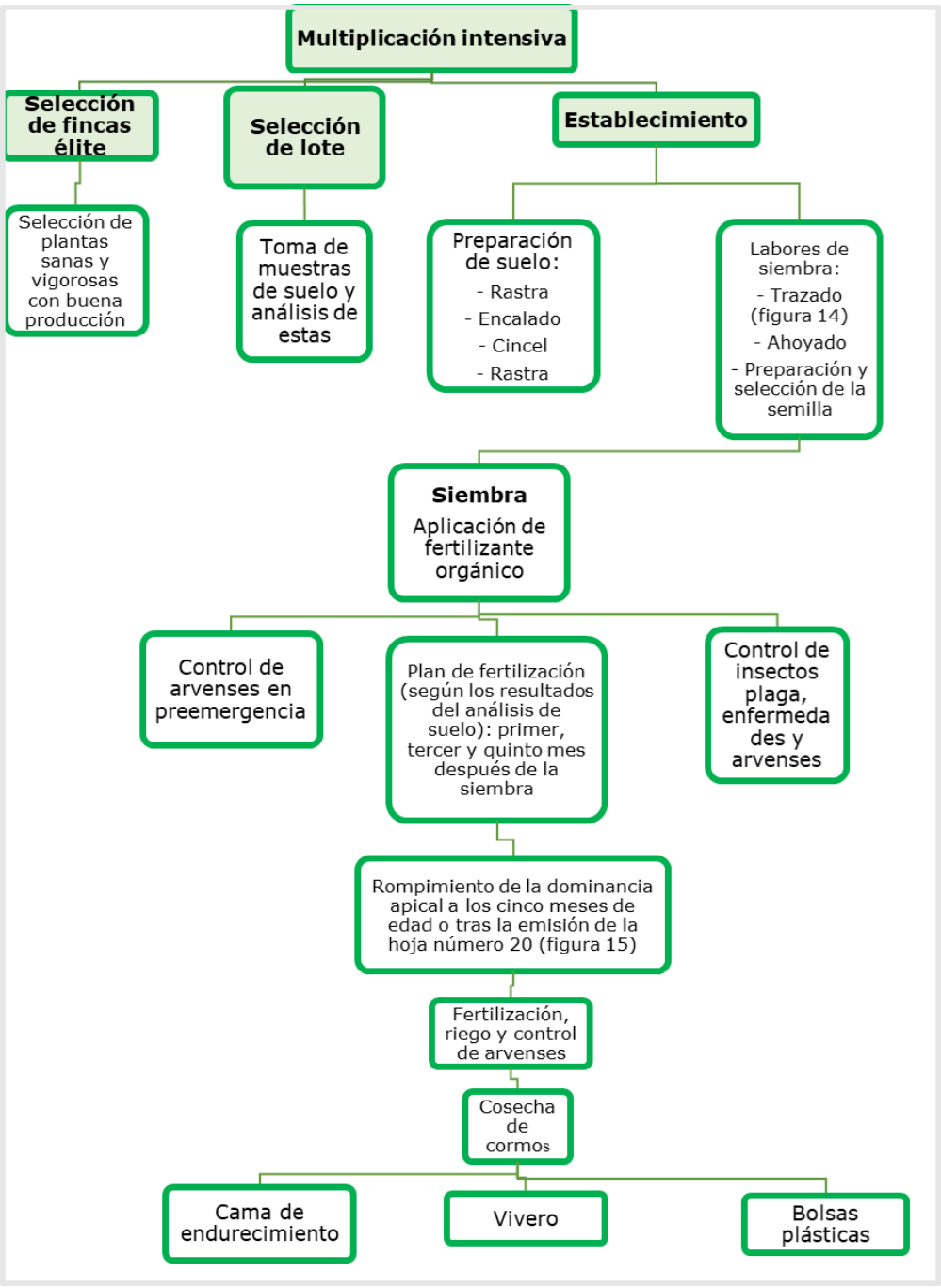


**Figura 13**. Esquema para la producción intensiva de semilla de plátano en campo.
Fuente: Elaboración propia

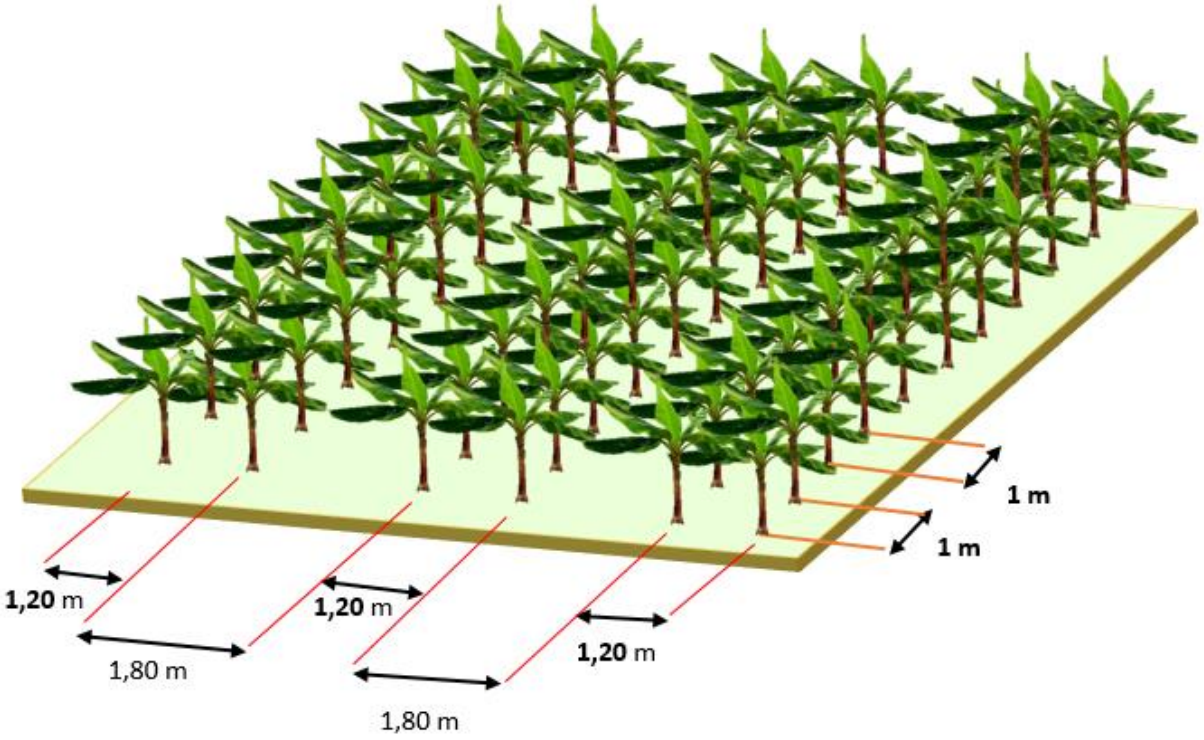


**Figura 14**. Distancias de siembra para el establecimiento en campo de la multiplicación intensiva de semilla de plátano.
Fuente: Elaboración propia

Foto: Equipo de plátano
CI La Libertad

**Figura 15**. Rompimiento de la dominancia apical a los cinco meses de edad o después de la emisión de la hoja 20 (basado en el método Barker).

## Propagación *in vitro*

Este método consiste en la multiplicación de plantas en laboratorio. Para este sistema, se utilizan meristemos apicales de las plantas seleccionadas y, a partir de un solo ápice sometido a proliferación intensiva *in vitro*, es posible obtener en apenas un año centenares de plantas de excelente calidad fisiológica y sanitaria, con la misma identidad genética de la planta madre seleccionada (Sandoval, Brenes, & Pérez, 1991). Dentro de las ventajas que trae el uso de esta técnica de multiplicación se encuentran la obtención de plantas sanas y libres de problemas sanitarios, menor cantidad de semilla para transportar y menor área destinada a la multiplicación de semilla (Daquinta, Lezcano, Escalona, & Santos, 2001).

Las plantas seleccionadas para desarrollar esta técnica de multiplicación deben cumplir con condiciones de genotipo y con características agronómicas,

organolépticas y de adaptación sobresalientes. Por otra parte, este método se puede ejecutar durante cualquier época del año por desarrollarse en condiciones de laboratorio (Angarita & Perea, 1984). A pesar de estos beneficios, esta metodología (figura 16) requiere una inversión más alta en comparación con los otros métodos descritos (por los equipos y espacios de laboratorio necesarios para la multiplicación *in vitro*), lo cual aumenta el costo de producción y venta para los interesados.

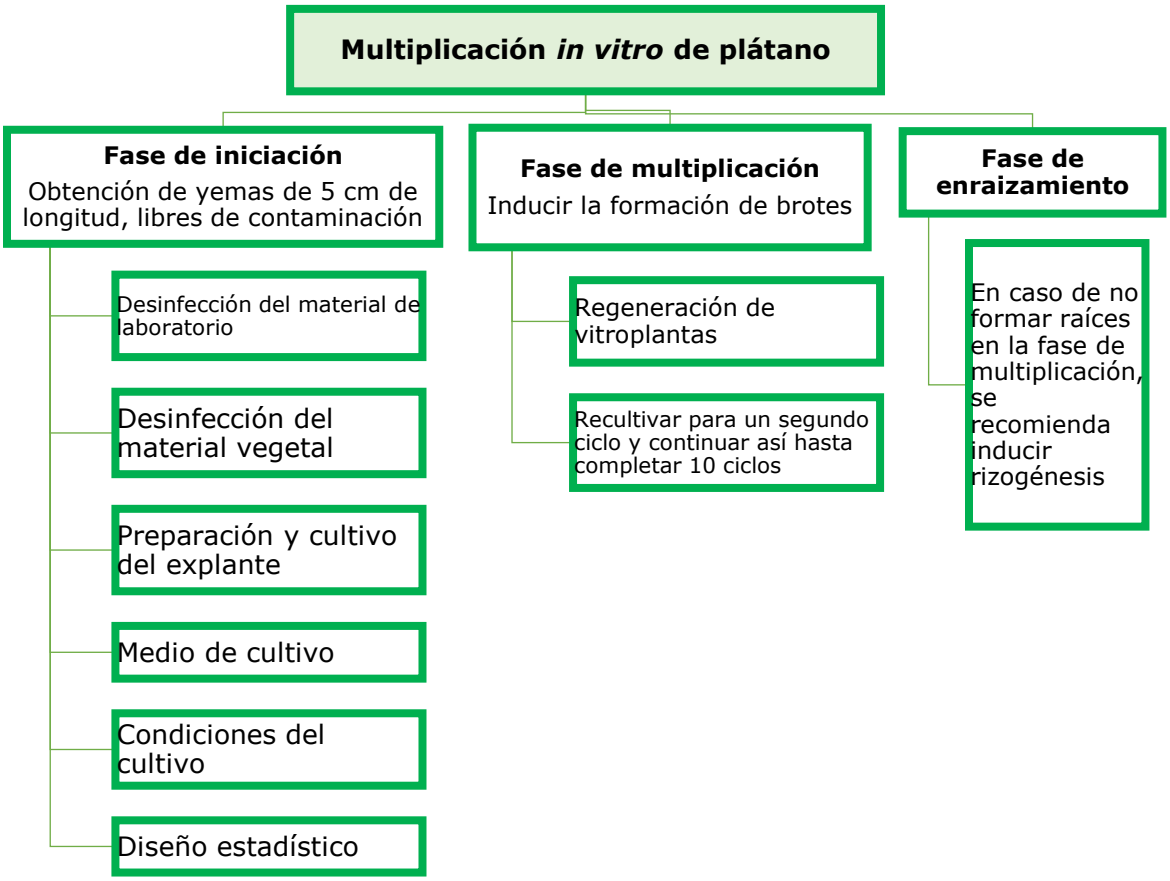


**Figura 16**. Metodología para la multiplicación *in vitro* de plátano.

Fuente: Elaboración propia con base en Florio, De Real y Mogollón (2010) y Porteles, Torres, Rodrigues y Ulacio (2017)

El tiempo para tener una planta lista oscila entre los seis y ocho meses. Después de ello, se debe realizar un endurecimiento de esta en condiciones controladas, fase que puede durar entre uno y dos meses, antes de poderla llevar definitivamente a campo.

De otro lado, la técnica de multiplicación *in vitro* puede ocasionar pérdida del vigor vegetativo del material, como consecuencia de varias réplicas de este. Igualmente, existe el riesgo de que se expresen variaciones somaclonales, representadas por plantas que se diferencian del material original por alguna característica fenotípica o de comportamiento agronómico, tal como altura, grosor del pseudotallo, características del racimo y comportamiento frente a insectos plaga y enfermedades.

## Cámara térmica

Bajo esta técnica de multiplicación, la limpieza de los cormos se realiza a través de un sistema de termoterapia con las siguientes condiciones ambientales: humedad relativa entre 40 y 100 % y temperatura entre 50 y 70 ºC. El uso de la termoterapia garantiza la eliminación de virus, ya que la concentración de las altas temperaturas dentro de la infraestructura favorece la degradación de estos (Lassois, Lepoivre, Swennen, Houwe, & Panis, 2013; Panattoni, Luvisi, & Triolo, 2013) y genera semillas libres de insectos plaga y enfermedades (Álvarez et al., 2013; Dzomeku, Darkey, Wünsche, & Bam, 2014).

La estructura de la cámara térmica (figura 17) se cierra con plástico, utilizando soportes de madera o guadua. Generalmente, para este método de multiplicación, se utiliza como sustrato cascarilla de arroz o aserrín de madera; condiciones bajo las cuales se acelera la brotación de yemas y el crecimiento de plántulas sanas (Álvarez et al., 2013; Ceballos, Pardo, & Álvarez, 2014).

Foto: Equipo de plátano CI La Libertad

**Figura 17**. Multiplicación de semilla de plátano en cámara térmica.

Aguilar, Reyes y Acuña (2004) señalan que a los cormos sembrados en viveros se les elimina la yema apical, con lo cual se consigue el rompimiento de la dominancia apical para estimular el brote de las yemas laterales. Algunos estudios comparativos del método de multiplicación de semilla en campo demuestran que en la cámara térmica es posible producir hasta 90 brotes/$m^2$/mes, mientras que en ambiente externo es posible producir alrededor de 30 brotes/$m^2$/mes (Álvarez et al., 2013) (figura 18). La metodología para la multiplicación de semilla en cámara térmica se presenta en la figura 19.

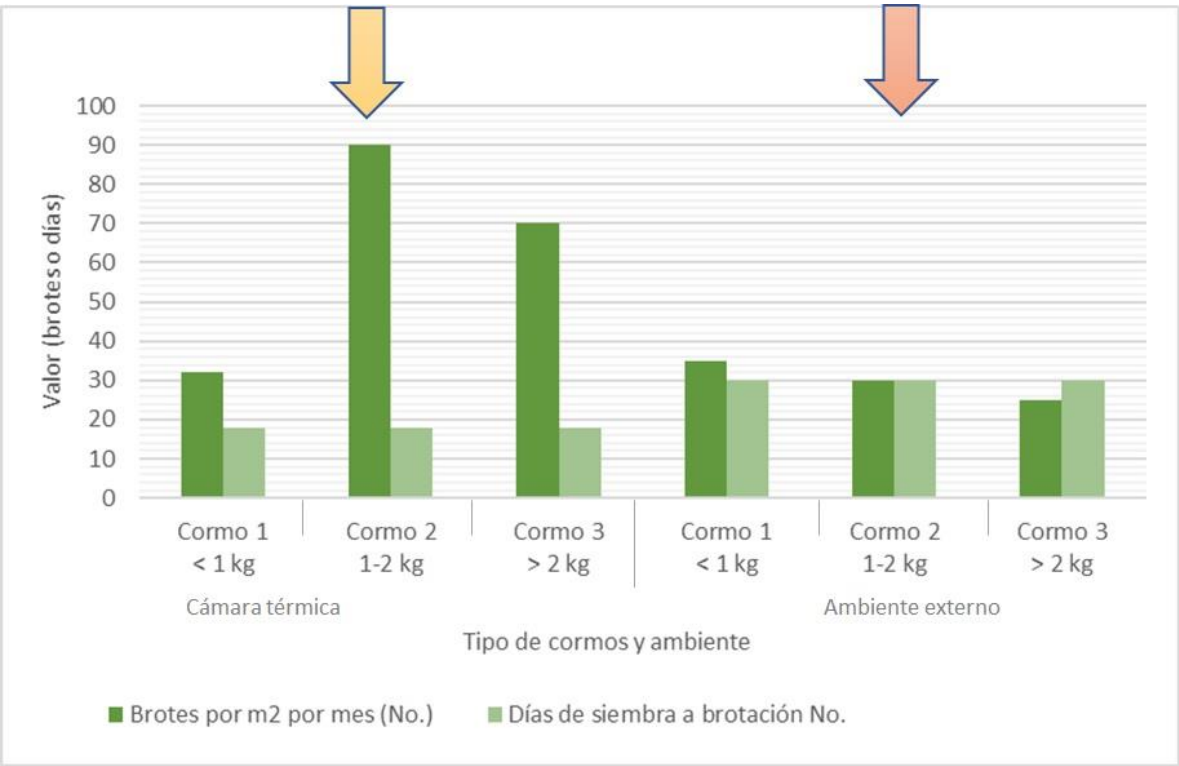


**Figura 18**. Comparación del incremento en la producción de brotes por $m^2$ por día con el uso de la cámara térmica.
Fuente: Ceballos, Pardo y Álvarez (2014)

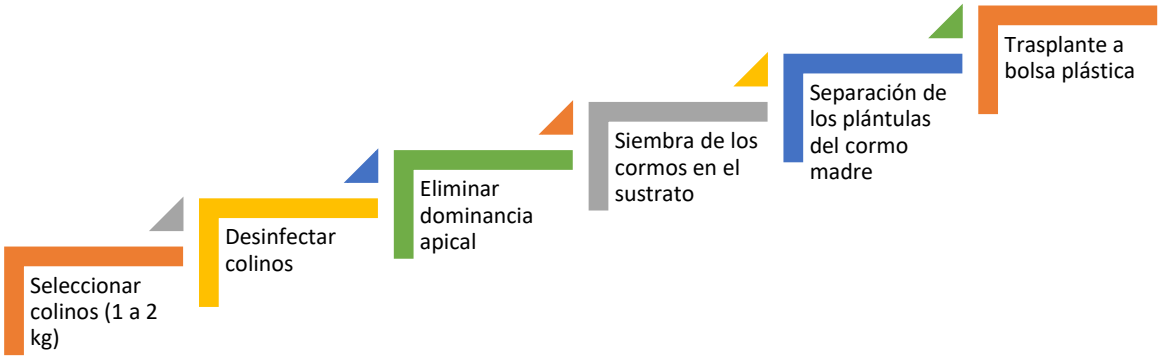


**Figura 19**. Metodología para la producción de semilla de plátano con cámara térmica.
Fuente: Adaptado de Álvarez et al. (2013) y Ceballos, Pardo y Álvarez (2014)

Posteriormente, cuando las plántulas alcanzan el tamaño ideal, se separan del cormo madre y se llevan a una bolsa plástica, donde tendrá lugar el periodo de aclimatación hasta el momento del trasplante al sitio definitivo (Álvarez et al., 2013). Por otro lado, la tasa de multiplicación puede aumentar al romper nuevamente la dominancia apical de los brotes primarios (Dayarani, Dhanarajan, Urna, & Durai, 2013; Faturoti, Tenkouano, Lemchi, & Nnaji, 2002; Njukwe et al., 2007; Osei, 2006; Singh, Selvarajan, Urna, & Karihaloo, 2011). El tipo de semilla de plátano que se produce bajo este esquema está ubicado en las categorías élite y élite endurecida (ICA, 2009).

## Producción por explante

Para este método de multiplicación se utiliza el cormo de la planta seleccionada, el cual debe tener un tamaño y peso uniforme: entre 1 kg y 1,5 kg. Este método (figura 20) consiste en destapar las yemas que se encuentran ubicadas en el punto de unión entre los vértices de cada calceta y su inserción en el cormo, con el fin de estimular su proceso de brote. En las figuras 21 a 25 se presenta un paso a paso ilustrado para el desarrollo de esta técnica en condiciones de vivero, según fueron llevadas a cabo en el Centro de Investigación (CI) La Libertad.

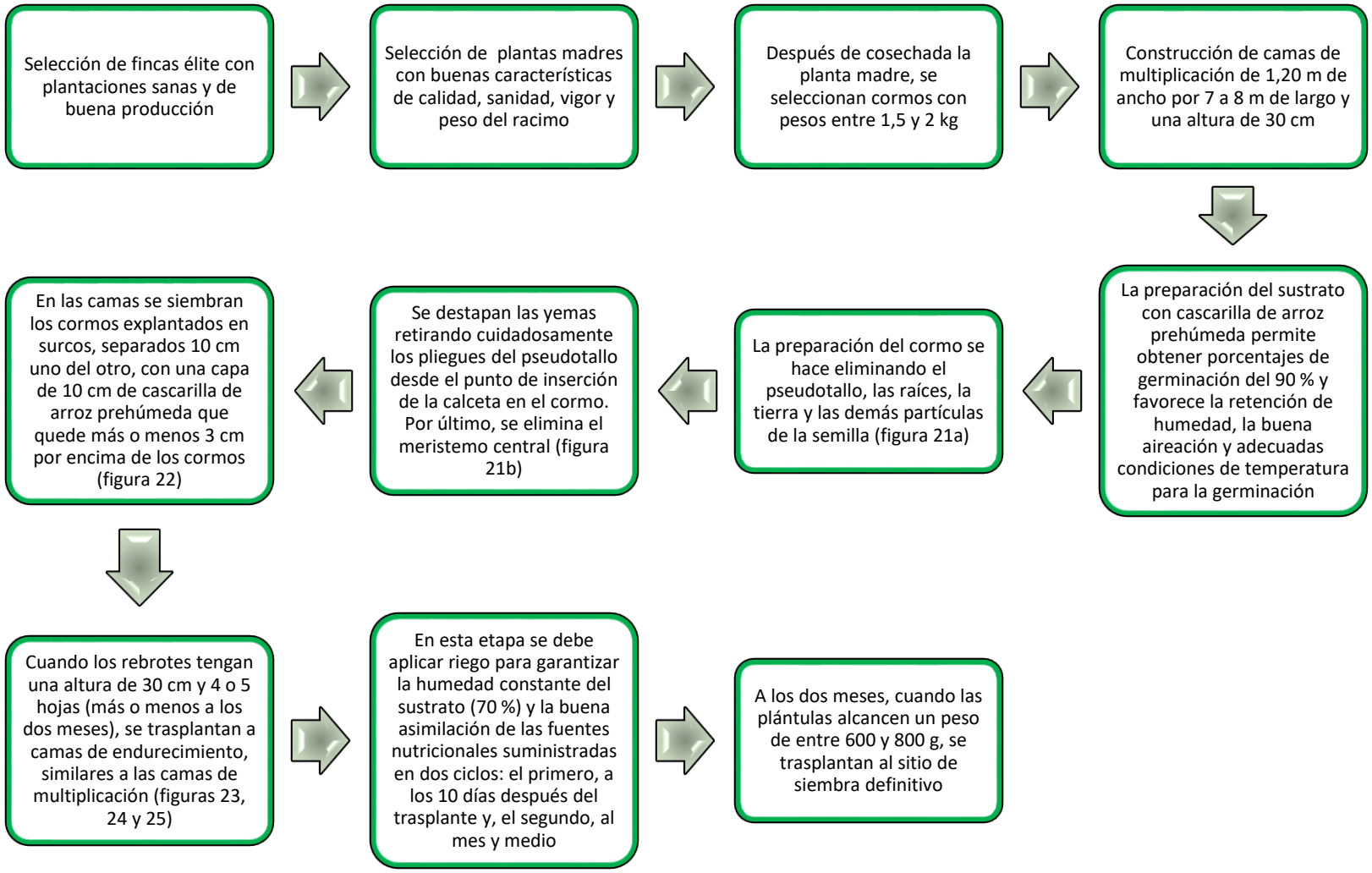


**Figura 20**. Esquema de producción de semilla de plátano por explante.
Fuente: Elaboración propia

Foto: Equipo de plátano CI La Libertad

**Figura 21**. Proceso de producción por explante. a. Limpieza del cormo; b. Eliminación de calcetas para descubrir las yemas; c. Yema expuesta; d. Exposición de yemas internas; e. Eliminación de la dominancia apical.

Foto: Equipo de plátano CI La Libertad

**Figura 22**. Camas de multiplicación, siembra de cormos y brote de yemas (CI La Libertad, 2017-2018).

Foto: Equipo de plátano CI La Libertad

**Figura 23**. Cosecha de plántulas para trasplantar a camas de endurecimiento (CI La Libertad, 2017).

Foto: Equipo de plátano CI La Libertad

**Figura 24**. Trasplante de plántulas a camas de endurecimiento (CI La Libertad, 2017).

Foto: Equipo de plátano CI La Libertad

**Figura 25**. Plántulas un mes después del trasplante a camas de endurecimiento (CI La Libertad, 2017).

# Capítulo V
# Validación de sistemas y técnicas de producción de semilla en los Llanos Orientales

Con base en las descripciones realizadas anteriormente, para la región de los Llanos Orientales se validó el sistema y la técnica de los métodos de multiplicación intensiva y por explante. A continuación, se muestra cómo se llevó a cabo este proceso.

## Validación de las técnicas

### Validación de la multiplicación intensiva

La técnica de multiplicación intensiva en campo para semilla de plátano se validó en un lote ubicado en el Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) Los Naranjos, en Granada, Meta. En este lote se realizó la caracterización de las plantas del huerto de multiplicación. Las condiciones de la zona de trabajo son las siguientes: temperaturas promedio de 28 ºC, humedad relativa entre 80 y 90 % y precipitación promedio alrededor de los 3.000 mm anuales.

La distancia de siembra para el establecimiento del huerto de multiplicación fue de 1,2 m entre surcos, 1,8 m entre dobles surcos y 1 m entre plantas, para una densidad de 6.666 plantas por hectárea. Sin embargo, la validación se realizó para un área de 0,5 ha, es decir, para un total de 3.400 plantas aproximadamente. La determinación de las plantas a evaluar se realizó en la parte central del área establecida. El manejo agronómico de insectos plaga y enfermedades se realizó con base en controles químicos y biológicos y en prácticas culturales. La fertilización se llevó a cabo con fuentes sintéticas de elementos mayores y menores, aplicadas en dosis crecientes de acuerdo con el desarrollo del cultivo. Se utilizó riego localizado por goteo con cintas de descarga de 1,24 L/h.

Posteriormente, a través de una selección al azar, se escogieron 40 plantas, a las cuales se les realizó un seguimiento mensual de las variables siguientes: altura, grosor del pseudotallo, número de hojas, ritmo de emisión foliar y número de brotes por planta.

Los resultados respecto a las características de las plantas del huerto de multiplicación intensivo (figura 26) indicaron que, a los cinco meses, estas alcanzaron un promedio de 1,1 m de altura y un grosor de pseudotallo de 69,88 cm. Se destaca que el método por el cual se desarrolló esta validación implica el corte de la planta a los cinco meses, momento en el cual esta se encuentra en el inicio de formación del tallo floral.

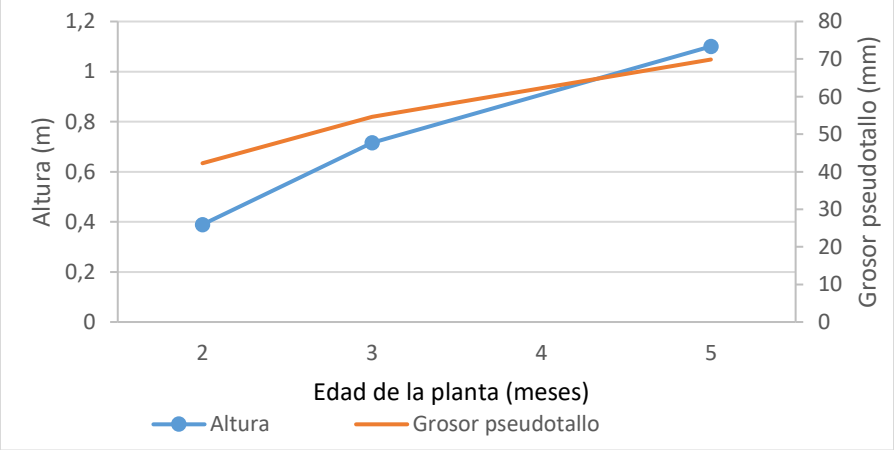


**Figura 26**. Altura de la planta y grosor del pseudotallo en plantas del huerto de multiplicación intensiva.
Fuente: Elaboración propia

En relación con el número de hojas funcionales, se determinó que esta variable puede presentar cambios durante el desarrollo del cultivo, sin embargo, los valores oscilaron entre 8,53 y 11,53 unidades. Esta variación en el número de hojas funcionales puede deberse principalmente a problemas fitopatológicos, en especial, la sigatoka, pues este hongo ocasiona daños en la lámina foliar de la hoja, con lo cual se puede retrasar el desarrollo vegetativo de la planta.

Al cumplir los cinco meses de edad, se realizó la labor de rompimiento de la dominancia apical (método Barker); esto se hizo con el fin de estimular el crecimiento y desarrollo de las yemas laterales. Posteriormente, se determinó que el número promedio de plántulas (brotes) por cada planta fue de siete, es decir, en un área de multiplicación de 0,5 ha fue posible obtener material vegetal para 10 ha, teniendo en cuenta una densidad de 1.666 plantas/ha.

## Validación de la multiplicación por explante

La técnica de multiplicación por explante validada por el equipo de trabajo del CI La Libertad consistió en destapar las yemas localizadas en el punto de unión de las calcetas con el cormo. Para ejecutar la técnica de multiplicación se utilizó una infraestructura de vivero con dimensiones de $12 \times 12$ m (144 $m^2$). El área experimental se trazó formando una cuadrícula con postes de 4 m de largo a una distancia de 4 m. La profundidad para enterrar los postes fue de 0,5 m, los cuales se aseguraron con cemento. Posteriormente, se usó alambre no. 8 y tensores metálicos para darle mayor firmeza a la polisombra (65 % de penumbra).

La construcción de las camas de germinación se llevó a cabo con ladrillo de barro cocido. La dimensión de cada cama fue de 1,20 m de ancho por 10 m de largo; para un total de siete camas, separadas a 0,40 m en el área del experimento. Como sustrato se utilizó cascarilla de arroz previamente humedecida (figura 27). Los cormos se prepararon eliminando las raíces, con la precaución de no afectar las yemas laterales, ya que estas son las primeras en brotar. Se utilizaron 1.500 cormos, con un peso entre 1.000 g y 1.200 g. La semilla seleccionada se ubicó en las camas distribuyendo 21 cormos/$m^2$, para un total de 214 por cama. Los cormos, después de la siembra en las camas, se cubrieron con una capa de cascarilla de arroz (de alrededor de 3 cm). Posteriormente, el trabajo de mantenimiento consistió tan solo en riego hasta el momento de la extracción de las plántulas.

Foto: Equipo de plátano CI La Libertad

**Figura 27**. Camas para la multiplicación de semilla de plátano `Hartón´ por explante: a. Establecimiento de los cormos en las camas de germinación. b. Brote de las yemas laterales del cormo.

El material vegetal obtenido a través de esta técnica de multiplicación se utilizó para realizar un ensayo con el fin de definir el mejor tipo de preparación del cormo para su trasplante a bolsas/camas de endurecimiento y su posterior traslado a campo.

## Preparación del material vegetal para la multiplicación de la semilla

Con el material vegetal obtenido a través del explante se realizaron ensayos de diferentes tipos de preparación a fin de seleccionar el mejor para la multiplicación de la semilla. Las plántulas que pasaron a cama de endurecimiento se organizaron en ocho tratamientos (tabla 4)

**Tabla 4**. Preparacion de cormos evaluados para la multiplicación de semilla de plátano

| Tratamiento | Descripción |
|---|---|
| T1 | Cormo sin parte aérea, con raíces, con micorrizas |
| T2 | Cormo sin parte aérea, sin raíces, con micorrizas |
| T3 | Cormo con pseudotallo, sin hojas, con raíces, con micorrizas |
| T4 | Cormo con pseudotallo, con hojas, con raíces, con micorrizas |
| T5 | Cormo sin parte aérea, con raíces, sin micorrizas |
| T6 | Cormo sin parte aérea, sin raíces, sin micorrizas |
| T7 | Cormo con pseudotallo, sin hojas, con raíces, sin micorrizas |
| T8 | Cormo con pseudotallo, con hojas, con raíces, sin micorrizas |

Fuente: Elaboración propia

Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con arreglo factorial 4 × 2 (4 tipos de preparación de semilla y aplicación o no de micorrizas), onformado por 8 tratamientos con 3 repeticiones y cada unidad experimental con 16 plantas y 4 plantas efectivas para la medición de variables (figura 28).

Foto: Equipo de plátano CI La Libertad

**Figura 28**. Establecimiento de los tratamientos en cada bloque.

El riego se mantuvo durante todo el tiempo trascurrido entre la siembra y el trasplante, dado que es fundamental en esta fase. La mezcla de fertilizantes se aplicó en dos fracciones: a los diez días después de la siembra y al mes y medio. Esta etapa tomó tres meses para que los colinos se desarrollaran.

Las variables que se midieron durante el ensayo fueron las siguientes: altura, grosor basal del pseudotallo, ritmo de emisión foliar (número de hojas emitidas cada siete días), peso fresco y peso seco de los diferentes tejidos (hojas, pseudotallo, cormo y raíces). Adicionalmente, se midió la tasa de crecimiento: el diferencial de la altura final alcanzada en la última fecha de evaluación con respecto a la altura inicial de la planta al momento de la siembra. Las mediciones fueron tomadas cada siete días, a partir del mes de establecimiento del ensayo.

## Resultados

Los datos obtenidos durante las ocho semanas de seguimiento y evaluación de las variables de los tratamientos establecidos en campo fueron analizados con el procedimiento GLIMMIX ("análisis de modelos lineales generalizados mixtos") del *software* SAS. A través de este análisis, se definió la significación e interacción entre los dos factores evaluados. Para las variables de altura y grosor del pseudotallo, se encontró que hubo efecto de la interacción entre los factores micorriza y cormo. Los resultados de los factores y su interacción se presentan en la tabla 5.

**Tabla 5**. Efecto de los factores evaluados y su interacción (desarrollo de las plantas de plátano 'Hartón' a los tres meses de edad)

| Fuente de variación | Pr>F | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Altura | Tasa de crecimiento | Grosor de pseudotallo | Hojas emitidas |
| Micorriza | 0,2982 | 0,5791 | 0,9878 | 0,1167 |
| Cormo | <0,0001* | <0,0001* | <0,0001* | 0,0006* |
| Micorriza*Cormo | 0,0280* | 0,1214 | 0,0043* | 0,1910 |

* Indica significación ($p < 0,05$).
Fuente: Elaboración propia

En la tabla 6 se presentan los resultados en función de los tratamientos evaluados. Para las variables altura, tasa de crecimiento y grosor del pseudotallo se observa que los mejores tratamientos fueron T4 y T8 (aquellos que tuvieron todos los tejidos presentes), seguidos por el T3 y T7, plantas a las que se les eliminó solo las hojas. Por su parte, T1 y T5 presentaron valores ligeramente inferiores, mientras que los valores más limitados de desarrollo de las plantas

se presentaron en T2 y T6, a los que se les eliminó la parte radical y la parte aérea desde el inicio.

**Tabla 6**. Resultados de las variables de desarrollo vegetativo en los distintos tipos de preparación de semilla

| Tratamiento | Altura final (cm) | Tasa de crecimiento (cm/90 días) | Grosor del pseudotallo (mm) |
|---|---|---|---|
| T1 | 16,09 c | 16,09 c | 16,53 c |
| T2 | 15,99 c | 15,99 c | 15,19 c |
| T3 | 53,22 b | 23,22 b | 33,07 a |
| T4 | 62,63 a | 22,63 c | 34,37 a |
| T5 | 18,13 c | 18,13 c | 18,59 c |
| T6 | 15,72 c | 15,72 c | 14,93 c |
| T7 | 50,42 b | 20,42 b | 29,02 b |
| T8 | 67,01 a | 27,01 a | 36,07 a |
| CV ( %) | 18,77 | 17,63 | 6,68 |

Nota: Letras diferentes en una misma columna indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) de acuerdo con la prueba de Duncan. CV: coeficiente de variación.
Fuente: Elaboración propia

Con base en estos resultados, se evidencia que no es conveniente eliminar raíces ni la parte aérea, pero cuando se decida eliminar la parte área, es más favorable hacerlo solo con el corte de las hojas y no con todo el pseudotallo.

En cuanto al número promedio de hojas emitidas por semana (ritmo de emisión foliar), no se encontró interacción significativa entre los factores preparación del cormo y la micorriza. Esto puede estar relacionado con que la emisión foliar se ve afectada por las reservas que posee el cormo, las cuales sirven para almacenar la energía utilizada en el proceso de desarrollo de la plántula hasta que las hojas logran independizarse fotosintéticamente. En tal sentido, el número de hojas por semana de las hojas de plátano en condiciones de vivero osciló entre 0,8 y 1,2 (tabla 7). Esto coincide con la descripción realizada por Belalcázar, Valencia y Lozada (1991) para el clon 'Hartón' en condiciones de campo, según la cual este cultivar, en los Llanos Orientales, emite alrededor de una hoja cada siete días.

**Tabla 7**. Resultados estadísticos para la variable ritmo de emisión foliar según diferentes tipos de preparación de semilla

| Preparación del cormo | Hojas emitidas |
|---|---|
| Cormo sin parte aérea, sin raíces | 1,29 a |
| Cormo sin parte aérea, con raíces | 1,26 a |
| Cormo con pseudotallo, hojas y raíces | 1,16 a |
| Cormo con pseudotallo y raíces | 0,89 b |

Nota: Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas (p<0,05) de acuerdo con la prueba de Duncan.
Fuente: Elaboración propia

Los resultados para el peso fresco y seco de los diferentes tejidos de la planta (hoja, pseudotallo, cormo y raíces) al final del periodo de evaluación de cada tratamiento se exponen en la tabla 8. Todas las variables evaluadas presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos estudiados.

**Tabla 8**. Peso fresco y seco por tratamiento en diferentes formas de preparación de la semilla de plátano

| Trat. | Peso fresco (g) | | | | Peso seco (g) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Hojas | Pseudotallo | Cormo | Raíces | Hojas | Pseudotallo | Cormo | Raíces |
| T1 | 87,72 ab | 89,85 ab | 74,87 a | 77,70 a | 10,25 ab | 3,93 ab | 4,92 a | 6,45 c |
| T2 | 62,33 b | 73,28 b | 26,73 b | 35,83 b | 6,93 b | 3,10 b | 2,07 b | 3,45 d |
| T3 | 100 a | 100 a | 95,30 a | 89,98 a | 13,17 a | 4,03 ab | 6,28 a | 11,43 a |
| T4 | 100 a | 100 a | 100 a | 99,88 a | 13,27 a | 3,48 ab | 5,43 a | 10,48 ab |
| T5 | 96,13 a | 99,37 a | 87,93 a | 81,73 a | 13,45 a | 4,93 a | 6,50 a | 8,00 bc |
| T6 | 84,28 ab | 86,82 ab | 71,55 a | 73,75 a | 10,32 ab | 3,85 ab | 4,88 a | 7,88 bc |
| T7 | 100 a | 100 a | 92,33 a | 91,68 a | 13,88 a | 3,58 ab | 6,08 a | 10,88 ab |
| T8 | 100 a | 100 a | 100 a | 94,78 a | 13,33 a | 3,52 ab | 5,58 a | 12,12 a |
| CV(%) | 16,87 | 17,99 | 25,44 | 23,29 | 20,36 | 21,74 | 26,26 | 18,62 |

Nota: Letras diferentes en una misma columna indican diferencias estadísticamente significativas (p<0,05) de acuerdo con la prueba de Duncan. CV: coeficiente de variación.
Fuente: Elaboración propia

Vale la pena destacar que se mantiene la misma tendencia que en las variables de desarrollo vegetativo (altura, tasa de crecimiento y grosor del pseudotallo). A los tratamientos a los que se les eliminó la parte radical y la parte aérea (T2 y T6) se les afectó en forma negativa la acumulación de materia seca en los diferentes tejidos. Por tal razón, no sería recomendable realizar esta práctica para multiplicar las semillas bajo las condiciones de experimentación, específicamente, en el clon 'Hartón'.

Por otra parte, el resto de los tratamientos distintos a T2 y T6 sí contaba con su sistema radical, pero se diferenciaban entre ellos por tener o no la parte aérea completa (pseudotallo y hojas). En tal sentido, los tratamientos que tenían todos los tejidos (T4 y T8) tuvieron el mejor comportamiento con relación a la acumulación de biomasa en los diferentes tejidos evaluados. Sin embargo, se presentó la tendencia de que las plantas a las que solo se les eliminaron las hojas (T3 y T7) tuvieron una acumulación de biomasa similar a T4 y T8, pero mayores valores que aquellas a las que se les cortaba el pseudotallo completo (T1 y T5). De esta manera, el eliminar solo las hojas como práctica cultural para la multiplicación de las semillas no afectó negativamente el desarrollo de la planta.

Se observó, además, la estrecha relación de los resultados de las variables de desarrollo vegetativo con las de acumulación de biomasa, por lo cual es importante considerar este tipo de parámetros de evaluación en estudios similares para determinar técnicas de multiplicación más apropiadas para este cultivo.

# Validación económica de sistemas de multiplicación de semillas

## Análisis de costos y eficiencia de la multiplicación intensiva en campo

Los costos para la multiplicación intensiva de semilla en campo para el año 2018, se encuentran alrededor de los treinta millones de pesos, para una población por hectárea de 6.666 cormos y una producción aproximada de 46.662 plántulas, es decir, una emergencia promedio de siete plántulas por cormo (que fue lo obtenido en la experimentación de lotes de multiplicación intensiva de semilla en campo). La discriminación de los costos de producción con esta técnica se muestra en la tabla 9.

**Tabla 9**. Costos 2017 para la producción de semilla de plátano por multiplicación intensiva en campo (ciclo 1)

| Rubro | Unidad | Cantidad | Valor unitario (COP) | Valor total (COP) | Participación % |
|---|---|---|---|---|---|
| Preparación del terreno | | | | | |
| Drenajes | hora/máquina | 5 | 50.000 | 250.000 | 0,84 |
| Riego | hora/máquina | 20 | 50.000 | 1.000.000 | 3,36 |
| Vías y caminos | hora/máquina | 1 | 50.000 | 50.000 | 0,17 |
| Rastra | pase | 2 | 120.000 | 240.000 | 0,81 |
| Cincel | pase | 1 | 120.000 | 120.000 | 0,40 |
| Pulidor | pase | 1 | 120.000 | 120.000 | 0,40 |
| Subtotal | | | | 1.780.000 | 5,98 |
| Siembra | | | | | |
| Análisis de suelo | unidad | 1 | 120.000 | 120.000 | 0,40 |
| Arriendo del lote | hectárea | 1 | 1.000.000 | 1.000.000 | 3,36 |
| Semilla | unidad | 6.666 | 1.000 | 6.666.000 | 22,39 |
| Transporte de semilla | global | 1 | 1.350.000 | 1.350.000 | 4,53 |
| Ahoyado | jornal | 12 | 45. 000 | 540.000 | 1,81 |

Continúa

Continuación tabla 9

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Siembra (incluye la preparación del colino) | jornal | 15 | 45.000 | 675.000 | 2,27 |
| Subtotal | | | | 10.351.000 | 34,76 |
| Mano de obra | | | | | |
| Aplicación de enmiendas | hora/máquina | 3 | 40.000 | 120.000 | 0,40 |
| Control con guadaña | jornal | 3 | 90.000 | 270.000 | 0,91 |
| Aplicación de químicos | jornal | 3 | 40.000 | 120.000 | 0,40 |
| Aplicación de fertilizantes | jornal | 10 | 40.000 | 400.000 | 1,34 |
| Deshoje y desguasque | jornal | 5 | 45.000 | 225.000 | 0,76 |
| Aplicación de químicos | jornal | 5 | 45.000 | 225.000 | 0,76 |
| Corte del vástago para inducción de semilla | jornal | 15 | 45.000 | 675.000 | 2,27 |
| Construcción de cerca perimetral | jornal | 25 | 45.000 | 1.125.000 | 3,78 |
| Corte y preparación de cormos | jornal | 35 | 45.000 | 1.575.000 | 5,29 |
| Transporte interno del producto (acopio) | hectárea | 1 | 300.000 | 300.000 | 1,01 |
| Subtotal | | | | 5.035.000 | 16,91 |
| Insumos agrícolas | | | | | |
| Transporte de insumos | toneladas | 4 | 200.000 | 800.000 | 2,69 |
| Productos químicos Enmienda | global | 1 | 390.000 | 390.000 | 1,31 |

Continúa

Continuación tabla 9

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Producto químico Maleza | global | 1 | 60.000 | 60.000 | 0,20 |
| Productos químicos y orgánicos para la fertilización | global | 1 | 5.920.700 | 5.920.700 | 19,88 |
| Productos químicos y orgánicos para enfermedades | global | 1 | 192.000 | 192.000 | 0,64 |
| Subtotal | | | | 7.362.700 | 24,73 |
| | | | | | Registro ICA |
| Registro del predio productor de semilla | global | 1 | 140.000 | 140.000 | 0,47 |
| Subtotal | | | | 140.000 | 0,47 |
| Equipos y herramientas | | | | | |
| Herramientas y cerca periférica | global | 1 | 669.500 | 669.500 | 2,25 |
| Subtotal | | | | 669.500 | 2,25 |
| Administración | | | | | |
| Asistencia técnica (3 % del costo variable) | hectárea | 1 | 726.546 | 726.546 | 2,44 |
| Costo financiero (depósito a término fijo + 7 puntos del costo variable) | | 1 | 2.983.682 | 2.983.682 | 10,02 |
| Administración (3 % del costo variable) | | 1 | 726.546 | 726.546 | 2,44 |
| Subtotal | | | | 4.436.774 | 14,90 |
| Costo total de producción | | | | 29.774.974 | 100 |

Fuente: Elaboración propia

En la estructura de costos, el mayor gasto lo genera la siembra (34,76 %), que incluye la obtención de la semilla, el trazado, el ahoyado y la siembra de la semilla como tal. A este le siguen, en su orden, los insumos agrícolas (24,73 %), la mano de obra (16,91 %), la administración (14,90 %), la preparación del terreno (5,98 %), los equipos y herramientas necesarias para el mantenimiento del cultivo (2,25 %) y el registro emitido por el ICA para predios productores de semilla de plátano (0,47 %) (figura 29).

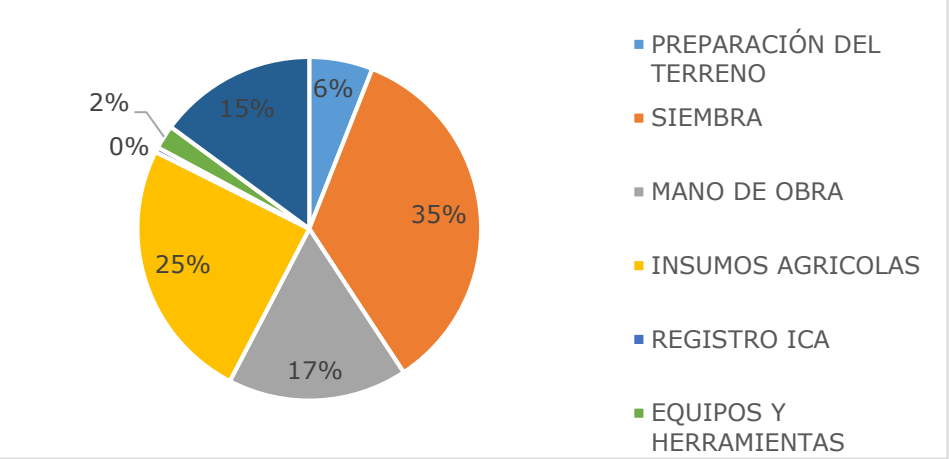


**Figura 29**. Participación porcentual de labores en el costo de producción por multiplicación intensiva - ciclo 1.
Fuente: Elaboración propia

Bajo este sistema, en un periodo de diez meses, es posible obtener 46.662 plántulas, es decir, con 1 ha se logra producir material de siembra para 24 ha, con una densidad promedio de 1.950 plantas/ha.

Cuando el productor toma la decisión de continuar hacia un segundo ciclo, los costos de producción son de alrededor de catorce millones y medio. El valor se reduce en un 51,63 % respecto del primer ciclo, ya que esta vez no se requiere la compra de equipos y herramientas, ni semilla ni labores para la preparación del terreno. El porcentaje de participación de cada uno de los rubros para el segundo ciclo de producción se presenta en la figura 30.

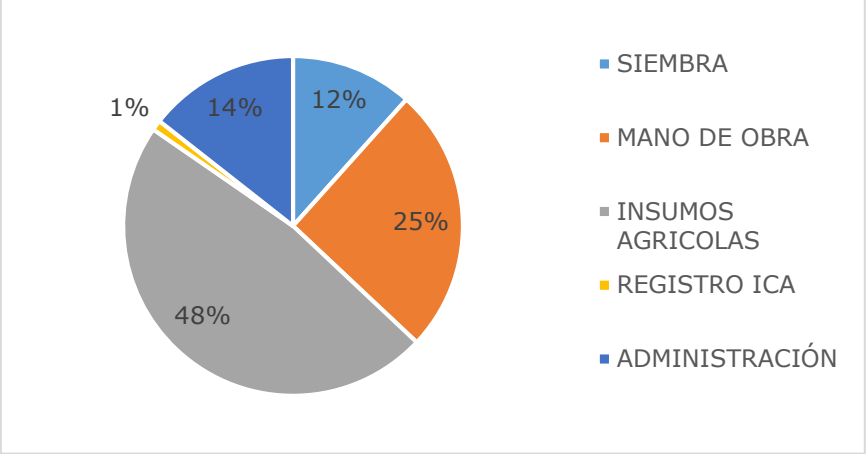


**Figura 30**. Participación porcentual en el costo de producción por multiplicación intensiva - ciclo 2.
Fuente: Elaboración propia

## Análisis de costos y eficiencia de la multiplicación por explante

Para la multiplicación de semilla por explante, el cálculo de los costos totales se estimó en $7.405.300 (tabla 10), para una población de 1.500 cormos y una producción aproximada de las 10.500 plántulas, es decir, una emergencia promedio de siete plántulas por cormo, de acuerdo con los estudios validados.

Es importante resaltar que el costo total del vivero se estimó en un valor de $4.777.500, el cual no se consideró para el análisis de costos, ya que su vida útil está alrededor de los cinco años, es decir, un costo anual de $955.500, con una duración cercana a 11 ciclos de producción de semilla de plátano.

**Tabla 10**. Costos 2017 para la producción de semilla de plátano por explante (ciclo 1)

| Rubro | Unidad | Cantidad | Valor unitario (COP) | Valor total (COP) | Participación % |
|---|---|---|---|---|---|
| Semilla | | | | | |
| Cormos | unidad | 1.500 | 1.000 | 1.500.000 | 20,26 |
| Transporte de semilla | tonelada | 2 | 200.000 | 300.000 | 4,05 |
| Subtotal | | | | 1.800.000 | 24,31 |
| Mano de obra | | | | | |
| Recorte de material y embolsado | jornal | 10 | 35.000 | 350.000 | 4,73 |
| Explante y siembra | jornal | 10 | 35.000 | 350.000 | 4,73 |
| Embolsado y mezcla de tierra | jornal | 10 | 35.000 | 350.000 | 4,73 |
| Mano de obra en riego | jornal | 2 | 35.000 | 70.000 | 0,95 |
| Control con guadaña en calle | jornal | 0,5 | 60.000 | 30.000 | 0,41 |
| Subtotal | | | | 1.150.000 | 15,53 |
| Insumos agrícolas | | | | | |
| Enmiendas | | | | | |
| Cal dolomita | bulto | 1 | 11.000 | 11.000 | 0,15 |
| Subtotal | | | | 11.000 | 0,15 |
| Fertilización | | | | | |
| Urea | bulto | 1 | 65.000 | 65.000 | 0,88 |
| KCl | bulto | 2 | 70.000 | 140.000 | 1,89 |
| DAP | bulto | 1 | 84.000 | 42.000 | 0,57 |
| Kieserita | bulto | 1 | 50.000 | 25.000 | 0,34 |
| Boro cinco | bulto | 1 | 85.000 | 85.000 | 1,15 |
| Gallinaza | bulto | 6 | 20.000 | 120.000 | 1,62 |
| Micorriza | bulto | 2 | 100.000 | 200.000 | 2,70 |
| Tierra | viaje/6 M3 | 1 | 600.000 | 600.000 | 8,10 |
| Aplicación | jornal | 2 | 40.000 | 80.000 | 1,08 |
| Bolsas plásticas de 2 kilos | Paquete x 100 unidades | 10 | 6.000 | 60.000 | 0,81 |
| Subtotal | | | | 1. 417.000 | 19,13 |

Continúa

Continuación tabla 10

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Control de plagas | | | | | |
| Lorsban | litro | 1 | 35.000 | 17.500 | 0,24 |
| Vanodine | litro | 1 | 60.000 | 30.000 | 0,41 |
| Subtotal | | | | 47.500 | 0,64 |
| Subtotal | | | | 1.475.500 | 19,92 |
| Equipos y herramientas (5 años de vida útil) | | | | | |
| Equipo de riego | unidad | 1 | 5.000.000 | 5.000.000 | 67,52 |
| Cuchillos | unidad | 6 | 15.000 | 90.000 | 1,22 |
| Garlanchas | unidad | 2 | 25.000 | 50.000 | 0,68 |
| Pala | unidad | 1 | 20.000 | 20.000 | 0,27 |
| Peinilla | unidad | 1 | 15.000 | 15.000 | 0,20 |
| Palín para jardinería | unidad | 2 | 22.000 | 44.000 | 0,59 |
| Fumigadora de espalda | unidad | 1 | 280.000 | 280.000 | 3,78 |
| Caneca plástica de 100 litros | unidad | 1 | 50.000 | 50.000 | 0,68 |
| Tanque plástico de 1.000 litros con accesorios | unidad | 1 | 350.000 | 350.000 | 4,73 |
| Subtotal | | | | 1.179.800 | 15,93 |
| Costo variable | | | | | |
| Registro en el ICA como productor de semilla de plátano | Unidad | 1 | 1.800.000 | 1.800.000 | 24,31 |
| Costo total de producción | | | | 7.405.300 | 100 |

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con los resultados obtenidos, el costo promedio para la producción de 10.500 plántulas por explante durante el primer ciclo fue de $7.405.300. Dentro de la estructura de costos, el mayor gasto está representado por la adquisición de la semilla con registro ICA (24, 31 %) y por el costo de registro como productor de semilla de plátano otorgado por el ICA (24,31 %). Luego, siguen los insumos agrícolas (19,92 %), los equipos y herramientas (15,93 %) y la mano de obra (15,53 %) (figura 31).

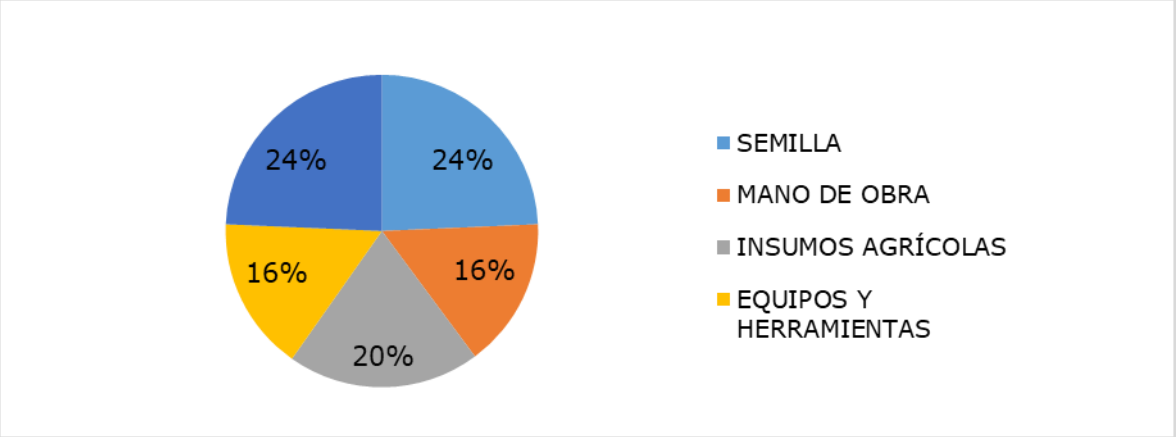


**Figura 31**. Participación porcentual de labores en el costo de producción por explante - ciclo 1.
Fuente: Elaboración propia

Con la técnica de multiplicación por explante, en un periodo de 10 meses es posible alcanzar dos ciclos de producción de semilla de plátano y, de acuerdo con la validación realizada, en 144 $m^2$ se logra un total de 21.000 cormos, lo que representa un área de siembra de aproximadamente 11 ha. Los costos de producción para ese segundo ciclo en el mismo año están en promedio en $4.425.500. Este valor se reduce un 40,2 % respecto al primer ciclo, ya que esta vez no se requiere registro ante el ICA ni la compra de equipos y herramientas. El porcentaje de participación de cada uno de los rubros que se requieren para el segundo ciclo de producción se presenta en la figura 32.

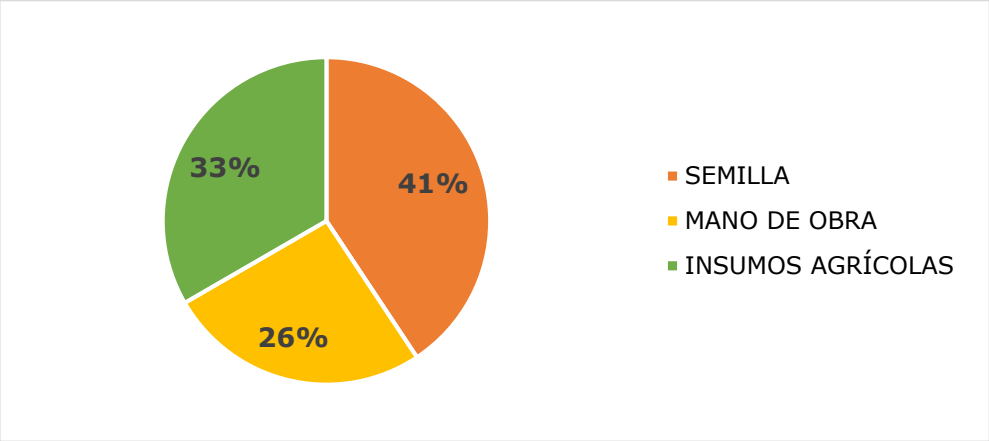


**Figura 32**. Participación porcentual de labores en el costo de producción por explante - ciclo 2.
Fuente: Elaboración propia

En un sistema productivo de plátano para vender fruta fresca, el costo de producción de racimo en fresco por 1 ha con una densidad de siembra de 2.200 plantas/ha (para productores con una adopción tecnológica media y un rendimiento promedio de 32,5 t/ha) es de aproximadamente $13.000.000 (Rodríguez et al., 2018). Esto representa un costo de producción por racimo de alrededor de $400. En comparación, para la producción de semilla por multiplicación intensiva durante los mismos diez meses, cuyo costo total es de $29.774.974 (con una producción de 46.662 cormos), el costo promedio por semilla es de $638. Por su parte, la producción de semilla por explante durante el mismo tiempo (incluyendo el gasto anual del vivero) tiene un costo de $12.786.300, con una producción de 21.000 cormos, lo cual representa un costo por cormo de $609. En la tabla 11 se presentan los ingresos generados por la comercialización de estos productos según el tipo de mercado al que el productor le apueste.

**Tabla 11**. Comparación de los ingresos generados por la venta en fresco de racimo y de semilla de plátano certificada para el 2018

| | Producción de racimo en fresco[1] | Producción de racimo en fresco[3] | Producción de semilla de explante | Producción de semilla en HMI |
|---|---|---|---|---|
| Costo de producción | $13.000.000 | $13.000.000 | $12.786.300 | $29.774.974 |
| Producción | 32.500 kg | 32.500 kg | 21.000 semillas | 46.662 semillas |
| Costo unitario | $400 | $400 | $609 | $638 |
| Costo de venta | $420[2] | $650[4] | $1.000 | $1.000 |
| Ingresos | $13.650.000 | $21.125.000 | $21.000.000 | $46.662.000 |
| Ganancia | $650.000 | $8.125.000 | $8.213.700 | $16.887.026 |

[1]. *Escenario 1:* Precios promedio durante el 2017.
[2]. Costo de venta por bolsa de 20 kg según categoría: extra $12.000, primera $8.000 y pica $4.000 (información suministrada por los productores de la región).
[3]. *Escenario 2:* Precios promedio a junio del 2018 (incremento de precios por la alta precipitación en la región).
[4]. Costo de venta por bolsa de 20 kg según categoría: extra $18.000, primera $12.000 y pica $8.000 (información suministrada por los productores de la región a junio del 2018).
Fuente: Elaboración propia

El costo de los racimos se definió teniendo en cuenta que el plátano tiene tres categorías, cuyo porcentaje de producción es el siguiente: extra 30 %, primera 50 % y pica 20 %. Se tomó, entonces, el precio de cada uno de ellos y el porcentaje que cada uno de ellos representa dentro de la producción.

Es importante resaltar que el costo de venta del racimo en fresco varía constantemente en la región, lo cual depende principalmente de los intermediarios, quienes establecen el precio de comercialización (Rodríguez et al., 2018). Esto quiere decir que los ingresos pueden oscilar entre los 14 y los 28 millones de pesos, razón por la cual a los productores se les dificulta obtener de forma continua una alta rentabilidad de este tipo de producción.

En consecuencia, el establecimiento de sistemas eficientes de multiplicación de semilla de plátano, que produzcan material de siembra con atributos de calidad

y con precios competitivos en el mercado, representa una alternativa con unos márgenes de rentabilidad interesantes. De hecho, esta opción de negocio tiene una mayor estabilidad de precios y una gran demanda, dado que existen muy pocos predios con registro ICA (que ofrezcan material con los estándares de calidad requeridos para garantizar las condiciones de sanidad para el establecimiento de sistemas productivos de plátano 'Hartón' en la región).

Por tal motivo, desde el punto de vista del agronegocio, la producción de semilla de calidad podría contribuir a diversificar la economía regional con el desarrollo de esquemas de multiplicación de semilla tecnificada no solo para el beneficio del agricultor que produce el fruto, sino como estrategia de venta de un producto cada vez más demandado; esto es así, debido a las deficiencias que presentan algunos proveedores, en especial, en el manejo sanitario del cultivo, lo que genera material de siembra sin la calidad requerida.

# Capítulo VI
# Proyección y perspectivas de producción de semilla en los Llanos Orientales

Un esquema de manejo tecnificado —basado en la planificación y ejecución de diferentes fases que permitan generar material de siembra con atributos de calidad— parte de la selección de plantas élite con características sobresalientes. Posteriormente, se debe definir el método de multiplicación para obtener semilla de plátano: cámara térmica, producción masiva en campo o explante, este último basado en los métodos Hamilton o Barker. De acuerdo con el método seleccionado por el productor, se requiere de un área determinada y un periodo específico por ciclo de producción. Por ejemplo, en el caso de la multiplicación masiva en campo se puede utilizar 1 ha (10.000 $m^2$) para obtener 46.662 cormos.

Cada técnica requiere de una serie de actividades específicas que permiten la obtención del material de siembra para las nuevas plantaciones de plátano. Para el caso de la cámara térmica y el método por explante, es necesario que, finalizado el periodo de desarrollo vegetativo en camas de multiplicación, los colinos se lleven a bolsas en camas de endurecimiento, en las cuales terminan el periodo de desarrollo necesario para el trasplante al sitio definitivo. De forma paralela a esta disposición de los colinos en camas de endurecimiento, y finalizados los tres meses de cosecha, se debe realizar la desinfección y acondicionamiento de las camas de multiplicación para dar inicio a un nuevo ciclo de producción de semilla. En estos dos métodos, se necesitan aproximadamente cinco meses para la cosecha de los colinos.

Con respecto a la producción intensiva en campo, el ciclo completo para cosechar los colinos puede durar aproximadamente diez meses, sin embargo, este método no requiere de la adecuación de una infraestructura especial para su ejecución. Por otro lado, la semilla producida con el método intensivo no requiere de un periodo de endurecimiento, sino que puede ser llevada directamente a campo

para su establecimiento. La lista de actividades por cada técnica de multiplicación y su temporalidad se presenta en la tabla 12.

**Tabla 12**. Cronograma de actividades para cada una de las técnicas de multiplicación

| Actividades por método de multiplicación | Mes | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Explante | | | | | | | | | | | | |
| Acondicionamiento de la infraestructura | X | | | | | | X | | | | | |
| Limpieza y preparación de la semilla | X | | | | | | | X | | | | |
| Desinfección y acondicionamiento de las camas | X | | | | | | X | | | | | |
| Siembra en las camas de endurecimiento | | X | | | | | | | X | | | |
| Desarrollo vegetativo | | | X | X | X | | | | | X | X | X |
| Cosecha de colinos para pasar a cama/bolsa de endurecimiento | | | | X | X | X | | | | | X | X |
| Producción intensiva | | | | | | | | | | | | |
| Acondicionamiento del lote | X | | | | | | | | | | | |
| Obtención y preparación de semilla | X | | | | | | | | | | | |
| Siembra y establecimiento | | X | | | | | | | | | | |
| Desarrollo vegetativo | | X | X | X | X | X | | | | | | |
| Eliminación de la planta madre | | | | | | X | | | | | | |
| Desarrollo de brotes | | | | | | X | X | X | | | | |
| Cosecha de colinos | | | | | | | | X | X | X | | |

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la revisión de las actividades realizadas y su duración en meses, se presenta un esquema operativo (figura 33) con los parámetros indicadores de producción para los métodos de multiplicación de semilla mencionados, con base en la experiencia y validación de AGROSAVIA.

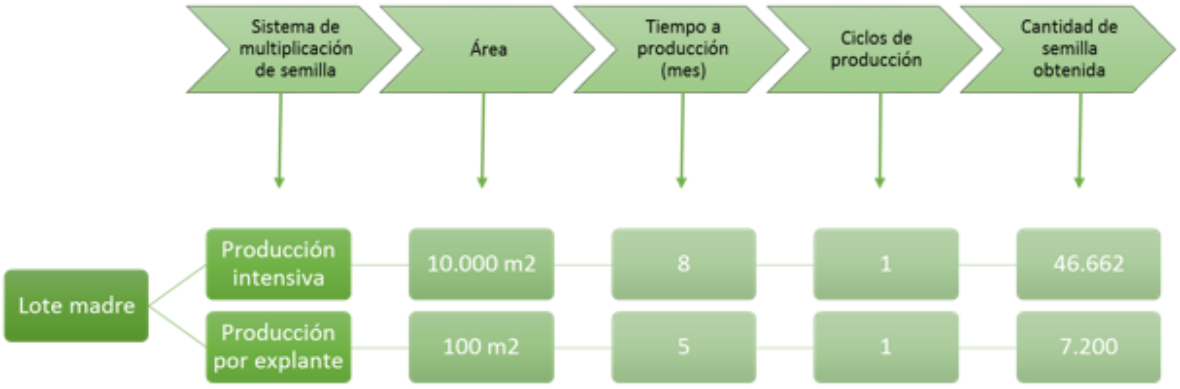


**Figura 33**. Proyección de la producción de semilla de plátano bajo diferentes técnicas de multiplicación.
Fuente: Elaboración propia

# Conclusiones

El modelo de tecnologías eficientes de producción de semilla de plátano 'Hartón' proporciona elementos que permiten entregar una información actualizada y acorde con el contexto del sistema productivo de plátano en los Llanos Orientales. Este modelo puede ser adoptado por los agricultores que deseen incursionar en los esquemas de multiplicación de semilla con atributos de calidad genética, física, fisiológica y sanitaria. La multiplicación de semilla como agronegocio puede representar beneficios adicionales, como la diversificación de la economía regional con ingresos alternativos a la producción de racimos y la mejora consecuente en la competitividad del sistema productivo.

# Recomendaciones

Es necesario continuar con la validación de otras técnicas de multiplicación de semilla que permitan comparar y definir el esquema de producción más eficiente y rentable para los productores de plátano en el departamento del Meta y demás zonas productoras en el país.

Se recomienda realizar pruebas con sustancias enraizadoras o bioestimulantes que permitan evaluar el efecto sobre el crecimiento y desarrollo del material vegetal con los métodos ralacionados en esta obra. De esta manera, se podría llegar a un proceso productivo más eficiente, incrementar la calidad fisiológica del material de siembra y mejorar la capacidad adaptativa y el desarrollo del cultivo, una vez realizado el proceso de siembra en condiciones de campo.

# 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 duranzno. 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) adscrito a la Red de frutales, departamento de semillas, 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 como también en sistemas de economía campesina, caracterización de sistemas productivos y desarrollo rural. 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**
mbetancourtv@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 con 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; asímismo, 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, es Profesional de Apoyo a la Investigación PAI 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, trabaja 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.

# Referencias


Aguilar, M., Reyes, G., & Acuña, M. (2004). *Guía técnica No. 1: Métodos alternativos de propagación de semilla agámica de plátano (Musa spp.)*. Managua, Nicaragua: Universidad Nacional Agraria.

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.

Angarita, A., & Perea, M. (1984). *Avances del proyecto. Estudios orientados al control de la Sigatoka negra en plátano y banano*. Segundo informe Colciencias (Ref. 10000-4-36-83). 60 p.

Barrera, J. L., Cardona, C. E., & Cayón, D. G. (2011). El cultivo de plátano (Musa AAB Simmonds): ecofisiología y manejo cultural sostenible. Universidad de Córdoba; Editorial Zenú. Recuperado de https://editorialzenu.com/images/1467833541.pdf.

Belalcázar, S., Valencia, J., & Lozada, J. (1991). El cultivo de plátano (Musa AAB Simmonds) en el trópico. *Manual de Asistencia Técnica, 50*, 44-89.

Ceballos, G., Pardo, J. M., & Álvarez, E. (2014). *Escalamiento tecnológico en la producción masiva y sostenible de semilla de yuca y plátano.* Conferencia presentada en la I Convención Internacional de Agrodesarrollo, Cuba. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/279913259_Escalamiento_tecnologico_en_la_produccion_masiva_y_sostenible_de_semilla_de_yuca_y_platano.

Cruz, L., & Ruiz, D. (2012). Métodos para acelerar la emisión y desarrollo de hijuelos en plátano (Musa sp.) en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras (Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar al título de Ingenieros Agrónomos en el Grado Académico de Licenciatura). Recuperado de http://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1091/1/T3380.pdf.

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). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

Daquinta, M., Lezcano, Y., Escalona., M., & Santos, R. (2001). Multiplicación *in vitro* del banano FHIA-18 con el empleo de paclobutrazol. Cultivo de tejidos: regulación de la brotación en medio líquido. *Revista Infomusa. La Revista Internacional sobre Banano et Plátano, 10*(2), 22-24.

Dayarani, M., Dhanarajan, M., Urna, S., & Durai, P. (2013). Macro-propagation for regeneration of wild bananas (Musa spp.). *Advanced BioTech, 12*(12), 16- 17.

Dzomeku, D., Darkey, S., Wünsche, J., & Bam, R. (2014). Response of selected local plantain cultivars to PIBS (Plants issus de bourgeons secondaires) technique. *Journal of Plant Development, 21*, 117-123.

Faturoti, B., Tenkouano, A., Lemchi, J., & Nnaji, N. (2002). Rapid multiplication of plantain and banana: Macropropagation techniques. A pictorial guide. Ibadan, Nigeria: IITA.

Florio, S., De Real, L., & Mogollón, N. (2010). Regeneración in vitro del Plátano cv. 'Hartón Gigante' (Musa AAB). *Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas 44*(4), 425-440.

Instituto Agropecuario Colombiano (ICA). (2009). *Manual técnico para viveristas en musáceas (plátanos y bananos).* Recuperado de https://docplayer.es/16118201-Manual-tecnico-para-viveristas-en-musaceas-platanos-y-bananos.html.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2016). *El 15,9 % de la Orinoquía tiene suelos aptos para soportar la presencia del ganado*. Recuperado de https://noticias.igac.gov.co/es/contenido/el-159-de-la-Orinoquía-tiene-suelos-aptos-para-soportar-la-presencia-del-ganado.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2018). *Mapa de cubrimientos planescope*. Recuperado de https://geoportal.igac.gov.co/es/contenido/mapa-de-cubrimientos-planetscope-igac.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam). (2014). *Precipitación media total anual. Promedio multianual 1981 - 2010*. Recuperado de http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasClimatologico.html.

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (Instituto Humboldt). (2003). Evaluación del estado actual de las poblaciones silvestres de chigüiros (Hydrochaeris hydrochaeris) y los hábitat asociados en los municipios de Paz de Ariporo y Hato Corozal, Casanare. Recuperado de http://i2d.humboldt.org.co/ceiba/resource.do?r=rrbb_caracterizacion_poblacion_chiguiros.

Jiménez, R. (2013). *Selección de plantas élites en plátano y su impacto potencial en la producción.* 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.

Lassois, L., Lepoivre, P., Swennen, P., Van den Houwe, I., & Panis, B. (2013). Thermotherapy, chemotherapy, and meristem culture in banana. In M. Lambardi et al. (Eds.), *Protocols for micropropagation of selected economically-important horticultural plants, methods in molecular biology* (pp. 419-433). New York, USA: Springer Science+Business Media.

Leyva, P. (ed.). (2001). *El medio ambiente en Colombia*. Bogotá: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam).

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/attachments/1322/Base %20Agrícola %20EVA %202007-2017 %20(P)_07_11_2017.xlsb.

Njukwe, E., Tenkouano, A., Amah, D., Sadik, K., Muchunguzi, P., Nyine, M. & Dubois, T. (2007). *Macro-propagation of banana and plantain* (pp. 23). Cameroon: International Institute of Tropical Agriculture (IITA).

Noriega, M. (2010). *Tecnología para la producción rápida de semilla (hijuelos) de banano (Musa* sp.*) en campo.* Recuperado de http://www.minagri.gob.pe/portal/download/pdf/direccionesyoficinas/direccion_informacion_agraria/boletines_tecnicos/semilla_banano.pdf.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO). (1965). *Reconocimiento edafológico de los Llanos Orientales de Colombia* (t. 2, 94 pp.). Roma, Italia: Autor.

Ormaza, M. M. (2017). *Influencia de tres niveles de carbamida sobre la inducción de hijuelos de plátano (Musa* AAB Simmonds*) en el valle del río Carrizal* (tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, Ecuador, Calceta.

Osei, J. (2006). Rapid field multiplication of plantains using benzyl adenine or coconut water-treated split corms. *Ghana Journal of Agriculture. Science, 39*(2), 189-202.

Palencia, G., Gómez, R., & Martín, J. (2006). *Manejo sostenible del cultivo del plátano.* Bucaramanga, Colombia: Produmedios.

Panattoni, A., Luvisi, A., & Triolo, E. (2013). Elimination of viruses in plants: twenty years of progress. *Spanish Journal of Agricultural Research, 11*, 173-188. doi: 10.5424/sjar/2013111- 3201.

Porteles, M., Torres, J., Rodrigues, D., & Ulacio, D. (2017). Iniciación y multiplicación in vitro de tres variedades de Musa spp. cvs.: `Cambur manzano´, `Topocho criollo´ y `Gran Enano´. *Revista Saber, 29*, 183-190.

Riveros, S. (1983). La Orinoquía colombiana. *Revista de la Academia de Ciencias Geográficas, 36*(118), 1-9.

Rodríguez, G., Becerra, J., Betancourt, M., Miranda, T., Alzate, S., Pisco, Y., & Sandoval, H. (2018). *Modelo productivo para la producción de plátano en los Llanos Orientales*. Mosquera: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). (216 p)

Sandoval, J., Brenes, G., & Pérez, L. (1991). *Micropropagación de plátano y banano en el CATIE* (pp. 186). Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).

Singh, H., Selvarajan, R., Urna, S., & Karihaloo, J. (2011). *Micropropagation for production of quality banana planting material in Asia-Pacific*. New Delhi, India: Asia-Pacific Consortium on Agricultural Biotechnology (APCoAB).

Soto, M. (2008a). Capítulo 2. Descripción botánica. En M. Soto (Ed.), *Bananos: técnicas de producción, poscosecha y comercialización* (pp. 450-464). San José de Costa Rica: Litografía e imprenta LIL.

Soto, M. (2008b). Capítulo 7. Siembra y operaciones del cultivo. En M. Soto (Ed.), *Bananos: técnicas de producción, poscosecha y comercialización* (pp. 450-464). San José de Costa Rica: Litografía e imprenta LIL.

Viloria, J. (2009). Geografía económica de la Orinoquía. *Documentos de trabajo sobre economía regional, 113,* 1-97. Recuperado de http://www.banrep.gov.co/sites/default/files/publicaciones/archivos/DTSER-113.pdf.

www.siembra.gov.co

# siembra

El campo es de todos

Minagricultura