

Manual técnico para la producción de semilla de cacao en vivero para los Santanderes y Boyacá

**Genaro Andrés Agudelo Castañeda
Dubert Yamil Cañar Serna
Miguel Angel Pabón Morales
Manuel Bello Gáfaro
John Fredy Hernández Nopsa**

AGROSAVIA
EDITORIAL

Colección Transformación del Agro

Manual técnico para la producción de semilla de cacao en vivero para los Santanderes y Boyacá

Genaro Andrés Agudelo Castañeda
Dubert Yamil Cañar Serna
Miguel Angel Pabón Morales
Manuel Bello Gáfaró
John Fredy Hernández Nopsa

Mosquera, Colombia, 2021

AGROSAVIA
EDITORIAL

Colección Transformación del Agro

Manual técnico para la producción de semilla de cacao en vivero para los Santanderes y Boyacá / Genaro Andrés Agudelo Castañeda [y otros cuatro]. -- Mosquera (Colombia) : AGROSAVIA, 2021.

88 páginas (Colección Transformación del Agro)

Incluye fotos y tablas

ISBN E-book: 978-958-740-458-6

1. *Theobroma cacao* 2. Propagación vegetativa 3. Producción de semillas 4. Injerto 5. Sanidad vegetal 6. Viveros 7. Boyacá (Colombia) 8. Santander (Colombia) 9. Norte de Santander (Colombia). I. Agudelo Castañeda, Genaro Andrés II. Cañar Serna, Dubert Yamil III. Pabón Morales, Miguel Angel IV. Bello Gáfaro, Manuel V. Hernández Nopsa, John Fredy.

Palabras clave normalizadas según Tesauro Multilingüe de Agricultura Agropecuaria

Catalogación en la publicación – Biblioteca Agropecuaria de Colombia

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA)

Sede Central. Kilómetro 14 vía Mosquera-Bogotá, Mosquera, Cundinamarca. Código postal: 250047, Colombia.

Centro de Investigación La Suiza. Kilómetro 32 vía al mar, vereda Galápagos, Rionegro, Santander. Código postal: 054040, Colombia.

Centro de Investigación Palmira. Diagonal a la intersección de la carrera 36A con calle 23. Código postal: 763533, Colombia.

Esta publicación es resultado del macroproyecto de Corpoi-ca (ahora AGROSAVIA) “Programa Nacional Semillas: producción de semillas de calidad de variedades mejoradas y materiales regionales, para disponibilidad de los pequeños productores agrícolas”.

Colección: Transformación del Agro

Fecha de recepción: 8 de agosto de 2020

Fecha de evaluación: 7 de septiembre de 2020

Fecha de aceptación: 9 de octubre de 2020

Publicado: febrero 2021

Primera edición: 200 ejemplares

Impreso en Bogotá, Colombia, febrero de 2021

Printed in Bogotá, Colombia

Preparación editorial

Editorial AGROSAVIA

editorial@agrosavia.co

Edición: Diego Pérez Medina

Corrección de estilo: Alejandro Merlano Aramburo

Diagramación: Javier Barbosa

Fotografía de cubierta: John Fredy Hernández Nopsa

Citación sugerida: Agudelo Castañeda, G. A., Cañar Serna, D. Y., Pabón Morales, M. A., Bello Gáfaro, M., & Hernández Nopsa, J. F. (2021). *Manual técnico para la producción de semilla de cacao en vivero para los Santanderes y Boyacá*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). <https://doi.org/10.21930/agrosavia.manual.7404586>

Cláusula de responsabilidad: AGROSAVIA no es responsable de las opiniones y de la información recogidas en el presente texto. Los autores asumen de manera exclusiva y plena toda responsabilidad sobre su contenido, ya sea este propio o de terceros, declarando en este último supuesto que cuentan con la debida autorización de terceros para su publicación. Igualmente, expresan 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 vulneren como resultado de su contribución.

Línea de atención al cliente: 018000121515

atencionalcliente@agrosavia.co

www.agrosavia.co



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

Contenido

Los autores	11
Agradecimientos	13
Presentación	15

Capítulo I

Características generales del cultivo de cacao	21
Generalidades de la especie	21
¿Qué es la semilla o material de propagación de cacao?	22
Variedades de cacao AGROSAVIA	23
Compatibilidad del material vegetal	25

Capítulo II

Recomendaciones previas para la producción de semilla o material de propagación	29
Procedencia del sustrato y de los insumos para su preparación	29
Procedencia del material vegetal	30
Selección de patrones	30
Materiales para copas productivas	31

Capítulo III

Obtención de patrones y varetas portayemas	33
Selección, extracción y siembra de la semilla para patronaje	33
Preparación del sustrato y embolsado	34
Manejo agronómico de los patrones	35
Obtención y preparación de las varetas portayemas	37
Preparación del patrón para injertación	39

Capítulo IV

Métodos de injertación en vivero	41
Método de injertación de parche	41
Método de injertación de yema terminal o púa	43

Capítulo V

Manejo de las plántulas injertadas	45
Aplicaciones preventivas	45
Trasplante del material injertado a campo	47

Capítulo VI

Esquema de aseguramiento sanitario (EAS) para plagas y patógenos	51
La semilla de calidad, su producción y la complejidad	52
Los esquemas de aseguramiento sanitario y la producción de semilla de cacao	56
Clasificación taxonómica de las plagas y patógenos económicamente importantes en cacao	61
Discusiones finales y conclusiones	63
Referencias	67
Anexo. Cuestionario “Selección del lote y establecimiento de producción de semilla”	79
Glosario	85

Lista de figuras

Figura 1.	Semilla asexual de cacao y sus componentes	23
Figura 2.	Materiales genéticos de cacao liberados por AGROSAVIA para la Montaña Santandereana y el Magdalena Medio	25
Figura 3.	Selección, extracción y siembra de la semilla para patronaje	35
Figura 4.	Patrones de cacao IMC 67 entre 30 y 40 días después de la siembra	36
Figura 5.	Varetas portayemas procedentes de huertos básicos aptas para la injertación	38
Figura 6.	Proceso de injertación en vivero con el método de parche	42
Figura 7.	Proceso de injertación en vivero con el método de yema terminal o púa	43
Figura 8.	Corte final del patrón y cicatrización de la planta injertada con el método de parche	47
Figura 9.	Plantas de cacao con y sin deformación radical	48
Figura 10.	Esquema de aseguramiento sanitario (EAS) para la producción de semilla de cacao	58

Tablas

Tabla 1.	Principales características productivas de los materiales genéticos con registro ICA para la Montaña Santandereana y el Magdalena Medio	24
Tabla 2.	Autocompatibilidad de los clones de cacao obtenidos por AGROSAVIA	26
Tabla 3.	Plagas y patógenos (PP) económicamente importantes durante el proceso de producción de semilla de cacao en Colombia	59
Tabla 4.	Estructura del esquema de aseguramiento sanitario (EAS) y sus seis componentes	64





Los autores

Genaro Andrés Agudelo Castañeda

gagudelo@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0469-1406>

Ingeniero agrónomo, máster en Fisiología Vegetal con énfasis en Ecofisiología, de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, sede Tunja. Posee experiencia en la evaluación y selección de materiales genéticos de cacao adaptados a diferentes ambientes, en modelos agroforestales asociados a cacao con maderas finas tropicales; en manejo productivo del cultivo de cacao bajo sistemas agroforestales, y en manejo de viveros y producción de material vegetal de siembra para el establecimiento de nuevos cultivos. Actualmente se desempeña como investigador máster vinculado a la Red de Cacao, y al Centro de Investigación La Suiza de AGROSAVIA, en Rionegro, Santander.

Dubert Yamil Cañar Serna

dcanar@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8357-1401>

Ingeniero agroindustrial con maestría en Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira. Tiene experiencia en la aplicación de conceptos técnicos y tecnológicos en la transformación industrial de materias primas y aprovechamiento de subproductos del sector agroindustrial; así como en el manejo y uso de herramientas para análisis moleculares, palinológicos y citogenéticos dirigidos a la investigación sostenible de los recursos genéticos. También se desempeña en el diseño y establecimiento de herramientas virtuales de divulgación agropecuaria destinadas a asistentes técnicos y productores con base en la sistematización de experiencias, y en la implementación de herramientas asociadas a la trazabilidad para la producción de semilla o material de propagación. Actualmente es investigador máster adscrito a la Red de Cultivos Transitorios y Agroindustriales en AGROSAVIA, Centro de Investigación Palmira.

Miguel Angel Pabón Morales

mpabon@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5919-3394>

Ingeniero agrónomo de la Universidad de Pamplona, con especialización en Evaluación y Gerencia de Proyectos de la Universidad Industrial de Santander. Cuenta con

experiencia en estudios de los ciclos de floración, viabilidad y morfología polínica de genotipos de cacao; modelos de adaptación y prevención agroclimática, enfocados al sistema productivo de cacao; ejecución del Plan Nacional Semilla para la producción de semillas de calidad de variedades mejoradas y materiales regionales de cacao y frijol; manejo productivo de cafés especiales; evaluación de especies arbustivas y arbóreas para usos múltiples en diferentes agroecosistemas de Colombia, y evaluación de nuevos materiales de siembra, uso de diversidad genética y propagación de genotipos de arracacha. Actualmente es profesional de apoyo a la investigación, vinculado a la Red de Cacao del Centro de Investigación La Suiza de AGROSAVIA, en Rionegro, Santander.

Manuel Bello Gáfaro

mbello@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6211-0497>

Técnico profesional intermedio en Producción Agropecuaria del Instituto Superior de Educación Rural (ISER), de Pamplona, Norte de Santander. Cuenta con amplia experiencia en el manejo de sistemas silvopastoriles, manejo integral del cultivo del cacao con énfasis en rehabilitación de cacaotales improductivos, manejo de viveros y producción de material vegetal de siembra para el establecimiento de nuevos cultivos. Actualmente es asistente de investigación vinculado a la Red de Cacao en el Centro de Investigación La Suiza de AGROSAVIA, en Rionegro, Santander.

John Fredy Hernández Nopsa

jhernandezn@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-4813-2104>

Doctor en Agronomía, especializado en Epidemiología de University of Nebraska-Lincoln. Máster en Fitopatología y biólogo de la Universidad Nacional de Colombia. Se desempeñó como investigador en el Servicio de Investigación Agrícola, del Departamento de Agricultura de EE. UU., así como en los departamentos de fitopatología de Kansas State University, University of Florida, y el Emerging Pathogens Institute, en ese mismo país. Posee experiencia en epidemiología vegetal, modelos de redes aplicados a sistemas agrícolas, enfermedades en sistemas de semillas, granos almacenados, cereales y semilla de papa. Igualmente en *Fusarium graminearum* en trigo y *F. oxysporum* en clavel. Ha publicado artículos y capítulos de libros, y es revisor y editor en revistas nacionales e internacionales. Se vinculó desde noviembre de 2016 a AGROSAVIA, en donde trabaja actualmente en el Departamento de Semillas.

Agradecimientos

Los autores expresamos nuestro agradecimiento a la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA) por el financiamiento, a través del macroproyecto “Programa Nacional Semillas: producción de semillas de calidad de variedades mejoradas y materiales regionales, para disponibilidad de los pequeños productores agrícolas”, que generó las bases para el desarrollo de este manual.

También agradecemos a cada uno de los profesionales que desde diferentes áreas y centros de investigación de la Corporación, colaboraron en el cumplimiento de la meta denominada “Modelo para la producción de semillas de calidad, que permitió el desarrollo del procedimiento operativo estándar de producción masiva de plantas clonadas de cacao (*Theobroma cacao* L.) en vivero mediante métodos de injertación en parche y/o yema terminal”, que fue la base para la elaboración del presente manual.

Igualmente, agradecemos a las organizaciones de productores de cacao asociadas al proyecto en los departamentos de Santander, Norte de Santander y Boyacá, que se vincularon al Programa Nacional Semillas para consolidarse como productoras de semilla de calidad a nivel local y regional, a través del establecimiento de huertos básicos para la producción de semillas y varetas portayemas, que serán la base para el uso y la promoción del recurso genético en las diferentes regiones de impacto del proyecto.



Presentación

La Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA) pone a disposición del lector el *Manual técnico para la producción de semilla de cacao en vivero para los Santanderes y Boyacá*, donde recopilamos las recomendaciones técnicas para la producción de plantas injertadas de cacao en vivero. Dirigimos este documento a productores, organizaciones de productores, asistentes técnicos, profesionales del agro, viveristas, investigadores y demás actores de la cadena dedicados a la producción de plantas de cacao para el establecimiento de nuevos cultivos o para resiembra de material en áreas existentes.

Este manual, además, brinda conocimientos técnicos para el buen desarrollo de las prácticas inherentes a cada etapa de la producción de semilla y proporciona un esquema de identificación y manejo de los principales problemas de plagas y patógenos (PP) que afectan la producción de semilla de cacao (sexual y asexual), así como de plantas en vivero, cumpliendo con la normatividad vigente. Presentamos esta información de manera sencilla en un esquema de aseguramiento de calidad sanitaria (EAS), en el cual se incluyen las fases de desarrollo de la producción de semilla y las PP que tienen un mayor impacto en cada una de estas, para así identificar los tiempos ideales para monitorear y muestrear dichas plagas en todo el proceso de producción y ser más eficientes en el uso de recursos económicos, ambientales y humanos para prevenir, identificar y manejar los problemas sanitarios que se puedan presentar en la producción de semilla y plantas de cacao en vivero. Asimismo, permite que los productores que adquieran semilla y plantas como material de siembra puedan verificar su calidad y den cumplimiento a las buenas prácticas en la producción de plantas injertadas en vivero.

Esperamos que el lenguaje utilizado en el manual sea sencillo y agradable, lo cual ayudará al lector a comprender las principales prácticas empleadas en la propagación de plantas de cacao de calidad en vivero como material de siembra. Nos esforzamos para que la claridad y sencillez de los mensajes proporcionados en este manual no simplifiquen sus contenidos ni su base científica y técnica; por el contrario, buscamos que el mensaje fuera práctico y útil para la producción y el acondicionamiento del material de siembra de calidad, en cumplimiento de la normatividad vigente en el país.

Cabe destacar que este documento es resultado de la experiencia y de procesos de investigación realizados por investigadores de AGROSAVIA en conjunto con instituciones del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología Agroindustrial (SNCTA) pertenecientes al sector cacaotero colombiano. Con esto, esperamos consolidar y fortalecer los núcleos de productores de semilla de calidad de cacao —tanto de patrones como de copas productivas— con materiales universales y regionales adaptados a las condiciones climáticas de los departamentos de Boyacá, Santander y Norte de Santander. Todo esto, a partir de un grupo inicial de plántulas pertenecientes a materiales con registro del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) para estas zonas agroecológicas.

Como autores, esperamos que el presente manual sea un material de consulta para todos los actores de la cadena del cacao relacionados con la producción de semilla, en especial de plantas injertadas, para las condiciones agroecológicas de los departamentos mencionados, así como para zonas agroecológicas equivalentes. De esta forma, buscamos aportarles herramientas a los productores que tienen en la agricultura un medio sostenible de subsistencia, e igualmente esperamos contribuir para el mejoramiento de las condiciones de vida de la población rural y el desarrollo local.

Objetivo

El manual tiene como propósito orientar a las organizaciones de productores de semilla, asistentes técnicos, investigadores y extensionistas rurales en el proceso de producción de semilla de calidad de cacao (*Theobroma cacao* L.) del tipo “plantas injertadas en vivero”. Con esto, esperamos que los interesados tengan una guía para producir y disponer de plantas injertadas de calidad como material de siembra, siguiendo las directrices dadas por la normatividad vigente, con el fin último de mejorar o renovar las unidades agrícolas de la región.

Alcance

El presente manual se realizó en el marco del macroproyecto Programa Nacional Semillas, con investigadores de la Red de Innovación de Cacao y su equipo coordinador. Esta obra recopila y actualiza las recomendaciones y prácticas necesarias para la producción masiva de plantas de cacao injertadas —semilla— en los departamentos de Boyacá, Santander y Norte de Santander. Se describen los procesos de: 1) producción de plantas de calidad de cacao injertadas a partir de huertos básicos para la producción de semilla sexual, 2) obtención de varetas portayemas, 3) extracción y lavado de semilla, 4) germinación, 5) preparación de sustratos, 6) manejo de vivero, 7) injertación, 8) labores posinjertación y 9) identificación y manejo de las principales plagas y enfermedades limitantes en el proceso de producción de plantas de cacao.

La metodología utilizada para la producción de plantas de cacao a partir de semilla sexual como portainjerto, para su posterior injertación en vivero utilizando copas productivas adaptadas a las diferentes condiciones agroecológicas, ha sido construida con base en los manuales técnicos de AGROSAVIA *Producción masiva de materiales clonales de cacao* (*Theobroma cacao L.*) (Palencia C. & Mejía F., 2003) e *Injertación temprana en la producción masiva de clones de cacao* (Palencia C. & Mejía F., 2004). A propósito, este último manual fue ajustado en 2009 en el documento *Nuevas tecnologías para instalar viveros y producir clones de cacao* (*Theobroma cacao L.*) (Palencia C. et al., 2009), realizado por investigadores y asistentes técnicos de investigación de AGROSAVIA, para las condiciones de la Montaña Santandereana, en el área de influencia del Centro de Investigación La Suiza.

Recomendaciones para el buen uso del manual

Para comprender y utilizar el presente manual de forma correcta se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones y recomendaciones:

- Este manual es un documento de referencia para los productores de semilla o plantas injertadas de cacao en vivero en las condiciones de los municipios cacao-teros de los departamentos de Boyacá, Santander y Norte de Santander, así como para zonas con condiciones agroecológicas similares. Aquí presentamos los procedimientos para la producción masiva de plantas de cacao injertadas en cada una de sus etapas, las cuales van desde la obtención de semilla sexual y varetas portayemas hasta el establecimiento en campo del material vegetal.

- Este documento cuenta con seis capítulos, cada uno de los cuales cubre un área temática específica relacionada con las demás. El manual es una guía para el productor de semillas que puede ser ajustada con base en la experiencia y de acuerdo con las condiciones de cada zona, por lo que es necesario, en lo posible, que los cambios realizados en el procedimiento sean reportados a AGROSAVIA con el fin de hacer ajustes en versiones futuras.
- El anexo es una ayuda para determinar, de manera lógica y simplificada, el proceso de selección del lote para la siembra de plantas de cacao injertadas. Además, presentamos un esquema de las principales PP limitantes en cada una de las etapas de producción de semilla.





Capítulo I

Características generales del cultivo de cacao

El conocimiento de las características de la planta de cacao —así como de algunas de sus variedades— es fundamental para entender el proceso de producción de semilla de esta especie, que debe considerar y atender todos los principios y componentes de calidad requeridos para lograr un buen producto final, es decir, una semilla con calidad. De manera sucinta presentamos en este capítulo algunas de las características más importantes de este cultivo, su origen, su polinización y el concepto de *semilla*.

Generalidades de la especie

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es una planta de la familia Malvaceae, perteneciente al orden Malvales (Alverson et al., 1999). Se encuentra de manera natural en la Amazonía, zona considerada como centro de origen del cacao criollo y forastero, el cual ha sido cultivado en diversas zonas tropicales del mundo (Cuatrecasas, 1964; Motamayor & Lanaud, 2002). *Theobroma cacao* ha sido clasificado en tres grandes grupos denominados criollo, forastero y trinitario, y este último grupo es un híbrido procedente de cruces

naturales y controlados entre los dos primeros. En los tres grupos se encuentran las características genéticas y morfológicas y el origen geográfico de la especie (Bartley, 2005). Posteriormente, en el desarrollo de otros estudios, se han identificado diez agrupaciones genéticas morfológicamente variables (Motamayor et al., 2008).

¿Qué es la semilla o material de propagación de cacao?

La semilla —o material de propagación— de cacao es la unidad básica de propagación de esta planta. Las Normas Internacionales para Medidas Fitosanitarias (NIMF 5) definen la semilla como un material para plantar (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2019). Nuestra organización nacional de protección fitosanitaria (ONPF), el ICA, establece en la Resolución 3168 de 2015 que la semilla es “el óvulo fecundado y maduro o cualquier otra parte vegetativa de la planta de un cultivar obtenido por el mejoramiento genético como consecuencia de la aplicación de conocimientos científicos que se use para la siembra y/o propagación”. En resumen, cualquier unidad que permita la reproducción de las plantas se considera semilla en el sentido amplio de la definición, la cual puede abarcar semilla sexual (proveniente de un óvulo fecundado) o asexual (vegetativa), esta última claramente definida en la Resolución ICA 780006 de 2020.

Ahora bien, para el cultivo de cacao, la multiplicación asexual mediante métodos de injertación en vivero se realiza con el fin de conservar las características genéticas de las variedades para la instalación de un nuevo cultivo (Palencia C. & Mejía F., 2003; Ramírez Chamorro et al., 2020). Para este procedimiento, las yemas (figura 1a) que provienen de materiales genéticos con alta producción se injertan sobre plantas producidas en vivero a través de semilla sexual, las cuales son llamadas comúnmente “patrones” (figura 1b) (Palencia C. et al., 2009; Ramírez Chamorro et al., 2020).

El proceso de injertación es el método más común para multiplicar plantas de cacao en vivero, pues así se logra combinar las características de la copa y el patrón (Susilo et al., 2005). Este método de multiplicación de plantas para establecimiento en campo disminuye el periodo entre el inicio de la floración y la producción de frutos en la planta, y con el injerto en árboles adultos ya establecidos en campo se puede llegar a duplicar la producción (Kouassi et al., 2018). Aunque existen varios métodos de injertación en vivero para la multiplicación de plantas, los más empleados por los injertadores de los departamentos de Boyacá, Santander y Norte de Santander son el injerto lateral y el de púa terminal (figura 1c).



Fotos: Genaro Andrés Agudelo Castañeda y Manuel Bello Gafaro

Figura 1. Semilla asexual de cacao y sus componentes. a. Ramas portayemas; b. Patrón para la propagación asexual de material de cacao, con el cual, por medio de injertación, se obtiene una plántula injertada o semilla asexual para la siembra; c. Plántula injertada o semilla asexual para la siembra.

Variedades de cacao AGROSAVIA

El material genético de cacao, coloquialmente llamado “clon”, se ha escogido por atributos deseables de producción, tamaño del fruto, tamaño y calidad del grano, adaptación a diversas condiciones ambientales y tolerancia a las principales enfermedades limitantes del cultivo. Los clones son un grupo de plantas genéticamente uniformes que provienen de una variedad o cultivar y que son propagados vegetativamente, forma que se conoce también como “propagación asexual” (ICA, 2020). Cuando las plantas injertadas en vivero —clones— se establecen en campo bajo condiciones agroecológicas óptimas para el desarrollo del cultivo, presentan buen crecimiento, desarrollo, producción y calidad (López, 2017; Ramírez Chamorro et al., 2020).

En el establecimiento de un cultivo de cacao es importante conocer las características de las variedades que se van a implementar, como el índice de grano, el índice de mazorca y la producción anual, lo cual permite proyectar el éxito del cultivo, siempre y cuando el manejo agronómico sea el adecuado. Adicionalmente, existen otras características importantes que no deben obviarse, como la compatibilidad de las variedades, para aumentar el número de frutos. Una variedad autoincompatible se debe sembrar por surcos al lado de otra variedad que le aporte polen para su fecundación. Por otro lado, cuando se establece un cultivo en zonas bajas y húmedas, es necesario el uso de materiales genéticos con tolerancia a enfermedades (Ramírez Chamorro et al., 2020).

Entre las variedades recomendadas por AGROSAVIA para la Montaña Santandereana y el Magdalena Medio, tenemos la TCS 06 y la TCS 19, que presentan bajas pérdidas por monilia (*Moniliophthora roreri*). En la tabla 1 presentamos las características productivas más importantes de los materiales genéticos universales y nacionales con registro ICA y adaptados y recomendados para la Montaña Santandereana y el Magdalena Medio.

Tabla 1. Principales características productivas de los materiales genéticos con registro ICA para la Montaña Santandereana y el Magdalena Medio

Material genético	Color del fruto	Índice de grano	Índice de mazorca	Rendimiento (kg/árbol)	Compatibilidad
TCS 01	Rojo	3,0	10	3,3	Autocompatible
TCS 06	Rojo	2,0	12	2,0	Autoincompatible
TCS 13	Rojo-naranja	1,8	14	1,5	Autocompatible
TCS 19	Rojo-naranja	1,6	16	1,8	Autocompatible

Fuente: Equipo de investigación del Centro de Investigación La Suiza, Rionegro, Santander

Las variedades de cacao de la serie TCS de AGROSAVIA cuentan con características como la precocidad, ya que las plantas establecidas en campo inician su producción a partir de los 18 meses. Estos materiales genéticos son estables, pues su comportamiento es homogéneo en las condiciones de las subregiones naturales de la Montaña Santandereana y el Magdalena Medio. Esto es de gran importancia para los productores, pues les permite incrementar los rendimientos del cultivo (Agudelo Castañeda et al., 2017).

La coloración de los frutos, así como otras características fenotípicas de las variedades, puede variar dependiendo de la disponibilidad de luz por la ubicación de los árboles y del cultivo, la disponibilidad de agua, las propiedades del suelo, la altitud y la competencia con otras plantas alrededor (Ramírez Chamorro et al., 2020). Sin embargo, en condiciones agroclimáticas similares a las de los sitios evaluados, los frutos mantienen la coloración propia del material genético (figura 2). Otras características propias de cada material, como el índice de grano, el número de granos por mazorca y el índice de mazorca, varían de acuerdo con el clima, la disponibilidad de agua, los nutrientes minerales y la fertilización, así como por el manejo agronómico proporcionado por cada productor.



Fotos: Genaro Andrés Agudelo Castañeda y Eliana Baez Daza

Figura 2. Materiales genéticos de cacao liberados por AGROSAVIA para la Montaña Santandereana y el Magdalena Medio. a. TCS 01; b. TCS 06; c. TCS 13; d. TCS 19.

Compatibilidad del material vegetal

La polinización en cacao es cruzada, se da por medios externos y es asistida principalmente por insectos del género *Forcipomyia* sp., aunque también puede ser realizada por los agricultores manualmente. De acuerdo con cada variedad, la compatibilidad se da por la aceptación o rechazo del polen del propio material. El porcentaje de aceptación define si una variedad es autocompatible (AC) o autoincompatible (AI). De igual manera, la polinización controlada, en combinación con otros materiales genéticos, define si la variedad es intercompatible (IC) o interincompatible (II). La definición de autocompatibilidad o intercompatibilidad se determina por el número efectivo de flores polinizadas entre el mismo material o en combinación con otro (Aranzazu Hernández et al., 2008; Ramírez Chamorro et al., 2020).

Tabla 2. Autocompatibilidad de los clones de cacao obtenidos por AGROSAVIA

Madre ♀					
Padre ♂	Clon	TCS 01	TCS 06	TCS 13	TCS 19
	TCS 01	AC á	IC á	IC	II
	TCS 06	II	AI	II	IC
	TCS 13	II	IC	AC	II
	TCS 19	IC	IC á	IC	AC á

	Autocompatible		Intercompatible
á	Autocompatible > 70 %	á	Intercompatible > 70 %
	Autoincompatible		Interincompatible

Fuente: Equipo de investigación del Centro de Investigación La Suiza, Rionegro, Santander

De las variedades de cacao TCS de AGROSAVIA, tres son autocompatibles (TCS 01, TCS 13 y TCS 19) y una es autoincompatible (TCS 06). Esta última se debe establecer por surcos al lado de TCS 01 o TCS 19 para obtener los rendimientos esperados. En cuanto a TCS 13, aunque es autocompatible, tiene una eficacia de autofecundación del 35 %, por lo que, para mejorar su rendimiento, se debe establecer en surcos al lado de TCS 19. En lo que respecta a TCS 01 y TCS 19, se pueden establecer solas en franjas homogéneas o como cultivos monoclonales, ya que su nivel de eficiencia en la autofecundación es superior al 70 %.





Capítulo II

Recomendaciones previas para la producción de semilla o material de propagación

El éxito en la producción de semilla de cacao depende de varios factores, siendo uno de ellos el tipo de material que se quiera reproducir (por ejemplo, la variedad, el clon, etc.), puesto que es fundamental conocer si el material seleccionado es adecuado para las condiciones agroclimáticas de la zona donde se planea sembrar. Igualmente, es de suma importancia conocer la calidad del material, es decir, si la semilla escogida cumple con los requisitos de calidad mínimos, así como el sustrato que la acompaña. En este capítulo mencionaremos algunos tópicos que deben considerarse para lograr una producción de semilla de calidad.

Procedencia del sustrato y de los insumos para su preparación

Antes de preparar el sustrato, se debe conocer la procedencia de los insumos para su preparación, como la tierra utilizada y los acondicionadores físicos, como arena o cascarilla de arroz, con el fin de realizar análisis de suelos periódicos, principalmente

del lugar del que se haya extraído la tierra para el vivero. Este análisis debe incluir estudios sanitarios para identificar potenciales problemas de plagas y patógenos (PP) como nematodos, insectos, bacterias u hongos. Adicionalmente, estos análisis permiten identificar posibles problemas físicos y químicos que se pueden corregir en la preparación mediante la aplicación de enmiendas, correctivos, fertilizantes y acondicionadores físicos, con el fin de obtener un buen sustrato, en el cual la planta se desarrolle normalmente durante su estadía en vivero. En resumen, los análisis del suelo dan al productor luces sobre los problemas sanitarios, físicos, químicos y nutricionales que el sustrato podría presentar y permiten conocer las soluciones preventivas o correctivas adecuadas y a tiempo.

Procedencia del material vegetal

Para la producción de patrones o yemas de cacao, recomendamos el uso de materiales provenientes de huertos básicos registrados ante el ICA (2020) y que estén en condiciones deseables de calidad; es decir, se debe tener conocimiento sobre las características de tolerancia y comportamiento ante factores bióticos y abióticos, como plagas, patógenos, clima, etc.

Selección de patrones

La selección del material genético para la producción de patrones depende de la disponibilidad de los genotipos existentes en los huertos básicos con registro ICA en las zonas cercanas a la ubicación del vivero. Es de anotar que estos materiales genéticos han sido estudiados e investigados con el fin de identificar plantas con tolerancia a enfermedades, tolerancia al aluminio y con buen anclaje radical (Palencia C. et al., 2007). A continuación, presentamos algunas características de los materiales genéticos usados para la producción de patrones:

- IMC 67: tolerante a la incidencia de patógenos radicales (*Ceratocystis* sp.); tolerante a propiedades químicas adversas del suelo, como acidez y presencia de aluminio; alta eficiencia en el uso del agua, y alta compatibilidad en el proceso de injertación con la mayoría de los materiales utilizados como copas.
- PA 46: tolerante a patógenos que afectan la raíz (*Ceratocystis* sp.) y a algunas propiedades químicas adversas del suelo, como la acidez y la presencia de aluminio.

- PA 121: tolerante a patógenos que inciden sobre la raíz (*Ceratocystis* sp.) y a algunas propiedades químicas adversas del suelo, como la acidez y la presencia de aluminio.
- Además, se ha venido utilizando el material CAU 39, recomendado por la Federación Nacional de Cacaoteros (Fedecacao) para diferentes zonas del departamento de Santander.

Materiales para copas productivas

Los materiales recomendados para injertar dependerán de las condiciones agroclimáticas de las zonas donde se vayan a ubicar las plantaciones de cacao clonadas. Para hacer la selección del material para injertar es importante conocer el Registro Nacional de Cultivares Comerciales (RNC), disponible en la página web del ICA, con el fin de propagar genotipos de cacao evaluados y probados en las diferentes regiones y que brinden los mejores beneficios para determinada zona. Algunos genotipos con registro ICA en Colombia —o en proceso de registro— son:

- TCS 01 y TCS 06: registro ICA para la subregión de la Montaña Santandereana y en proceso de ampliación a otras regiones agroecológicas.
- TCS 13 y TCS 19: registro ICA para las subregiones de la Montaña Santandereana y el Magdalena Medio, y en proceso de ampliación de registro.
- FSA 12, FSA 13, FEAR 5, FLE 2, FLE 3, FSV 41, FSV 155, FEC 2 y FTA 2: registro ICA para las subregiones de la Montaña Santandereana y el Piedemonte Llanero.

De igual manera, en diferentes regiones se han cultivado clones de cacao universales provenientes de otros países, así como algunos regionales, los cuales se pueden propagar en las zonas cacaoteras, por su comportamiento sanitario, de acuerdo con el interés de los productores. Según los pisos altitudinales, recomendamos utilizarlos de la siguiente manera:

- ICS 95, CCN 51, TSH 812 e IMC 67: entre 0 y 500 m s. n. m.
- ICS 95, CCN 51, TSH 812, IMC 67, ICS 1, ICS 60 y TSH 565: entre 500 y 800 m s. n. m.
- ICS 95, CCN 51, TSH 812, IMC 67, SCC 61, ICS 1, ICS 39, ICS 60, TSH 565, EET 8, CAP 34 y F 302: entre 800 y 1200 m s. n. m.



Capítulo III

Obtención de patrones y varetas portayemas

Dentro del proceso de producción de semilla, la escogencia del patrón y de la copa delineará el futuro de la semilla y, de esa forma, de su cultivo y futura productividad. Se debe prestar especial atención a la obtención de patrones y varetas portayemas de cacao, así como a su manejo agronómico. Adicionalmente, la fase de preparación del sustrato y de su respectivo embolsado merece particular interés, puesto que gracias a esta labor se previenen problemas sanitarios que pueden afectar notoriamente la semilla. En este capítulo delineamos aspectos importantes de estos pasos.

Selección, extracción y siembra de la semilla para patronaje

Recomendamos seleccionar frutos o mazorcas grandes (la longitud de la mazorca debe ser mínimo de 20 cm), bien formadas (sin ningún tipo de afectación física), libres de hongos y en estado óptimo de madurez fisiológica, es decir, a los 150-180 días de formación del fruto, dependiendo de las condiciones climáticas. Para determinar la madurez de la mazorca, se tienen en cuenta indicadores como el color (tonalidades desde verde hasta amarillo intenso) y la dureza de la corteza (figura 3a).

Una vez cosechado el fruto maduro, se realiza la extracción del grano en las siguientes 24 horas para evitar el desdoblamiento de los azúcares del mucílago y la germinación interna (figura 3b). Luego, se lava el grano con agua limpia —de fuente natural, en lo posible no tratada—, y es necesario repetir el lavado hasta eliminar completamente el mucílago. Posteriormente, se ponen las semillas en un medio húmedo (preferiblemente sobre papel o aserrín blanco libre de taninos) para favorecer la germinación o aparición de la radícula; este procedimiento puede durar máximo tres días (figura 3c). A continuación, se siembran las semillas en el sustrato preparado previamente, introduciendo tres cuartas partes de semilla y teniendo como referencia el punto de aparición de la radícula, cuya longitud no debe ser mayor de 3 mm (figura 3d). En cuanto a la infraestructura para el lavado y germinado de las semillas, se requiere de un tanque con agua disponible y un área oscura y fresca a una temperatura entre los 20 y 30 °C, donde se ubican los recipientes con papel o aserrín.

Preparación del sustrato y embolsado

La tierra para la preparación del sustrato debe someterse a una desinfección como medida preventiva; el método más usado y económico para esta labor es la solarización con volteos diarios durante ocho días, mínimo, para eliminar semillas de malezas y patógenos presentes en el suelo. La relación ideal en la preparación del sustrato es de 3:1:1, es decir, un 60 % de tierra, un 20 % de arena, cascarilla de arroz o un acondicionador físico y un 20 % de materia orgánica (preferiblemente un lombricompuesto con registro ICA, para asegurar que esté libre de patógenos). Sugerimos adicionar un correctivo o enmienda, como cal dolomita, cuando el pH del suelo utilizado esté por debajo de 5,5. Además, recomendamos medir el pH periódicamente con un pH-metro o con tiras de papel indicador de pH. Igualmente, recomendamos hacer un análisis completo del suelo del que se extrae la tierra que se empleará en la mezcla al menos una vez al año.

Una vez preparado el sustrato, se pasa por un tamiz con perforaciones de 0,5 cm para extraer partículas rocosas o extrañas que impidan el llenado de las bolsas, y sugerimos desinfectar el sustrato en el contenedor con una solución de oxiclورو de cobre — $\text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl}$ — en dosis de 15 g/L de agua, humedeciendo el sustrato con la solución hasta llegar a capacidad de campo.

El embolsado se hace en bolsas de polipropileno calibre 2,5 con dimensiones de 30 cm de largo por 15 cm de ancho, con fuelle y perforadas en la parte inferior. Esta bolsa es la recomendada para obtener un desarrollo óptimo del sistema radical durante el



Fotos: Genaro Andrés Agudelo Castañeda y Manuel Bello Gafaro

Figura 3. Selección, extracción y siembra de la semilla para patronaje. a. Mazorcas ideales para la obtención de la semilla; b. Extracción de la semilla; c. Semillas germinadas listas para siembra en vivero; d. Siembra de la semilla.

tiempo de estadía en vivero. La bolsa se llena completamente con el sustrato, sin dejar espacios o vacíos internos. Las bolsas llenas con sustrato se disponen en hileras de máximo cuatro bolsas a lo ancho (aproximadamente 60 cm), con una longitud conveniente para un buen manejo agronómico (entre 10 y 15 m) y de acuerdo con el tamaño del vivero (figura 4). Finalmente, se siembra una semilla pregerminada en cada bolsa y se riega permanentemente, de acuerdo con las precipitaciones de cada zona, para mantener el sustrato a capacidad de campo y lograr un desarrollo normal de la nueva planta.

Manejo agronómico de los patrones

Una vez inicia el desarrollo de la nueva planta, esta desarrolla las primeras hojas verdaderas y desprende los cotiledones; este proceso dura entre 30 y 40 días después de

la siembra y germinación (figura 4). Si se presentan pérdidas de plantas por alguna causa, la resiembra se debe realizar inmediatamente con semillas pregerminadas. Además, en las primeras etapas se sugiere el uso de microorganismos benéficos, como micorrizas y *Trichoderma* sp., para estimular el crecimiento radical (Palencia C. & Mejía F., 2003).



Foto: Genaro Andrés Agudelo Castañeda

Figura 4. Patrones de cacao IMC 67 entre 30 y 40 días después de la siembra.

Durante la etapa de desarrollo de las plantas para patronaje, se debe hacer periódicamente, y de acuerdo con la presencia de patógenos (especialmente *Phytophthora* sp.), aplicaciones preventivas de fungicidas específicos de contacto y sistémicos (oxicloruro de cobre y Metalaxyl + Mancozeb), haciendo las rotaciones adecuadas de los principios activos. La preparación de los plaguicidas debe ser inspeccionada por el asistente técnico del vivero (ICA, 2020) y se deben seguir las recomendaciones del mismo en cuanto a dosis, preparación y elementos de protección personal. Estas aplicaciones se deben realizar en horas de la mañana o al final de la tarde, tomando precauciones por las corrientes de aire, y se deben utilizar boquillas en buen estado, sin ninguna alteración en las bombas y con sus respectivas cortinas; para esto, se recomienda consultar las *Guías ambientales para el subsector de plaguicidas* (Ministerio de Ambiente, Vivienda

y Desarrollo Territorial & Cámara de la Industria para la Protección de Cultivos, 2003). Adicionalmente, se deben realizar monitoreos sanitarios semanales para identificar, cuantificar y eliminar los daños por escoba de bruja (*Moniliophthora perniciosa*), *Phytophthora* sp., insectos, roedores y hormigas, entre otros, con el fin de mantener las plantas en buen estado sanitario; para esto, se deben ejecutar todas las medidas de control preventivas y curativas. Asimismo, es importante que la información de las plagas y patógenos (PP), así como del tipo de control realizado, sea consignada en el libro de campo para cuantificar el daño y la recuperación obtenida.

Los monitoreos semanales consisten en hacer recorridos por las eras y revisar las plantas afectadas, para cuantificar la incidencia del daño causado por la PP, con el fin de determinar el método de control efectivo y el momento de su aplicación. El control de malezas se realiza mensualmente de forma manual a cada individuo por cada lote o era. Si hay malezas en las calles o contornos, se pueden aplicar herbicidas (tipo glifosato) de manera dirigida, en las dosis recomendadas por la etiqueta del producto y bajo la inspección del asistente técnico del vivero.

Las plántulas se riegan generalmente dos veces al día (en las primeras horas de la mañana y las últimas de la tarde), especialmente durante la etapa de germinación y prendimiento del injerto, mediante un sistema o perímetro de riego (sugerimos la utilización de microaspersores y programadores de riego para el uso eficiente del agua). En condiciones adecuadas, se estima un tamaño ideal del patrón para injertación directa en las eras entre 45 y 60 días después de la siembra y de la semilla. El criterio de calidad del patrón para su injertación es el grosor del tallo, que debe ser de 6 mm, y este debe tener un crecimiento totalmente vertical, estar lignificado y no tener daños mecánicos. Adicionalmente, la planta debe presentar un óptimo estado sanitario, sin problemas radicales y en una bolsa en buen estado, para que resista el proceso de injertación y transporte al sitio final de siembra, con lo que se evitan las deformaciones radicales conocidas como “cuello de ganso” o “cola de marrano”, que ocasionan un lento desarrollo, defoliaciones y una mayor susceptibilidad al ataque de plagas y patógenos.

Obtención y preparación de las varetas portayemas

Se inicia considerando la oferta del material genético en la zona donde está ubicado el vivero. Posteriormente, se seleccionan las mejores plantas (o material genético) de los huertos básicos para la producción de yemas, los cuales deben estar registrados ante el ICA; debe verificarse la sanidad y productividad del cultivo, para así reducir la transmisión

de enfermedades, especialmente la escoba de bruja, causada por el hongo *M. pernicioso*. Este hongo se transmite cuando se usan yemas infectadas en el proceso de injertación, por lo que el material seleccionado debe estar completamente sano. Las ramas o varetas portayemas se pueden colectar en horas de la mañana del mismo día en que se realizará el proceso de injertación. La longitud de una rama portayemas puede oscilar entre 35 y 40 cm, y esta puede tener entre 7 y 10 yemas aptas para el proceso de injertación.

Una vez obtenida la rama portayemas, se le cortan las hojas con tijera de podar (previamente desinfectada con una solución de hipoclorito de sodio —NaClO— al 5 %), dejando una parte del pecíolo, con el fin de evitar la deshidratación. Como fuente de yemas se pueden utilizar ramas secundarias jóvenes de los árboles madre, es decir, aquellas que están ubicadas en partes del árbol no muy expuestas a la radiación solar. Las ramas portayemas deben tener un grosor similar al del patrón, es decir, de 6 mm (figura 5). Posteriormente, en la injertación, se deben descartar los dos extremos de la rama —pues incluyen el tejido menos lignificado, verdoso, y el más lignificado, oscuro—, para utilizar la parte media, de color café claro, que cuenta con yemas ligeramente brotadas y activas.

Cuando se requiere un alto número de varetas portayema, se recomienda preparar agronómicamente (con podas y fertilización) los árboles del jardín clonal tres meses antes, con el fin de disponer de material suficiente y de buena calidad.



Foto: Manuel Bello Gafaro

Figura 5. Varetas portayemas procedentes de huertos básicos aptas para la injertación.

Una vez cortadas las varetas portadoras de las yemas, se deben proteger inmediatamente de la desecación. Esto se logra envolviendo máximo 30 unidades en papel

periódico húmedo y vinipel (o una película plástica transparente); sin embargo, en caso de que sea necesario transportarlas por periodos largos de tiempo o a lugares distantes, es mejor parafinar los extremos con cera derretida y mantenerlas en un ambiente fresco. Posteriormente, se embalan en cajas de cartón de 60 cm de largo por 30 cm de ancho, sin hacerles presión, y se envían al sitio requerido. De esta manera, previendo un buen transporte, sin apilar más de tres cajas del mismo peso (10 kg, aproximadamente) y manteniéndolas en lugares frescos, con temperaturas inferiores a los 30 °C, el material vegetal se puede conservar en buen estado hasta por cuatro días.

Preparación del patrón para injertación

En el vivero, la planta que se va a utilizar como patrón debe tener una edad de entre 60 y 80 días y un diámetro de tallo de 6 mm, aproximadamente. Las ramas o varetas portayemas deben tener una edad similar al patrón, es decir, de 60-80 días desde el punto de elongación o crecimiento de la rama. Acto seguido, se corta el 80 % del follaje del patrón para facilitar la labor en el área donde se hará el injerto. Cabe mencionar que, al iniciar el proceso y cada que se tome una nueva rama para sacar yemas, se debe desinfectar la navaja con un algodón impregnado con una solución de hipoclorito de sodio (NaClO) al 5 %. Se sugiere utilizar entre cuatro y seis yemas de la parte media o subapical de la rama y realizar el injerto con los métodos de parche o de yema terminal, dependiendo de la disponibilidad de varetas y yemas.



Capítulo IV

Métodos de injertación en vivero

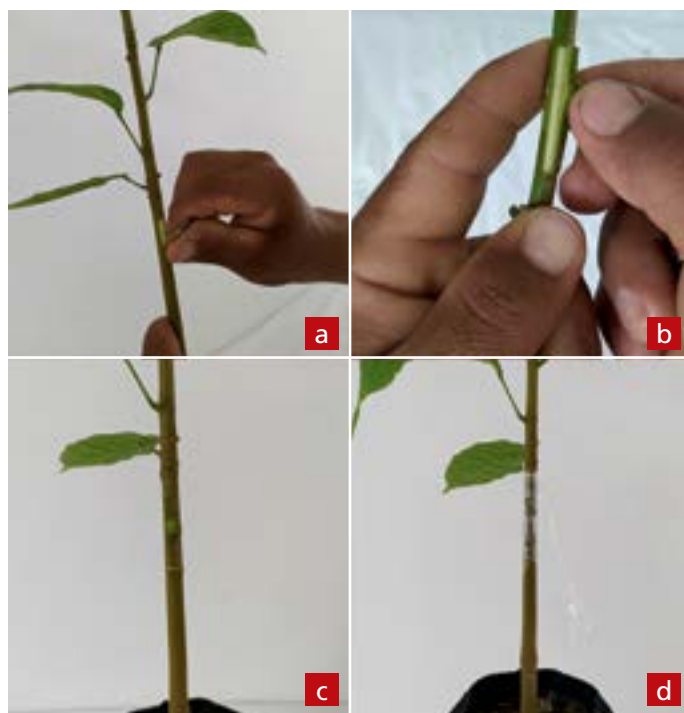
El proceso de injertación de plantas en vivero se realiza con el fin de aislar la copa productiva (clon) del suelo, para prevenir enfermedades limitantes del cultivo ocasionadas por patógenos del suelo (por ejemplo, *Phytophthora* sp. y *Ceratocystis* sp.) o por otros factores adversos, como la acidez del suelo (Palencia C. et al., 2007). Además, la propagación asexual es indispensable para mantener las características genéticas de los materiales que se utilizan como copas de alta productividad. Inicialmente, se desarrollan portainjertos o patronajes que presenten tolerancia a estas limitantes, los cuales son injertados con materiales genéticos productivos. Existen varios métodos de injertación en vivero, y su finalidad es obtener plantas (semillas) de buena calidad genética, física, fisiológica y sanitaria, que brinden buen anclaje en el suelo, tolerancia a enfermedades radicales y alta productividad y longevidad del cultivo (Palencia C. & Mejía F., 2003).

Método de injertación de parche

Este método consiste en hacer dos incisiones verticales paralelas, de 2 a 3 cm de longitud y separadas por 0,5 cm entre sí, encima de la huella de los cotiledones del

patrón (con el fin de evitar que, por confusión, una vez realizado el injerto, se elimine el brote originado de la yema). Posteriormente, se hace otra incisión transversal que una la parte superior de los primeros cortes (de manera que estos formen una n, como en la figura 6a), o, si se prefiere, que una la parte inferior (en cuyo caso los cortes forman una u); este procedimiento crea una ventana en la cual debe insertarse la yema extraída de la vareta portayemas. Para esto, a la vareta portayemas, alrededor de la yema escogida, se le realizan incisiones verticales y horizontales que formen el parche, que debe ser de un tamaño similar al de la ventana realizada en el patrón (figura 6b).

A continuación, la yema extraída de la vareta portayemas se ubica en el espacio que dejó la ventana, esta se termina de cortar (figura 6c) y, finalmente, se envuelve el parche totalmente con una cinta flexible (polietileno transparente calibre 0,5 o 1,0 y aproximadamente de 20 cm de largo por 2,5 cm de ancho). El amarre del injerto debe ser firme y se debe realizar desde la parte inferior hasta la superior (figura 6d). Entre 10 y 12 días después de haber realizado el injerto, se retira el plástico, se descarta el material inviable y se identifica cada era o cama con una plaqueta en la que se consigna el nombre del patrón, el clon y la fecha de la injertación.



Fotos: Genaro Andrés Agudelo Castañeda

Figura 6. Proceso de injertación en vivero con el método de parche. a. Incisiones verticales paralelas e incisión transversal en el patrón (forman una n); b. Extracción del parche con la yema de la vareta portayemas; c. Ubicación del parche con la yema en el espacio dejado por la ventana en el patrón; d. Amarre del injerto.

Método de injertación de yema terminal o púa

Para este método de injertación se utiliza el mismo tipo de planta producido para patronaje, y la vareta debe tener mínimo un par de yemas axilares y puede conservar la parte apical. El patrón es cortado completamente a unos 20 cm de altura (desde el cuello de la raíz), y en la parte superior del tallo restante, en el centro, se realiza un corte vertical de 2 cm de profundidad que lo divide en dos (figura 7a). Para preparar la vareta portayemas, se le realizan dos cortes en la parte basal, de tal manera que quede en forma de pala o cuña (figura 7b). Posteriormente, se inserta la vareta en la incisión del patrón (figura 7c) y se amarra fuertemente con cinta plástica desde la parte inferior hasta la superior (figura 7d). La parte alta de la planta, que contiene el injerto, se cubre con una bolsa de polietileno transparente (figura 7e) para que este conserve la humedad necesaria y, así evitar la deshidratación. Luego de 10-15 días se quita la bolsa que recubre el injerto, que ya debe tener rebrotes y estar listo para iniciar el manejo agronómico en vivero hasta la entrega final.



Fotos: Genaro Andrés Agudelo Castañeda y Edinson Fabian Boada

Figura 7. Proceso de injertación en vivero con el método de yema terminal o púa. a. Corte vertical realizado al patrón; b. Vareta con yemas lista para injertar; c. Inserción de la vareta en el corte del patrón; d. Amarre del injerto; e. Cubierta temporal del injerto.



0556

Capítulo V

Manejo de las plántulas injertadas

El cuidado de la planta una vez finalizada la injertación, así como durante los días siguientes, marcará el éxito de la semilla y de su calidad. Es por esto que el manejo agronómico y sanitario, además del cuidado y control de las condiciones ambientales, es fundamental en esta fase. Al obtener exitosamente plantas injertadas, se deben tomar todas las precauciones necesarias para el trasplante, ya que de este depende la formación del árbol de cacao y su producción y calidad futuras. A continuación, presentamos algunos detalles que el productor de semilla de cacao debe tener presentes y ejecutar de la mejor manera en esta fase.

Aplicaciones preventivas

Una estrategia para el control de plagas y patógenos (PP) es el monitoreo constante, con el objetivo de aplicar adecuadamente y en el momento justo los controles necesarios. Se deben hacer rondas sanitarias una vez a la semana, para identificar los problemas sanitarios, y retirar y ubicar las plantas afectadas en un sitio aislado para realizarles un tratamiento correctivo; si los síntomas persisten, se debe destruir el material afectado.

Luego de 15 días desde la injertación, de acuerdo con la presencia de patógenos (especialmente *Phytophthora* sp.) sugerimos realizar aplicaciones preventivas de fungicidas específicos de contacto y sistémicos (oxicloruro de cobre y Metalaxyl + Mancozeb) en las dosis recomendadas por un asistente técnico, inspeccionadas por el asistente técnico del vivero y según la etiqueta del producto.

El control de malezas es fundamental en este proceso: se debe hacer manualmente, desyerbando cada planta de forma individual una vez al mes y de acuerdo con su desarrollo. En cuanto a la fertilización, las tareas de identificación de síntomas, administración de dosis y aplicación del fertilizante para nutrir y disminuir la pérdida de plantas por intoxicación deben ser inspeccionadas por un asistente técnico. Teniendo en cuenta esto, se puede fertilizar cuando las plantas presentan deficiencias nutricionales en estado de patronaje, después de 30 días desde la siembra y hasta 15 días antes de la injertación, cuando la planta tiene entre 60 y 80 días de desarrollo. Treinta días después de realizar el injerto, se recomienda fertilizar, así como 8 días antes de la entrega final, cuando la planta tiene entre 180 y 210 días de desarrollo en vivero. Las deficiencias nutricionales se manifiestan por medio de clorosis foliar y deformaciones en los bordes de la hoja, principalmente.

A medida que el injerto se desarrolla, y hasta cuando haya alcanzado un crecimiento superior a los 20 cm y sus folíolos estén endurecidos, se deben eliminar paulatinamente las hojas que se dejaron del patrón. Esto ocurre aproximadamente 60 días después de la injertación, cuando se debe cortar el resto de copa del patrón 5 cm por encima del injerto (si el injerto es tipo parche); para esto, se realiza un corte en bisel y luego se aplica cicatrizante para evitar la entrada de PP como hormigas y hongos (figura 8).

Todos los materiales deben ser identificados con el nombre del patrón y la copa con que se injertan, a fin de evitar mezclas, seguir su trazabilidad y facilitar su administración y entrega. Se debe llevar un control, bien sea con libros de campo o tablas de registro, de las fechas de injertación, los manejos realizados, las aplicaciones, los insumos, los plaguicidas y demás agroquímicos usados, etc., como medida de apoyo para la entrega de las plántulas de calidad. Transcurridos 3-4 meses posinjertación, los injertos alcanzan un buen desarrollo (mínimo 2 pares de hojas verdaderas y entre 20 y 40 cm de altura, de acuerdo con el método de injertación y según la altura de injertación en el tallo) y están listos para el trasplante definitivo a campo. Como mencionamos, es necesario podar la porción sobrante del patrón, en la parte superior, donde se encuentra la rama de crecimiento del injerto, aplicando pasta cicatrizante



Foto: Manuel Bello Gafaro

Figura 8. Corte final del patrón y cicatrización de la planta injertada con el método de parche.

para facilitar este proceso, particularmente cuando se emplea injertación de parche. Cuando se emplea el método de injertación de yema terminal o púa, se deben eliminar las hojas bajas del patrón y retirar el plástico que mantiene unidos los tejidos entre el patrón y el injerto mínimo 20 días antes de la disposición final.

Trasplante del material injertado a campo

Para trasplantar, la bolsa plástica de color negro que contiene el sustrato preparado debe estar sin imperfecciones o rasgaduras, la planta de cacao injertada debe tener mínimo 2 pares de hojas verdaderas y el tiempo de desarrollo en el vivero no debe ser mayor de 7 meses, incluyendo el tiempo de obtención del patrón. Asimismo, las plantas no deben tener deformaciones radicales —las llamadas coloquialmente “cuello de ganso” o “cola de marrano” (figuras 9a y b)—, deben presentar un excelente estado de desarrollo con hojas de color verde mate intenso, deben estar libres de enfermedades o plagas y su tallo debe ser erecto y lignificado (figura 9c). Adicionalmente, los materiales deben estar debidamente identificados con las respectivas fechas de siembra e injertación.



Fotos: Genaro Andrés Agudelo Castañeda
y Manuel Bello Gafaro

Figura 9. Plantas de cacao con y sin deformación radical. a. y b. Plantas con “cuello de ganso” o “cola de marrano”; c. Plantas sin deformaciones e ideales para su trasplante.

Las plantas injertadas (clones) listas para llevar a campo deben estar completamente adheridas al patrón, y las hojas de este deben ser eliminadas a partir del injerto. Además, las plantas no deben tener residuos de cinta transparente de injertación (se elimina 10 días después de la injertación, cuando el injerto es de parche, y 60 días después de la injertación, cuando es de yema terminal) ni heridas, salvo las del corte para suprimir el tallo del patrón y las ramas laterales, que en ese momento ya deben estar cicatrizadas.





Capítulo VI

Esquema de aseguramiento sanitario (EAS) para plagas y patógenos

Ante la necesidad de controlar eficientemente y a tiempo las plagas y patógenos (PP) que afectan la producción de semilla de cacao, una alternativa es el uso óptimo y combinado de todas las estrategias de manejo de PP existentes. De esta manera, el productor de semilla incrementa las posibilidades de éxito frente a las plagas, al implementar diferentes estrategias de prevención (que evitan y anticipan la presencia de PP) y control (con prácticas combinadas de tipo biológico, cultural, químico, etc.). Al usar racionalmente distintas estrategias, el productor de semilla alcanzará múltiples beneficios, como una semilla que mantiene y mejora su calidad, menores impactos ambientales y de salud y mayor producción, rendimiento y productividad económica. Para que esta estrategia combinada tenga un mayor alcance y sea de fácil comprensión para el productor de semilla, proponemos en este manual los esquemas de aseguramiento sanitario (EAS), los cuales detallamos a continuación.

La semilla de calidad, su producción y la complejidad

El eje fundamental del cual depende la producción agrícola de cualquier especie es la semilla de calidad. La semilla de baja calidad afecta negativamente la producción y favorece la inseguridad alimentaria; de igual forma, genera un impacto negativo en el agricultor, en el establecimiento del cultivo y en su rendimiento (FAO, 2016a). Esto conlleva nefastas consecuencias en el nivel económico, político, social y ambiental para productores de semilla, agricultores, consumidores y el país en general (Flórez Gómez et al., 2019a, 2019b). Por el contrario, al emplear semilla de óptima calidad, las probabilidades de transmisión de PP, así como de su dispersión y diseminación, decrecen vastamente (Flórez Gómez et al., 2019a, 2019b). De igual manera, los procesos de invasión y saturación en áreas con nula o baja presencia de PP se evitan o se disminuye la probabilidad de su ocurrencia (Xing et al., 2020), lo que favorece la obtención de altos rendimientos y una buena productividad en el cultivo.

La producción de semilla se estructura sobre un sistema con múltiples componentes, los cuales incluyen elementos físicos (zona de producción o lote, vías de acceso, invernadero, etc.), ambientales (agua, aire, suelo, cultivos o zonas forestales aledaños, etc.), sociales (el productor de semilla, su familia, los compradores y beneficiarios de la semilla, proveedores de insumos, etc.), económicos y biológicos (plantas, insectos, hongos, artrópodos, nematodos, mamíferos, aves, etc.). Todos estos elementos, así como sus interacciones (intercambio económico de semilla, información de manejo de PP, movimiento de insumos y semillas, etc.), hacen parte de un sistema interrelacionado e interdependiente que se comporta como un sistema complejo (Buddenhagen et al., 2017; Hernández Nopsa, 2018; Meadows, 2008).

Los elementos y las interacciones en los sistemas de semilla, al comportarse como un sistema complejo, generan propiedades emergentes y características aún más complejas que las de cada elemento por separado; es decir, “el todo es más que la suma de las partes”. Por esto, los análisis de la producción de semillas, así como sus retos y desafíos, deben abordarse y enfocarse desde la complejidad (Buddenhagen et al., 2017; Hernández Nopsa, 2019; Hernández Nopsa, Ramírez Durán & Aristizábal Quintero, 2018; Meadows, 2008). En esta complejidad, la semilla, sea de tipo sexual o asexual, es esencial para atender y responder a los dos desafíos más importantes que la humanidad enfrenta hoy en día: la seguridad alimentaria y el cambio climático (FAO, 2011). La complejidad se puede hallar en los efectos de las enfermedades y plagas en semillas y cultivos, en la reproducción de PP y en los efectos del clima en las plantas y en su fisiología (Garrett et al., 2011). La semilla de calidad, así como

su proceso de producción, son claves para los sistemas agrícolas y deben estudiarse desde la complejidad. ¿Pero qué es semilla de calidad?

Debemos entender la semilla de calidad desde sus cuatro atributos: físico, fisiológico, genético y sanitario. El primero se refiere a la estructura física de la semilla, es decir, a que no tenga daños en su estructura y a que posea un tamaño adecuado y uniforme, así como coloración y olor adecuados. El atributo fisiológico alude a los aspectos del desempeño de la semilla, como su germinación, vigor, etc. El tercer atributo de calidad, el genético, trata sobre las características específicas genéticas que la variedad de la semilla debe tener, es decir, que en efecto se trate de la variedad deseada y no de otra, que no sea una mezcla con otras variedades, que esté adaptada a las condiciones locales, que tenga tolerancia a PP y que posea una alta productividad, por ejemplo. Finalmente, pero no menos importante, está el atributo sanitario, que apunta a la presencia o no de PP en un lote de semilla (FAO, 2010, s.f.). Con el uso de semilla de calidad, los agricultores tienen grandes posibilidades de obtener buenos cultivos y cosechas, incluso bajo condiciones climáticas adversas —lluvias intensas o deficientes—, con prácticas deficientes (baja o nula fertilidad) o ante presencia de PP (FAO, s.f.). En este capítulo nos centraremos en el atributo sanitario de la calidad y en cómo, por medio de una estrategia, podemos garantizar una óptima calidad sanitaria en la producción de semilla de cacao.

El cacao, cuya palabra originalmente procede de la contracción de *cacahuaquauitl* o *cacahuacuauhitl*, que significa “árbol de cacao” en náhuatl¹ (Patiño Rodríguez, 2002), fue posiblemente domesticado por los mayas, como lo propuso Krickeber en 1946 en su libro *Etnología de América* (citado por Patiño Rodríguez, 2002), y de allí habría pasado a través del tiempo y con diversos usos hasta la actualidad. Ahora bien, ¿cómo garantizamos la obtención, producción y mantenimiento de la calidad sanitaria en la semilla de cacao?

La estrategia que hemos desarrollado para la obtención de semilla de calidad es la creación de los esquemas de aseguramiento de la calidad sanitaria, o EAS (figura 10). Esta herramienta tiene como objetivos: 1) producir semilla de calidad sanitaria, 2) mantener la calidad sanitaria durante todo el proceso de producción de semilla y 3) garantizar la entrega de semilla de óptima calidad sanitaria a los clientes interesados, es decir, agricultores, productores de semilla e investigadores. Los EAS son una guía para la obtención y el mantenimiento de la calidad de la semilla de especies agrícolas desde su producción hasta su entrega. La importancia de la calidad sanitaria, es decir,

1 El náhuatl fue la lengua del Imperio azteca en la antigüedad (Real Academia Española [RAE], 2014).

de la ausencia de PP en la semilla, radica en dos ejes claves: el primero, un poco obvio, es que las PP presentes en la semilla pueden afectar el cultivo, destruirlo o reducir su valor comercial, y el segundo radica en que la semilla sin calidad sanitaria puede introducir PP a nuevas áreas o regiones o puede incrementar los inóculos y las poblaciones presentes en dichas áreas (FAO, s.f.; Xing et al., 2020).

Una pregunta natural que surge es cómo asegurar la calidad sanitaria. Allí, el uso de prácticas de producción de semilla adecuadas, que incluyan prevención, monitoreo, muestreo y manejo de PP, es esencial para manejar la calidad sanitaria (FAO, 2010). Los EAS, por medio de la combinación de estas prácticas y con la inclusión de otras, como los análisis de laboratorio y métodos diagnósticos, delinean un proceso preventivo para garantizar y mantener la calidad. Se previenen brotes e infestaciones de PP y, en caso de encontrarlos, se proponen soluciones desde el manejo integrado, combinando diferentes estrategias de control. Para hacer este trabajo, siempre debemos recordar y tener presente todo el sistema de producción, puesto que, como sistema complejo, hay muchos elementos que interactúan entre sí con algunas consecuencias esperadas y otras inesperadas. Aquí, la visión holística —es decir, sobre la totalidad y no solo sobre un punto único o específico— es clave para plantear soluciones a los problemas que puedan ocurrir. Luego de tener esta visión general, se debe continuar con los siguientes pasos para identificar las mejores estrategias de manejo y control: 1) identificar los puntos críticos por controlar, 2) estandarizar una metodología de muestreo para la plaga en mención, 3) seleccionar técnicas analíticas y cuantitativas de diagnóstico para la correcta identificación de la plaga, 4) establecer métodos de control y manejo que combinen múltiples estrategias, incluyendo los controles biológico, cultural, físico, mecánico y químico, y 5) realizar nuevos muestreos para determinar si los métodos de control han surtido el efecto deseado.

La siguiente pregunta que debemos hacer es en qué momento de la producción de semilla debe aplicarse esta estrategia. La respuesta es sencilla: 1) durante la selección del lote para producir la semilla, 2) antes y durante la recepción de la semilla o material de siembra, 3) en el establecimiento del área de producción, 4) durante el crecimiento y desarrollo de la semilla, 5) durante la cosecha, 6) en la poscosecha y 7) durante la entrega de la semilla al cliente final. Resumiendo, la estrategia planteada debe hacerse desde antes de iniciar el proceso (en la selección del lote) hasta la entrega de la semilla al cliente final, de manera que se garantice una supervisión de todo el proceso y se asegure que la calidad sanitaria se mantenga todo el tiempo.

Ahora, ¿qué esperamos después de la aplicación de los EAS? Varios beneficios de tipo económico, social, ambiental y de salud pública: 1) disminuir la probabilidad de

dispersión de plagas vía semilla, 2) prevenir la emergencia y reemergencia de plagas, 3) disminuir la aparición de brotes de plagas en nuestra producción de semilla, 4) proponer estrategias de manejo integrado de plagas desde la presiembra hasta la entrega de la semilla y 5) mejorar el uso de los recursos ambientales y económicos, entre otros. Esto, en la práctica, se refleja en el uso adecuado y racional del agua en riegos y aplicaciones, en la disminución del número de aplicaciones de productos agroquímicos, en un mayor uso de controladores biológicos, en la disminución de afectaciones de la salud de los productores y agricultores por una menor exposición a productos químicos, en el incremento del uso de zonas de refugio y de ambientes nativos y, finalmente, en una mejor calidad de la semilla, con un valor agregado.

¿Existen riesgos al usar semilla sin calidad sanitaria? Por supuesto; ya hemos descrito los más importantes. Quizás, algunas de las causas por las cuales no se toman las medidas para mejorar la calidad de la semilla en los sistemas de producción de semilla son la falta de conocimiento de las disposiciones sanitarias y cuarentenarias del movimiento de semilla (*sensu lato*) de la especie que se trabaja —en este caso, el cacao—, la falta de infraestructura y de insumos adecuados y de buena calidad para la propagación de la semilla, la variabilidad en la demanda de material de propagación o semilla de calidad, el manejo inadecuado del almacenamiento y la poscosecha, y las mezclas de material de reproducción (FAO, 2013). Igualmente, la ausencia de una guía que reúna los conceptos necesarios para la óptima y adecuada producción de semilla y que considere el tema sanitario en su totalidad ha influido en este aspecto. Con este manual queremos suplir esa falencia, pues este documento permitirá que la toma de decisiones en el manejo de PP sea informada, y además esperamos que su uso ayude a generar impactos negativos mínimos en el ambiente y que favorezca al productor económica, ambiental y socialmente.

Enfatizamos que la “semilla de calidad” debe ser una premisa fundamental para el sistema de producción de semilla de cacao. En este sistema, el EAS es una herramienta primordial para la producción de semilla de calidad sanitaria que, de aplicarse adecuadamente, disminuye los riesgos de dispersión, entrada, emergencia y reemergencia de PP. Finalmente, la toma de decisiones en la producción de semilla debe apoyarse en los EAS, para hacer más eficiente y efectiva la producción, así como para mejorar la prevención y el manejo de brotes de PP. Reiteramos que la ciencia tiene que adaptarse a los nuevos cambios. Los problemas multidisciplinarios requieren soluciones multidisciplinarias. Por ejemplo, habría que enfocarse en *ciencia integrada* en vez de *ciencia disciplinaria* y fortalecer la interacción con los tomadores de decisiones (Howden et al., 2007). De la misma manera, la agricultura y, por ende, la producción de semilla deben adaptarse a los nuevos retos y bajo las nuevas condiciones que existen hoy.

Los esquemas de aseguramiento sanitario y la producción de semilla de cacao

El uso de los EAS parte de una premisa básica: el conocimiento total del sistema de producción de semilla. Antes de iniciar este proceso, debemos escoger de manera informada y con todos los elementos técnicos necesarios el lote o área de producción de la semilla. Si se inicia con la siembra de los huertos, se deben plantear algunas preguntas que, de acuerdo con las respuestas, pueden darnos luces sobre si el terreno o área escogida es la adecuada y podemos continuar con la siembra del huerto o si, por el contrario, hay que continuar con la búsqueda de un lugar más adecuado para la producción de semilla de cacao. Para facilitar la toma de esta decisión, se elaboró un cuestionario con preguntas claves para identificar si el lote seleccionado es el adecuado o no (anexo). Para la recolección de los datos sobre el lote seleccionado y los lotes aledaños, así como para eventos históricos, se sugiere contactar a los vecinos del lote seleccionado y de la zona, además del ICA, la alcaldía y las oficinas de riesgo de los municipios, quienes darán información correspondiente a riesgos y eventos sucedidos en la zona.

Lo primero que debemos conocer para entender el proceso completo de producción de semilla son las fases que lo componen. La figura 10 ilustra de manera gráfica todo el proceso de producción de semilla de cacao, que consta de cuatro fases: 1) huerto básico para la producción de semilla para portainjerto, 2) huerto básico para producción de yemas, 3) injertación y 4) desarrollo vegetativo de la semilla o injerto. Cada fase se compone de subfases, y es en estas cuando se debe enfatizar el monitoreo y muestreo de las PP más importantes. Adicionalmente, el EAS está conformado por una línea de tiempo (en la figura 10, las líneas de color rojo) que representa la duración y el orden de cada subfase, bien sea en meses o en días. Se observa que el modelo inicia con dos líneas (una para el huerto básico para la producción de semilla para portainjerto y otra para el huerto básico para producción de yemas), las cuales se fusionan en un punto (la injertación) hasta el final del proceso. Siguiendo este modelo, podemos determinar de entrada que el tiempo total de producción de semilla es de 30 meses, aproximadamente. A la línea de tiempo se le adhiere una “caja” denominada PP (plagas y patógenos), en la que se encuentran enumeradas las plagas más importantes que afectan cada fase y subfase. Para conocer el nombre de cada PP, en la tabla 3 se presenta la equivalencia de cada código con su nombre. Finalmente, sobre la línea de tiempo se describe cada subfase de la producción de semilla.

La primera fase es llamada “huerto básico para la producción de semilla para portainjerto”, tarda 27 meses y está dividida en dos subfases. La primera, llamada “desarrollo del huerto básico de semilla sexual”, toma aproximadamente 24 meses y se desarrolla en campo. Las plagas más importantes en este periodo son la 1, 2, 3, 4, 5, 7, 9, 10, 11, 12 y 13 (figura 10 y tabla 3), que deben monitorearse constantemente en esta subfase y, de encontrarse, ser tratadas con los respectivos manejos. Al final del proceso, se toma la semilla sexual de estos árboles para obtener el portainjerto, que da inicio a la segunda subfase, llamada “desarrollo del portainjerto a partir de semilla sexual”, que tarda 3 meses y se realiza en vivero. Las plagas de mayor cuidado y que deben muestrearse en esta subfase son la 2, 3, 6, 14, 15, 16 y 17 (figura 10 y tabla 3).

Simultáneamente, debe desarrollarse la segunda fase del proceso, llamada “huerto básico para producción de yemas”. Esta se inicia con una primera subfase, llamada “desarrollo vegetativo del huerto básico”, que toma unos 15 meses y se desarrolla en campo. Las plagas más importantes en esta subfase son la 2, 3, 4, 5, 7, 11 y 13. Como resultado de esta subfase se tienen los árboles listos para producir yemas. Terminada esta subfase, se continúa con la segunda, llamada “preparación del árbol para producción de yemas”, que toma 3 meses y se realiza, igualmente, en campo. En esta subfase es clave monitorear la presencia de las PP 2, 3, 7 y 13. El tiempo total que requiere esta segunda fase es, pues, de 18 meses, y al final se espera tener las yemas requeridas para la injertación. Una recomendación fundamental es que los materiales resultantes de estas dos primeras fases (portainjerto y yemas) estén listos al tiempo para proceder, así, con la tercera fase: “injertación” (figura 10). Para que esto sea posible, se requiere que la segunda fase, “huerto básico para producción de yemas”, se inicie 9 meses después de la primera, “huerto básico para la producción de semilla para portainjerto”.

La tercera fase, “injertación”, ya descrita en el capítulo IV, es clave para el desarrollo de la semilla. Los problemas sanitarios que puedan darse a partir de la injertación serán visibles en la última fase, “desarrollo vegetativo de la semilla o injerto”. En esta cuarta y última fase, se tienen cuatro subfases: “destape”, con una duración de hasta 15 días desde la injertación (dependiendo del método usado); “evaluación”, que tarda 15 días; “despatronaje y cicatrización”, que toma 30 días, y, finalmente, “semilla”, que se encuentra lista 30 días después de finalizado el despatronaje y la cicatrización. En resumen, la semilla tarda, para estar lista para su entrega, 90 días desde la injertación. Los problemas sanitarios que deben vigilarse cuidadosamente en esta fase son el 2, 3, 6, 8, 13, 14, 15, 16 y 17.

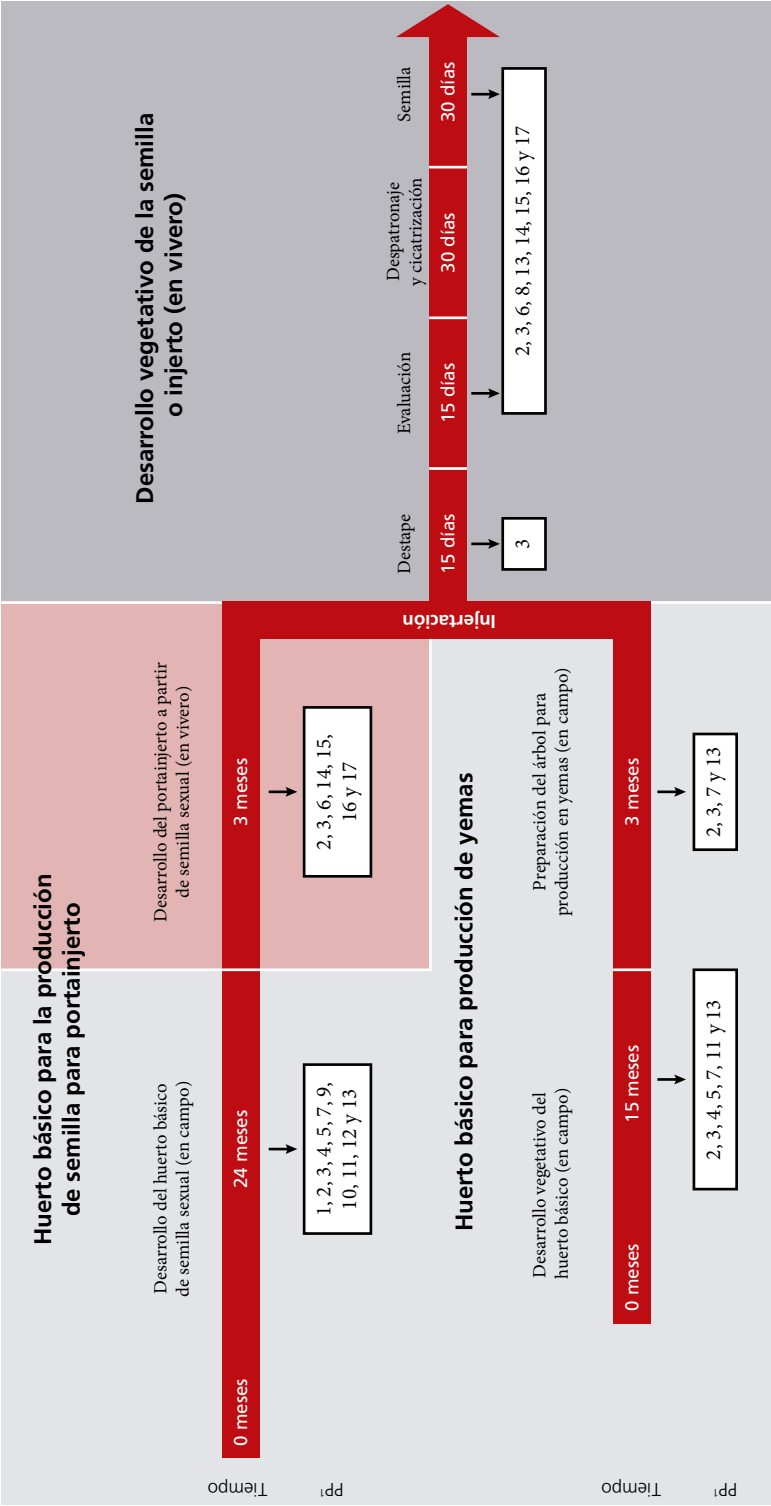


Figura 10. Esquema de aseguramiento sanitario (EAS) para la producción de semilla de cacao. El modelo representa el proceso completo de producción de semilla de cacao, incluyendo sus cuatro fases: 1) huerto básico para la producción de semilla para portainjerto (sexual), 2) huerto básico para producción de yemas (asexual), 3) injertación y 4) desarrollo vegetativo de la semilla injertada. Se incluyen las subfases del proceso y sus respectivos tiempos, así como los momentos ideales para monitorear y muestrear las plagas y patógenos (pp) clave.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. Plagas y patógenos (PP) económicamente importantes durante el proceso de producción de semilla de cacao en Colombia

Código	Nombres comunes	Nombres científicos	Huertos básicos	Vivero
1	Monilia, moniliasis, pasmo, nieve de las mazorcas, encanado de las mazorcas, muerte de pepinos y ceniza de la mazorca (Buriticá C., 1999; Pardo Cardona, 1995)	<i>Moniliophthora roreri</i> (Ali et al., 2015; Bailey et al., 2018; Cubillos, 2017; Jaimes et al., 2016; Jaimes et al., 2019; Jaimes Suárez & Aranzazu Hernández, 2010; Phillips-Mora et al., 2005; Ploetz, 2007; Rodríguez-Medina et al., 2019; Villamizar-Gallardo et al., 2019)	×	
2	Fitóftora, mazorca negra y pudrición parda de las mazorcas (Buriticá C., 1999; Jaimes Suárez & Aranzazu Hernández, 2010; Pardo Cardona, 1995)	<i>Phytophthora</i> sp. (ICA, 2012; Jaimes Suárez & Aranzazu Hernández, 2010; Rodríguez Polanco & Vera Rodríguez, 2015; Rodríguez-Medina et al., 2019) <i>Phytophthora palmivora</i> (Buriticá C., 1999; Maizatul-Suriza et al., 2019; Meneses-Buitrago et al., 2019; Villamizar-Gallardo et al., 2019)	×	×
3	Escoba de bruja, esco-badura y moño de los cogollos (Buriticá C., 1999; Pardo Cardona, 1995)	<i>Moniliophthora perniciosa</i> (Jaimes Suárez & Aranzazu Hernández, 2010; Másme-la-Mendoza, 2019; Meinhardt et al., 2008; Phillips-Mora et al., 2005; Ploetz, 2007; Rodríguez-Medina et al., 2019)	×	×
4	Mal de machete, llaga macana de los tallos y mancha negra de los frutos (Buriticá C., 1999; Pardo Cardona, 1995)	<i>Ceratocystis fimbriata</i> (<i>sensu lato</i>) <i>Ceratocystis cacaofunesta</i> (Buriticá C., 1999; C. J. Engelbrecht, Harrington & Alfenas, 2007; C. J. B. Engelbrecht & Harrington, 2005; C. J. B. Engelbrecht, Harrington, Alfenas & Suarez, 2007; Marin et al., 2003; Nasution et al., 2019; Ploetz, 2007; Rodríguez-Medina et al., 2019; Van Wyk et al., 2010)	×	
5	Podredumbre negra de la raíz y llaga estrellada (Buriticá C., 1999; Pardo Cardona, 1995; Palencia C. & Mejía F., 2003)	<i>Dematophora pepo</i> (<i>Rosellinia pepo</i>) (Aran-zazu Hernández, 1997a, 1997b, 1997c; Buriticá C., 1999; Castro et al., 2013; García Córdoba et al., 2005; Ortega M. et al., 2009; Pardo Cardona, 1995; Ploetz, 2007)	×	
6	Antracnosis foliar, muerte de pepinos, antracnosis, can-crosis y muerte de mazorcas tiernas (Buriticá C., 1999; Pardo Cardona, 1995)	<i>Colletotrichum</i> spp. (Buriticá C., 1999; Palencia C. & Mejía F., 2003; Pardo Car-dona, 1995; Polanía Sánchez, 1957; Sánchez Potes, 1953)*		×
7	Mal rosado y brasa (Buriticá C., 1999; Pardo Cardona, 1995; Palencia & Mejía, 2003)	<i>Erythricium salmonicolor</i> ; basónimo: <i>Corticium salmonicolor</i> Berk. & Broome (1873) (Buriticá C., 1999; ICA, 2012; Pardo Cardona, 1995; Polanía Sánchez, 1957; Sacristán Sánchez & Rojas, 2013)	×	
8	Masticador de follaje (Posada Ochoa, 1989)	<i>Spodoptera ornithogalli</i> (Posada Ochoa, 1989)		×

(Continúa)

(Continuación tabla 3)

Código	Nombres comunes	Nombres científicos	Huertos básicos	Vivero
9	Barrenador de los cítricos, perforador de la macadamia (ICA, 2018), polilla de las naranjas (Posada Ochoa, 1989) y gusano de las mazorcas (Gallego M., 1967)	<i>Gymnandrosoma aurantianum</i> (Carabalí Muñoz et al., 2018; ICA, 2018; Lerma W. et al., 1986; Noboa et al., 2018; Posada Ochoa, 1989) <i>Gymnandrosoma</i> spp. (Carabalí Muñoz et al., 2018; Gallego M., 1967; Posada Ochoa, 1989)	×	
10	Perforador de la mazorca del cacao (Cubillos, 2013), perforador de la mazorca, barrenador de la mazorca, carmenta negra y carmenta amarilla (ICA, 2018)	<i>Carmenta foraseminis</i> (carmenta negra) (Carabalí Muñoz et al., 2018; Cubillos, 2013; Delgado Puchi, 2005; Fachin et al., 2019; Figueroa Medina et al., 2013; ICA, 2018; Vasquez Castañeda et al., 2015) <i>Carmenta theobromae</i> (carmenta amarilla) (Carabalí Muñoz et al., 2018; Delgado Puchi, 2005; ICA, 2018; Vasquez Castañeda et al., 2015)	×	
11	Pasador de las ramas del cacao y pasador del tallo del cacaotero (Posada Ochoa, 1989; Vélez Ángel, 1997)	<i>Xyleborus ferrugineus</i> (AGROSAVIA, 2020; Posada Ochoa, 1989; Vélez Ángel, 1997; Ventocilla Gonzáles, 1965) <i>Xyleborus</i> spp. (Gallego M., 1967; Vélez Ángel, 1997; Wood, 1961)	×	
12	Monalonium, monalonion, grajo amarillo, chinche o chupador del fruto (ICA, 2012; Meneses-Buitrago et al., 2019), chupanga, chupanga del cacaotero, coclillo (Posada Ochoa, 1989; Vélez Ángel, 1997) y chinche de la mazorca (Montealegre R. & Rodríguez, 1989)	<i>Monalonion dissimulatum</i> (Gallego M., 1967; ICA, 2012; Mejía Córdoba et al., 2017; Meneses-Buitrago et al., 2019; Montealegre R. & Rodríguez, 1989; Posada Ochoa, 1989; Vélez Ángel, 1997) <i>Monalonion velezeangeli</i> (Rodas et al., 2014) <i>Monalonion</i> spp. (Posada Ochoa, 1989; Vásquez Gallo et al., 2011)	×	
13	Hormiga arriera (Posada Ochoa, 1989)	<i>Atta cephalotes</i> (Mejía Córdoba et al., 2017; Mena Córdoba, 2011; Montoya-Lerma et al., 2012; Posada Ochoa, 1989) <i>Atta</i> sp. (Carabalí Muñoz et al., 2018; Gallego M., 1967; Vélez Ángel, 1997)	×	×
14	Marchitez (Buriticá C., 1999; Pardo Cardona, 1995)	<i>Verticillium dahliae</i> (Buriticá C., 1999; De Resende, 1994; Leon-Ttacca et al., 2019; Pardo Cardona, 1995) <i>Aphis spiraeicola</i> (Buriticá C., 1999; Pardo Cardona, 1995)		×
15	Áfidos (Bustillo P., 1976)	<i>Toxoptera aurantii</i> (Bustillo P., 1976; Gallego M., 1967; Saldarriaga V., 1972) <i>Aphis rumicis</i> (Gallego M., 1967) <i>Aphis spiraeicola</i> (Bustillo P., 1976)		×

(Continúa)

(Continuación tabla 3)

Código	Nombres comunes	Nombres científicos	Huertos básicos	Vivero
16	Pasador de las ramas del café (Vélez Ángel, 1997)	<i>Xylosandrus morigerus</i> (Blandford) (Benavides G., 1961; Benavides G. & Orozco H., 1989; Bustillo Pardey, 2008; Giraldo et al., 2015; Vélez Ángel, 1972, 1997)		×
17	Stenoma, barrenador de la mazorca del cacao (ICA, 2018), tornero menor, barrenador y tornero de las ramas y troncos (Saldarriaga V., 1972)	<i>Stenoma</i> sp. (Gallego M., 1967; ICA, 2018) <i>Stenoma decora</i> (Saldarriaga V., 1972)		×

* Este género ha sido reportado como endofítico en cacao (Arnold et al., 2003).

Nota: Estas PP han sido publicadas por diversos autores en los variados estadios de producción de cacao o su semilla. Los códigos de las PP de la figura 10 son equivalentes a los de esta tabla.

Fuente: Elaboración propia con base en la literatura científica citada

Clasificación taxonómica de las plagas y patógenos económicamente importantes en cacao

A continuación, listamos brevemente, y de manera ilustrativa, la clasificación taxonómica de las plagas que afectan la producción de semilla de cacao.

- Moniliophthora roreri* (Cif.) H. C. Evans, Stalpers, Samson & Benny, *Can. J. Bot.* 56(20): 2530 (1978)
Clasificación: Fungi, Basidiomycota, Agaricomycetes, Agaricomycetidae, Agaricales, Marasmiaceae, *Moniliophthora*, *Moniliophthora roreri* (Index Fungorum, 2020)
- Phytophthora palmivora* (E. J. Butler) E. J. Butler, *Science Rep. agric. Res. Inst. Pusa*: 82 (1919) [1918]
Clasificación: Chromista, Oomycota, Peronosporae, Peronosporidae, Peronosporales, Peronosporaceae, *Phytophthora*, *Phytophthora palmivora* (Index Fungorum, 2020)
- Moniliophthora perniciosa* (Stahel) Aime & Phillips-Mora, *Mycologia* 97(5): 1021 (2006) [2005]
Clasificación: Fungi, Basidiomycota, Agaricomycetes, Agaricomycetidae, Agaricales, Marasmiaceae, *Moniliophthora*, *Moniliophthora perniciosa* (Index Fungorum, 2020)
- Ceratocystis fimbriata* Ellis & Halst., *Bull. New York Agricultural Experimental Station* 76: 14 (1890)

- Clasificación: Fungi, Ascomycota, Sordariomycetes, Hypocreomycetidae, Microascales, Ceratocystidaceae, *Ceratocystis*, *Ceratocystis fimbriata* (Index Fungorum, 2020)
- *Ceratocystis cacaofunesta* Engelbr. & T. C. Harr., *Mycologia* 97(1): 64 (2005)
Clasificación: Fungi, Ascomycota, Sordariomycetes, Hypocreomycetidae, Microascales, Ceratocystidaceae, *Ceratocystis*, *Ceratocystis cacaofunesta* (Index Fungorum, 2020)
 - 5. *Dematophora pepo* (Pat.) C. Lambert, Wittstein & M. Stadler, in Wittstein, Cordsmeier, Lambert, Wendt, Sir, Weber, Wurzler, Petrini & Stadler, *Stud. Mycol.* 96: 14 (2020)
Sinonimia: *Rosellinia pepo* Pat., *Bull. Soc. mycol. Fr.* 24(1): 9 (1908)
Clasificación: Fungi, Ascomycota, Sordariomycetes, Xylariomycetidae, Xylariales, Xylariaceae, *Dematophora*, *Dematophora pepo* (Index Fungorum, 2020)
 - 6. *Colletotrichum* Corda, in Sturm, *Deutschl. Fl.*, 3 Abt. (Pilze Deutschl.) 3(12): 41 (1831)
Clasificación: Fungi, Ascomycota, Sordariomycetes, Hypocreomycetidae, Glomerellales, Glomerellaceae, *Colletotrichum* (Index Fungorum, 2020)
 - 7. *Erythricium salmonicolor* (Berk. & Broome) Burds., *Mycol. Mem.* 10: 151 (1985)
Clasificación: Fungi, Basidiomycota, Agaricomycotina, Agaricomycetes, *Incertae sedis*, Corticiales, Corticiaceae, *Erythricium*, *Erythricium salmonicolor* (Index Fungorum, 2020)
 - 8. *Spodoptera* spp. Guenée
Clasificación: Animalia, Arthropoda, Hexapoda, Insecta, Lepidoptera, Noctuidae, *Spodoptera* (EPPO, 2020)
 - 9. *Gymnandrosoma aurantianum* Lima, 1927
Clasificación: Animalia, Arthropoda, Hexapoda, Insecta, Lepidoptera, Tortricidae, *Gymnandrosoma*, *Gymnandrosoma aurantianum* (EPPO, 2020)
 - 10. *Carmenta theobromae* Busck
Clasificación: Animalia, Arthropoda, Hexapoda, Insecta, Lepidoptera, Sesiidae, *Carmenta*, *Carmenta theobromae* (EPPO, 2020)
 - *Carmenta foraseminis* Eichlin, 1995
Clasificación: Metazoa, Arthropoda, Hexapoda, Insecta, Lepidoptera, Sesiidae, *Carmenta*, *Carmenta foraseminis* (Delgado Puchi, N., 2005; Eichlin, T. D., 1995)
 - 11. *Xyleborus ferrugineus* Fabricius
Clasificación: Animalia, Arthropoda, Hexapoda, Insecta, Coleoptera, Curculionidae, Scolytinae, *Xyleborus*, *Xyleborus ferrugineus* (EPPO, 2020)
 - 12. *Monalonion dissimulatum* Distant

- Clasificación: Animalia, Arthropoda, Hexapoda, Insecta, Hemiptera, Heteroptera, Miridae, *Monalonion*, *Monalonion dissimulatum* (EPPO, 2020)
- *Monalonion velezangeli* Carvalho & Costa
Clasificación: Animalia, Arthropoda, Hexapoda, Insecta, Hemiptera, Heteroptera, Miridae, *Monalonion*, *Monalonion velezangeli* (EPPO, 2020)
13. *Atta cephalotes* Linnaeus, 1758
Clasificación: Animalia, Arthropoda, Hexapoda, Insecta, Hymenoptera, Formicidae, *Atta*, *Atta cephalotes* (EPPO, 2020)
14. *Verticillium dahliae* Kleb., *Mykol. Zentbl.* 3: 66 (1913)
Clasificación: Fungi, Ascomycota, Pezizomycotina, Sordariomycetes, Hypocreomycetidae, Glomerellales, Plectosphaerellaceae, *Verticillium*, *Verticillium dahliae* (Index Fungorum, 2020)
- *Verticillium ochrorubrum* Desm., *Annls Sci. Nat., Bot., sér. 2* 2: 71 (1834)
Clasificación: Fungi, Ascomycota, Pezizomycotina, Sordariomycetes, Hypocreomycetidae, Glomerellales, Plectosphaerellaceae, *Verticillium*, *Verticillium ochrorubrum* (Index Fungorum, 2020)
15. *Toxoptera aurantii* Boyer de Fonscolombe
Clasificación: Animalia, Arthropoda, Hexapoda, Insecta, Hemiptera, Sternorrhyncha, Aphididae, *Toxoptera*, *Toxoptera aurantii* (EPPO, 2020)
- *Aphis rumicis* Linnaeus
Clasificación: Animalia, Arthropoda, Hexapoda, Insecta, Hemiptera, Sternorrhyncha, Aphididae, *Aphis*, *Aphis rumicis* (EPPO, 2020)
16. *Xylosandrus morigerus* Blandford
Clasificación: Animalia, Arthropoda, Hexapoda, Insecta, Coleoptera, Curculionidae, Scolytinae, *Xylosandrus*, *Xylosandrus morigerus* (EPPO, 2020)
17. *Stenoma decora* Zeller
Clasificación: Animalia, Arthropoda, Hexapoda, Insecta, Lepidoptera, Oecophoridae, *Stenoma*, *Stenoma decora* (EPPO, 2020)

Discusiones finales y conclusiones

Para cerrar este capítulo reiteramos que, una vez elaborada la selección del lote e identificado todo el proceso de producción de semilla, se pueden reconocer los puntos críticos relacionados con PP y los tiempos en los que estos probablemente generarán problemas, dependiendo de la favorabilidad del ambiente hacia las PP y de la susceptibilidad de la semilla, según la fase en la que se encuentre. De esta forma se podrán seleccionar y emplear los distintos métodos de manejo y control para dichas PP, con el apoyo de asistentes técnicos y expertos en control y manejo de plagas, explorando siempre

alternativas integradas que combinen manejos biológicos, culturales, físicos y químicos, así como las nuevas ofertas tecnológicas existentes. La tabla 4 muestra los pasos que se debe seguir en el EAS, así como una breve descripción de sus puntos críticos.

Tabla 4. Estructura del esquema de aseguramiento sanitario (EAS) y sus seis componentes

Componentes	Puntos críticos	Breve descripción
Marco general	Socialización del EAS	Descripción de los elementos y objetivos que conforman el EAS
Selección del lote y establecimiento de producción de semilla (anexo)	Información general del lote para el establecimiento de la producción de semilla	Recolección de información demográfica del productor, el lote y la semilla seleccionados
	Historia de uso y revisión del lote para la producción de semilla	Recolección de información de usos previos y registros sanitarios del lote seleccionado, para determinar si cumple las condiciones sanitarias
	Reconocimiento de lotes colindantes y revisión de variables ambientales	Recolección de información de usos previos, registros sanitarios y eventos climáticos en la zona
	Identificación del lote para el establecimiento de la producción de semilla	Elaboración de planos y mapas, y reconocimiento y verificación del área de producción
Identificación y diagnóstico de PP de importancia en semilla	Identificación de PP de importancia en la producción de semilla	Identificación de PP de importancia en el modelo de producción de semilla
	Identificación de PP priorizados para el análisis en el EAS	Identificación taxonómica de PP (insecto, hongo, virus, etc.)
	Epidemiología de PP	Identificación del mecanismo de dispersión
	Biología, ecología y etiología de PP	Información del ciclo de vida, niveles de tolerancia en semilla, transmisión, etc.
	Detección de PP	Identificación de hospederos alternos y pruebas de monitoreo y diagnóstico en campo
	Prueba diagnóstica para la detección de PP	Diagnóstico en laboratorio para determinar o confirmar PP
Monitoreo y muestreo de PP priorizados	Monitoreo y muestreo de PP priorizados en campo	Recomendaciones para detección temprana de PP
	Establecimiento del protocolo y formato de monitoreo y muestreo	Establecimiento con base en resoluciones del ICA vigentes o, en su defecto, con estudios científicos previos

(Continúa)

(Continuación tabla 4)

Componentes	Puntos críticos	Breve descripción
Estrategias de manejo integrado de PP priorizados (se deben consultar y seguir las orientaciones de un experto o un asistente técnico)	Estrategias de manejo integrado para el control de PP priorizados	Recolección de información del manejo de PP e identificación de las estrategias más adecuadas y oportunas (erradicación, tolerancia, exclusión, manejo integrado, control biológico, etc.)
Modelo para la producción de semilla (figura 10)	Fases, subfases, tiempos y presencia de PP en la producción de semilla	Esquema general que permite la visión global del proceso de producción de semilla y sus puntos críticos

Fuente: Elaboración propia con base en Arriagada Ríos (2011); FAO (2006, 2011, 2013, 2014, 2016a, 2016b); Gullino y Munkvold (2014); Hernández Nopsa, Avendaño Avendaño et al. (2018); Hernández Nopsa, Ramírez Durán & Aristizábal Quintero (2018); National Seed Health System (NSHS, 2019); Ramírez Durán et al. (2019), y Žlof et al. (2000)

Queremos concluir mencionando que los EAS permiten focalizar los recursos (tiempo, mano de obra, económicos, etc.) para emplearlos de manera más eficiente y práctica y para monitorear PP específicos en las fases en las que generan un mayor impacto, lo cual evita tener que hacer un seguimiento continuo a todo el cultivo para todas las PP simultáneamente. De igual forma, con el EAS planteado se pueden determinar, con antelación, las estrategias de manejo preventivo y curativo adecuadas para esas PP.



Referencias

- Agudelo Castañeda, G. A., Palencia Calderón, G. E., Antolinez Sandoval, E. Y., & Báez Daza, E. Y. (2017). *Nuevas variedades de cacao rcs* (Theobroma Corpoica La Suiza) 13 y 19. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). <http://hdl.handle.net/20.500.12324/11536>
- Ali, S. S., Shao, J., Strem, M. D., Phillips-Mora, W., Zhang, D., Meinhardt, L. W., & Bailey, B. A. (2015). Combination of RNAseq and SNP nanofluidic array reveals the center of genetic diversity of cacao pathogen *Moniliophthora roreri* in the upper Magdalena Valley of Colombia and its clonality. *Frontiers in Microbiology*, 6. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.00850>
- Alverson, W. S., Whitlock, B. A., Nyffeler, R., Bayer, C., & Baum, D. A. (1999). Phylogeny of the core Malvales: Evidence from ndhF sequence data. *American Journal of Botany*, 86(10), 1.474-1.486. <https://doi.org/10.2307/2656928>
- Aranzazu Hernández, F. (1997a). *Comportamiento de la llaga estrellada* Rosellinia pepo Pat. sobre raíces vivas y muertas de cacao. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/12649/76252_60025.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Aranzazu Hernández, F. (1997b). *Control de la llaga estrellada en cacao causada por Rosellinia pepo PAT*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/12643/76058_60024.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Aranzazu Hernández, F. (1997c). *La llaga estrellada del cacao* (Rosellinia pepo), la epidemia y su manejo. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/12644/76061_60026.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Aranzazu Hernández, F., Martínez Guerrero, N., & Rincón-Guarín, D. A. (2008). *Autocompatibilidad e intercompatibilidad sexual de materiales de cacao: modelos para el empleo de los materiales de cacao más usados en Colombia utilizando los mejores porcentajes de intercompatibilidad*. Fedecacao; Corpoica; Minagricultura; SENA; SAC.

- Arnold, A. E., Mejia, L. C., Kylo, D., Rojas, E. I., Maynard, Z., Robbins, N., & Herre, E. A. (2003). Fungal endophytes limit pathogen damage in a tropical tree. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 100(26), 15.649-15.654. <https://doi.org/10.1073/pnas.2533483100>
- Arriagada Ríos, V. L. (2011). *Manual de inspección fitosanitaria*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). <http://www.fao.org/3/i0805s/i0805s.pdf>
- Bailey, B. A., Evans, H. C., Phillips-Mora, W., Ali, S. S., & Meinhardt, L. W. (2018). *Moniliophthora roreri*, causal agent of cacao frosty pod rot. *Molecular Plant Pathology*, 19(7), 1.580-1.594. <https://doi.org/10.1111/mpp.12648>
- Bartley, B. G. D. (2005). *The genetic diversity of cacao and its utilization*. CABI.
- Benavides G., M. (1961). El *Xyleborus morigerus* Blandford en Colombia. *Cenicafé*, 12(1), 17-28. <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/984/1/arc012%2801%2917-28.pdf>
- Benavides G., M., & Orozco H., J. (1989). *El pasador de las ramas del cafeto*. Cenicafé. <http://hdl.handle.net/10778/915>
- Buddenhagen, C. E., Hernandez Nopsa, J. F., Andersen, K. F., Andrade-Piedra, J., Forbes, G. A., Kromann, P., Thomas-Sharma, S., Useche, P., & Garrett, K. A. (2017). Epidemic network analysis for mitigation of invasive pathogens in seed systems: Potato in Ecuador. *Phytopathology*, 107(10), 1.209-1.218. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-03-17-0108-FI>
- Buriticá C., P. (1999). *Directorio de patógenos y enfermedades de las plantas de importancia económica en Colombia*. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA); Universidad Nacional de Colombia. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/16404>
- Bustillo P., A. E. (1976). *Lista de áfidos (Homóptera: aphidae) y sus huéspedes registrados en Colombia*. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).
- Bustillo Pardey, Á. E. (ed.). (2008). *Los insectos y su manejo en la caficultura colombiana*. Cenicafé. https://www.researchgate.net/publication/340655593_Los_insectos_y_su_manejo_en_la_caficultura_colombiana_FNC_-_Cenicafe_Chinchina_Colombia
- Carabalí Muñoz, A., Senejoa Lizcano, C. E., & Montes Prado, M. (2018). *Reconocimiento, daño y opciones de manejo de Carmenta foraseminis Eichlin (Lepidóptera: Sesiidae), perforador del fruto y semilla de cacao Theobroma cacao L. (Malvaceae)*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). <https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/34398/68103.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Castro, B. L., Carreño, A. J., Galeano, N. F., Roux, J., Wingfield, M. J., & Gaitán, Á. L. (2013). Identification and genetic diversity of *Rosellinia* spp. associated with root rot of coffee in Colombia. *Australasian Plant Pathology*, 42(5), 515-523. <https://doi.org/10.1007/s13313-013-0205-3>
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). (2020). Colección Taxonómica Nacional de Insectos “Luis Maria Murillo” (CTNI) [base de datos].
- Cuatrecasas, J. (1964). Cacao and its allies, a taxonomic revision of the genus *Theobroma*. En *Systematic plant studies* (pp. 379-614). Smithsonian Institution Press.
- Cubillos, G. (2013). *Manual del perforador de la mazorca del cacao* Carmenta foraseminis (Busck) Eichlin. Compañía Nacional de Chocolates.
- Cubillos, G. (2017). Frosty Pod Rot, disease that affects the cocoa (*Theobroma cacao*) crops in Colombia. *Crop Protection*, 96, 77-82. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2017.01.011>
- Decreto 931 de 2018. “Por el cual se crea el Sistema de Trazabilidad Vegetal y se incluye como título 11 de la parte 13 del libro 2 del Decreto 1071 de 2015, Único Reglamentario del Sector Administrativo Agropecuario, Pesquero y de Desarrollo Rural”. Presidencia de la República de Colombia. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=86580>
- De Resende, M. L. V. (1994). *Vascular wilt of cocoa (Theobroma cacao L.) caused by Verticillium dahliae Kleb.: Studies on pathogenicity and resistance* [tesis doctoral, University of Bath]. <https://researchportal.bath.ac.uk/en/studentTheses/vascular-wilt-of-cocoa-theobroma-cacao-l-caused-by-verticillium-d>
- Delgado Puchi, N. (2005). Caracterización morfológica de los Sesiidae (Insecta: Lepidoptera) perforadores del fruto del cacao (*Theobroma cacao* L.), presentes en la región costera del estado Aragua, Venezuela. *Entomotrópica*, 20(2), 97-111. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2886845>
- Eichlin, T. D. (1995). A new panamanian clearwing moth (SESIIDAE: SESIINAE). *Journal of the Lepidopterists Society*, 49(1), 39-42. [https://images.peabody.yale.edu/lepsoc/jls/1990s/1995/1995-49\(1\)39-Eichlin.pdf](https://images.peabody.yale.edu/lepsoc/jls/1990s/1995/1995-49(1)39-Eichlin.pdf)
- Engelbrecht, C. J., Harrington, T. C., & Alfenas, A. (2007). Ceratocystis wilt of cacao—A disease of increasing importance. *Phytopathology*, 97(12), 1.648-1.649. <https://doi.org/10.1094/phyto-97-12-1648>
- Engelbrecht, C. J. B., & Harrington, T. C. (2005). Intersterility, morphology and taxonomy of *Ceratocystis fimbriata* on sweet potato, cacao and sycamore. *Mycologia*, 97(1), 57-69. <https://doi.org/10.1080/15572536.2006.11832839>

- Engelbrecht, C. J. B., Harrington, T. C., Alfenas, A. C., & Suarez, C. (2007). Genetic variation in populations of the cacao wilt pathogen, *Ceratocystis cacaofunesta*. *Plant Pathology*, 56(6), 923-933. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2007.01735.x>
- EPPO. (2020). *EPPO Global database*. <https://gd.eppo.int/>
- Fachin, G., Pinedo, K., Vásquez, J., Flores, E., Doria, M., Alvarado, J., Koch, C., & Bellido, J. J. (2019). Factores ambientales y su relación con la incidencia de *Carmenta foraseminis* (Busck) Eichlin (Lepidoptera: Sesiidae) en frutos de *Theobroma cacao* “cacao” en San Martín, Perú. *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 23(2), 133-145. <https://doi.org/10.17151/bccm.2019.23.2.6>
- Figueroa Medina, W., Ramírez Sulvarán, J. A., & Sigarroa Rieche, A. K. (2013). Efecto de las cepas nativas *Paecilomyces* sp. (Bainier) y *Lecanicillium* sp. (Zimm) en el control de *Carmenta foraseminis* Eichlin (Lepidoptera: Sesiidae) en cultivos de cacao (*Theobroma cacao* L.). *Acta Agronómica*, 62, 279-286. https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/download/27603/44235
- Flórez Gómez, D. L., Ramírez Durán, J., & Hernández Nopsa, J. F. (2019a, 17-20 de septiembre). *Los esquemas de aseguramiento de la calidad como herramienta fundamental para la producción de semillas* [presentación en congreso]. XXXIV Congreso Colombiano de Fitopatología y Ciencias Afines, Bogotá, Colombia.
- Flórez Gómez, D. L., Ramírez Durán, J., & Hernández Nopsa, J. F. (2019b, 7-10 de octubre). *Esquemas de aseguramiento de la calidad como herramienta fundamental para la producción de semillas* [presentación en reunión y congreso]. XXXIII Reunión Latinoamericana del Maíz y IV Congreso de Semillas, Montería, Colombia.
- Gallego M., F. L. (1967). Lista preliminar de insectos de importancia económica y secundarios, que afectan los principales cultivos, animales domésticos y al hombre, en Colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 26(65), 32-66. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/29108>
- García Córdoba, J., George, A., Argyle, T., Hoopen, M. ten, & Krauss, U. (2005). ¿Existe la tolerancia genética del cacao (*Theobroma cacao*) a *Rosellinia bunodes* y *Rosellinia pepo*? *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica)*, (75), 21-31. <http://hdl.handle.net/11554/6960>
- Garrett, K. A., Forbes, G. A., Savary, S., Skelsey, P., Sparks, A. H., Valdivia, C., Bruggen, A. H. C. van, Willocquet, L., Djurle, A., Duveiller, E., Eckersten, H., Pande, S., Vera Cruz, C., & Yuen, J. (2011). Complexity in climate-change

- impacts: An analytical framework for effects mediated by plant disease. *Plant Pathology*, 60(1), 15-30. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2010.02409.x>
- Giraldo, J. M., Benavides, M. P., & Constantino C., L. M. (2015). Conozca al pasador de las ramas del café: un insecto plaga ocasional en Colombia. *Avances Técnicos Cenicafé*, (460). <http://hdl.handle.net/10778/661>
- Gullino, M. L., & Munkvold, G. P. (eds.). (2014). *Global perspectives on the health of seeds and plant propagation material* (vol. 6). Springer Netherlands.
- Hernández Nopsa, J. F. (2018). Cambio climático, epidemiología vegetal y control biológico de fitopatógenos. En A. M. Cotes (ed.), *Control biológico de fitopatógenos, insectos y ácaros* (vol. 2, pp. 1.014-1.033). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/34162>
- Hernández Nopsa, J. F. (2019, 17-20 de septiembre). *¿Cómo mejorar la calidad de la semilla en Colombia? Los modelos de redes y los esquemas de aseguramiento de la calidad* [presentación en congreso]. XXXIV Congreso Colombiano de Fitopatología y Ciencias Afines, Bogotá, Colombia.
- Hernández Nopsa, J. F., Avendaño Avendaño, D. F., Deantonio Florido, L. Y., Lesmes Suarez, J. C., Liberato Guío, S. A., Martínez Morales, J. A., Martínez Rubio, C. A., Torres, N., Sánchez León, G. D., Uribe, A. F., & Ramírez Durán, J. (2018, 8-9 de noviembre). *Esquemas de Aseguramiento Sanitario (EAS) en semilla de papa y caña panelera: ¿cómo mejorar la calidad fitosanitaria de su producción?* [presentación en congreso]. Tercer Congreso de Semillas, Bogotá, Colombia.
- Hernández Nopsa, J. F., Ramírez Durán, J., & Aristizábal Quintero, D. (2018, 8-9 de noviembre). *¿Calidad de semilla? Los esquemas de aseguramiento sanitario (EAS) como herramienta para mejorar la calidad fitosanitaria en la producción de semillas* [presentación en congreso]. Tercer Congreso de Semillas, Bogotá, Colombia.
- Howden, S. M., Soussana, J.-F., Tubiello, F. N., Chhetri, N., Dunlop, M., & Meinke, H. (2007). Adapting agriculture to climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(50), 19.691-19.696. <https://doi.org/10.1073/pnas.0701890104>
- Index Fungorum. (2020). www.indexfungorum.org.
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2020, 25 de noviembre). Resolución 0780006 de 2020. Por medio de la cual se establecen los requisitos para el registro de viveros y/o huertos básicos dedicados a la producción y comercialización de material vegetal de propagación para la siembra en el país. <https://www.ica.gov.co/normatividad/normas-ica/resoluciones-oficinas-nacionales/2020/2020r78006>

- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2012). *Manejo fitosanitario del cultivo del cacao* (*Theobroma cacao L.*): medidas para la temporada invernal. <https://www.ica.gov.co/getattachment/c01fa43b-cf48-497a-aa7f-51e6da3f7e96/->
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2015, 7 de septiembre). Resolución 3168 de 2015. Por medio de la cual se reglamenta y controla la producción, importación y exportación de semillas producto del mejoramiento genético para la comercialización y siembra en el país, así como el registro de las unidades de evaluación agronómica y/o unidades de investigación en fitomejoramiento y se dictan otras disposiciones. <https://www.ica.gov.co/getattachment/4e8c3698-8fcb-4e42-80e7-a6c7acde9bf8/2015R3168.aspx>
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2018). *Reconozca y prevenga el ataque de barrenadores de la mazorca del cacao*. https://www.ica.gov.co/getattachment/Areas/Agricola/Servicios/Control-y-Eradicacion-de-Riesgos-Fitosanitarios/Plegable-Barrenador-Cacao_18-07-19-IMPRESO.pdf.aspx?lang=es-CO
- Jaimes, Y. Y., Gonzalez, C., Rojas, J., Cornejo, O. E., Mideros, M. F., Restrepo, S., Cilas, C., & Furtado, E. L. (2016). Geographic differentiation and population genetic structure of *Moniliophthora roreri* in the principal cocoa production areas in Colombia. *Plant Disease*, 100(8), 1.548-1.558. <https://doi.org/10.1094/PDIS-12-15-1498-RE>
- Jaimes, Y. Y., Ribeyre, F., Gonzalez, C., Rojas, J., Furtado, E. L., & Cilas, C. (2019). Factors affecting the dynamics of frosty pod rot in the main cocoa areas of Santander State, Colombia. *Plant Disease*, 103(7), 1.665-1.673. <https://doi.org/10.1094/pdis-10-18-1761-re>
- Jaimes Suárez, Y., & Aranzazu Hernández, F. (2010). *Manejo de las enfermedades del cacao* (*Theobroma cacao L.*) en Colombia, con énfasis en monilia (*Moniliophthora roreri*). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- Kouassi, K. D., N'Zi, J.-C., Kahia, J., Diby, L., Kouassi, J.-L., Bene, K., & Kouamé, C. (2018). Comparison of grafting techniques and their effects on some growth parameters of ten elite cocoa clones (*Theobroma cacao L.*). *African Journal of Agricultural Research*, 13(41), 2.249-2.255. <https://doi.org/10.5897/AJAR2015.9847>
- Leon-Ttacca, B., Arévalo-Gardini, E., & Bouchon, A.-S. (2019). Muerte repentina de *Theobroma cacao L.* causado por *Verticillium dahliae* Kleb. en el Perú y su biocontrol *in vitro*. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 20(1), 117-132. https://doi.org/10.21930/rcta.vol20_num1_art:1251
- Lerma W., L. F., Rojas T., I. E., Velasco G., N. R., & Figueroa P., A. (1986). Guía práctica para la identificación y manejo de las principales plagas en cultivos frutales. *Acta Agronómica*, 36(3), 68-74. <http://bdigital.unal.edu.co/18855/1/14793-44475-1-PB.pdf>

- López, D. (2017). *Métodos de multiplicación de plantas clonales de cacao: Protocolo 7*. Iniap; Estación Experimental Tropical Pichilingue.
- Maizatul-Suriza, M., Dickinson, M., & Idris, A. S. (2019). Molecular characterization of *Phytophthora palmivora* responsible for bud rot disease of oil palm in Colombia. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 35, Article 44. <https://doi.org/10.1007/s11274-019-2618-9>
- Marin, M., Castro, B., Gaitan, A., Preisig, O., Wingfield, B. D., & Wingfield, M. J. (2003). Relationships of *Ceratocystis fimbriata* isolates from Colombian coffee-growing regions based on molecular data and pathogenicity. *Journal of Phytopathology*, 151(7-8), 395-405. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0434.2003.00738.x>
- Másmela-Mendoza, J. E. (2019). Potential distribution and fundamental niche of *Moniliophthora* spp. in cocoa of America and Africa. *Agronomía Mesoamericana*, 30(3), 659-679. <https://doi.org/10.15517/am.v30i3.35038>
- Meadows, D. H. (2008). *Thinking in systems: A primer*. Chelsea Green.
- Meinhardt, L. W., Rincones, J., Bailey, B. A., Aime, M. C., Griffith, G. W., Zhang, D., & Pereira, G. A. G. (2008). *Moniliophthora perniciosa*, the causal agent of witches' broom disease of cacao: What's new from this old foe? *Molecular Plant Pathology*, 9(5), 577-588. <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2008.00496.x>
- Mejía Córdoba, C. A., Castro Riascos, M. L., Carvajal Higueta, L. C., Castrillón Sánchez, H. E., & Puerta Gallo, N. (2017). *Agroindustria del cacao*. Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA). https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/11404/5241/1/agroindustria_cacao.pdf
- Mena Córdoba, S. V. (2011). *Evaluación de hongos entomopatógenos como potencial biocontrolador de la hormiga arriera Atta colombica (g) del municipio de Lloró – Chocó (Colombia)* [tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Bdigital. <http://bdigital.unal.edu.co/4165/>
- Meneses-Buitrago, D. H., Bolaños-Benavides, M. M., Gómez-Gil, L. F., & Ramos-Zambrano, H. S. (2019). Evaluation of irrigation and pruning on the phenology and yield of *Theobroma cacao* L. *Agronomía Mesoamericana*, 30(3), 681-693. <https://doi.org/10.15517/am.v30i3.36307>
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, & Cámara de la Industria para la Protección de Cultivos. (2003). *Guías ambientales para el subsector de plaguicidas: almacenamiento, transporte, aplicación aérea y terrestre, manejo de envases y residuos*. http://www.mamacoca.org/docs_de_base/Fumigas/Guia_Ambiental2.pdf
- Montealegre R., J., & Rodríguez, D. A. (1989). Patogenicidad del hongo *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. sobre la chinche *Monalion dissimulatum* Distant plaga

- del cacaotero *Teobroma cacao* L. *Acta Agronómica*, 39(1-2), 88-96. https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/15391
- Montoya-Lerma, J., Giraldo-Echeverri, C., Armbrrecht, I., Farji-Brener, A., & Calle, Z. (2012). Leaf-cutting ants revisited: Towards rational management and control. *International Journal of Pest Management*, 58(3), 225-247. <https://doi.org/10.1080/09670874.2012.663946>
- Motamayor, J. C., Lachenaud, P., Silva e Mota, J. W. da, Loor, R., Kuhn, D. N., Brown, J. S., & Schnell, R. J. (2008). Geographic and genetic population differentiation of the Amazonian chocolate tree (*Theobroma cacao* L). *PLoS ONE*, 3(10), Article e3311. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0003311>
- Motamayor, J. C., & Lanaud, C. (2002). Molecular analysis of the origin and domestication of *Theobroma cacao* L. En J. M. M. Engels, V. Ramanatha Rao, A. H. D. Brown, & M. T. Jackson (eds.), *Managing plant genetic diversity* (pp. 77-88). CABI.
- Nasution, A., Glen, M., Beadle, C., & Mohammed, C. (2019). Ceratocystis wilt and canker – a disease that compromises the growing of commercial *Acacia*-based plantations in the tropics. *Australian Forestry*, 82(1), 80-93. <https://doi.org/10.1080/00049158.2019.1595347>
- National Seed Health System (NSHS). (2019). *Phytosanitary field inspection procedures*. <https://www.seedhealth.org/files/2019/04/Field-Inspection-Procedures-Version-1.3-04.04.2019.pdf>
- Noboa, M., Medina, L., & Viera, W. (2018). First report of *Gynmandrosoma aurantianum* (Lepidoptera: Tortricidae) in mandarin (*Citrus reticulata*) in the inter-andean valleys of Ecuador. *Florida Entomologist*, 101(4). <https://doi.org/10.1653/024.101.0411>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2006). *Quality declared seed system*. <http://www.fao.org/3/a0503e/a0503e00.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2010). *Seeds in emergencies: A technical handbook*. <http://www.fao.org/3/i1816e/i1816e00.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2011). *Semillas en emergencias: manual técnico*. <http://www.fao.org/3/i1816s/i1816s00.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2013). *Material de propagación de calidad declarada: protocolos y normas para cultivos propagados vegetativamente*. <http://www.fao.org/3/a-i1195s.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2014). *Normas para bancos de germoplasma de recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura*. <http://www.fao.org/3/a-i3704s.pdf>

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2016a). *Evaluación de la seguridad de semillas. Una guía para profesionales*. <http://www.fao.org/3/a-i5548s.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2016b). *Manual de procedimientos para la certificación oficial de semillas*. http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/FAO-countries/Honduras/docs/manual-de-procedimientos-para-la-certificacion-oficial-de-semillas.pdf
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2019). *Glosario de términos fitosanitarios. Normas Internacionales para Medidas Fitosanitarias. NIMF 5*. http://www.cosave.org/sites/default/files/nimfs/ISPM_05_2018_Es_2018-07-10_PostCPM13.pdf
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (s.f.). *Seed and seed quality: Technical information for FAO emergency staff*. http://www.fao.org/fileadmin/templates/tc/tce/pdf/Appendix_14_Seed_and_Seed_Quality_for_Emg.pdf
- Ortega M., D. A., Castro C., B. L., & Gaitán B., Á. L. (2009). Identificación y patogenicidad de especies de *Rosellinia* asociadas a café y otras especies forestales en la zona central cafetera de Colombia [artículo de discusión]. Universidad de Nariño. <http://sired.udenar.edu.co/5401/1/80444.pdf>
- Palencia C., G. E., Gómez S., R., & Güiza P., O. (2009). *Nuevas tecnologías para instalar viveros y producir clones de cacao* (*Theobroma cacao* L.). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica); Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural; Federación Nacional de Cacaoteros. http://infocafes.com/portal/wp-content/uploads/2016/06/Tecnolog%C3%ADas_clones_y_v%C3%ADveros.pdf
- Palencia C., G. E., Gómez S., R., & Mejía F., L. A. (2007). *Patrones para cacao* [cartilla]. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/2222/42973_48680.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Palencia C., G. E., & Mejía F., L. A. (2003). *Producción masiva de materiales clonales de cacao* (*Theobroma cacao* L.). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/13434/41563_41525.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Palencia C., G. E., & Mejía F., L. A. (2004). *Injertación temprana en la producción masiva de clones de cacao*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/2134/41566_41528.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Pardo Cardona, V. M. (1995). *Hongos fitopatógenos de Colombia*. Universidad Nacional de Colombia.
- Patiño Rodríguez, V. M. (2002). *Historia y dispersión de los frutales nativos del neotrópico*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/54063>
- Phillips-Mora, W., Castillo, J., Krauss, U., Rodríguez, E., & Wilkinson, M. J. (2005). Evaluation of cacao (*Theobroma cacao*) clones against seven Colombian isolates of *Moniliophthora roreri* from four pathogen genetic groups. *Plant Pathology*, 54(4), 483-490. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2005.01210.x>
- Ploetz, R. C. (2007). Cacao diseases: Important threats to chocolate production worldwide. *Phytopathology*, 97(12), 1.634-1.639. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-97-12-1634>
- Polanía Sánchez, R. (1957). Enfermedades del cacao (*Theobroma cacao* L.) en Colombia. *Acta Agronómica*, 7(1), 1-70. https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/49069#:~:text=De%20acuerdo%20con%20esta%20revisi%C3%B3n,mazorca%20y%20la%20Antracnosis%20foliar.
- Posada Ochoa, L. (1989). *Lista de insectos dañinos y otras plagas en Colombia* (4.ª ed.). Ministerio de Agricultura; Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).
- Ramírez Chamorro, L. E., Abaunza González, C. A., Rodríguez Polanco, L., Varón Devia, E. H., Barragán Quijano, E., & Rojas Molina, J. (2020). *Modelo productivo para el cultivo de cacao* (*Theobroma cacao*) *para el departamento del Huila*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). <https://doi.org/10.21930/agrosavia.model.7403558>
- Ramírez Durán, J., Cañar Serna, D. Y., Deantonio Florido, L. Y., & Hernández Nopssa, J. F. (2019). *Manual técnico para la producción de plántulas de caña de azúcar para panela a partir de yemas individuales bajo las condiciones agroecológicas del municipio de Barbosa (Santander)*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/35065>
- Real Academia Española (RAE). (2014). *Diccionario de la lengua española* (23.ª ed.). <https://dle.rae.es>
- Rodas, C. A., Serna, R., Hurley, B. P., Bolaños, M. D., Granados, G. M., & Wingfield, M. J. (2014). Three new and important insect pests recorded for the first time in Colombian plantations. *Southern Forests: A Journal of Forest Science*, 76(4), 245-252. <https://doi.org/10.2989/20702620.2014.965983>
- Rodríguez Polanco, E., & Vera Rodríguez, A. G. (2015). *Identificación y manejo de la pudrición parda de la mazorca* (*Phytophthora* sp.) *en cacao*.

- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/13138/76985_66411.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Rodriguez-Medina, C., Caicedo Arana, A., Sounigo, O., Argout, X., Alvarado Alvarado, G., & Yockteng, R. (2019). Cacao breeding in Colombia, past, present and future. *Breeding Science*, 69(3), 373-382. <https://doi.org/10.1270/jsbbs.19011>
- Sacristán Sánchez, E. J., & Rojas, F. (2013). *Guía ambiental para el cultivo del cacao* (2.ª ed.). Fedecacao; Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR).
- Saldarriaga V., A. (1972). *Plagas del cacaotero*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/23642/22822_3825.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Sánchez Potes, A. (1953). La antracnosis foliar del cacao. *Acta Agronómica*, 3(1). https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/49139
- Shurtleff, M. C., & Averre, C. W. (1997). *Glossary of plant-pathological terms*. Amer Phytopathological Society.
- Susilo, A. W., Sulastri, D., & Djatiwaloejo, S. (2005). Selection and estimation the genetic parameters of rootstock characteristics on cocoa seedling of half-sibs families. *Pelita Perkebunan*, 21(3). <https://www.neliti.com/publications/158116/selection-and-estimation-the-genetic-parameters-of-rootstock-characteristics-on#cite>
- Van Wyk, M., Wingfield, B. D., Marin, M., & Wingfield, M. J. (2010). New *Ceratocystis* species infecting coffee, cacao, citrus and native trees in Colombia. *Fungal Diversity*, 40(1), 103-117. <https://doi.org/10.1007/s13225-009-0005-9>
- Vasquez Castañeda, Y., Muñoz Gutiérrez, J., Muriel Ruiz, S. B., & Hernández-Baz, F. (2015). Ocurrencia de los barrenadores *Carmenta foraminis* Eichlin y *Carmenta theobromae* (Busck) (Lepidoptera: Sesiidae) en *Theobroma cacao* L., en el departamento de Antioquia-Colombia. *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle*, 16(1), 34-38. https://www.researchgate.net/publication/324899740_OCURRENCIA_DE_LOS_BARRENADORES_Carmenta_foraminis_EICHLIN_Y_Carmenta_theobromae_BUSCK_LEPIDOPTERA_SESIIDAE_EN
- Vásquez Gallo, L. A., Ríos Gallego, G., Londoño Zuluaga, M. E., & Torres Castro, M. (2011). *Caracterización biofísica y socioeconómica del sistema de producción de aguacate cv. Hass en los departamentos de Antioquia, Caldas, Risaralda y Quindío*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/13547>

- Vélez Ángel, R. (1972). Aguacate y sauce: nuevos hospederos del pasador del café, *Xylosandrus* (*Xyleborus*) *morigerus* (Bland). *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 27(2), 78-81. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/30021>
- Vélez Ángel, R. (1997). *Plagas agrícolas de impacto económico en Colombia: bionomía y manejo integrado*. Editorial Universidad de Antioquia.
- Ventocilla Gonzáles, J. A. (1965). *La influencia de la temperatura y la precipitación en la actividad de Xyleborus ferrugineus (Fabricius)* [tesis de maestría, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA)]. <http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/handle/11554/2687?show=full>
- Villamizar-Gallardo, R., Osma, J. F., & Ortiz-Rodriguez, O. O. (2019). Regional evaluation of fungal pathogen incidence in Colombian cocoa crops. *Agriculture*, 9(3). <https://doi.org/10.3390/agriculture9030044>
- Wood, S. L. (1961). New records and species of Scolytidae (Coleoptera) from Colombia. *The Great Basin Naturalist*, 21(1/2), Article 1. <https://scholarsarchive.byu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1441&context=gbn>
- Xing, Y., Hernandez Nopsa, J. F., Andersen, K. F., Andrade-Piedra, J. L., Beed, F. D., Blomme, G., Carvajal-Yepes, M., Coyne, D. L., Cuellar, W. J., Forbes, G. A., Kreuze, J. F., Kroschel, J., Kumar, P. L., Legg, J. P., Parker, M., Schulte-Geldermann, E., Sharma, K., & Garrett, K. A. (2020). Global cropland connectivity: A risk factor for invasion and saturation by emerging pathogens and pests. *BioScience*, 70(9), 744-758. <https://doi.org/10.1093/biosci/biaa067>
- Žlof, V., Smith, I. M., & McNamara, D. G. (2000). Protocols for the diagnosis of quarantine pests. *EPPO Bulletin*, 30(3-4), 361-363. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2338.2000.tb00911.x>

Anexo

Cuestionario “Selección del lote y establecimiento de producción de semilla”

Las siguientes preguntas son una guía para seleccionar un lote que cumpla con los requisitos mínimos necesarios para la producción de semilla. El análisis a todas las respuestas dadas a las preguntas formuladas le permitirá al productor de semilla de cacao determinar si el lote es apto para ser usado en la obtención de semilla.

Este cuestionario debe ser usado como guía para evaluar la calidad del lote, y debe usarse en conjunto con todas las variables requeridas para obtener semilla de calidad de cacao.

1. Información general del lote para el establecimiento de la producción de semilla

1.1. Información demográfica del productor de semilla o investigador

Nombre del productor de semilla: _____

Dirección del productor: _____

Teléfono del productor: _____

Correo electrónico: _____

1.2. Información del lote para producción de semilla

Departamento: _____

Municipio: _____

Vereda: _____

Finca: _____

Número del lote: _____

Área a sembrar (m²): _____

Número de lotes con semilla: _____

Coordenadas del lote: _____

Latitud: _____

Longitud: _____

1.3. Información general de la semilla seleccionada

Nombre de la especie: _____

Nombre científico: _____

Ciclo del cultivo: _____

Variedad, clon, etc.: _____

Tipo de semilla: _____

Origen de la semilla: _____

2. Historia de uso y revisión del lote para la producción de semilla

2.1. ¿Qué tipo de uso se le ha dado al lote en los últimos años? Diligenciar tabla A1

Tabla A1. Tipo de uso del lote seleccionado para la producción de semilla

Año	Semestre 1				Semestre 2			
	Uso			¿Cuál?	Uso			¿Cuál?
	Ag.	Pe.	Ot.*		Ag.	Pe.	Ot.*	
Presente aaaa¹								
Pasado aaaa¹								
Antepasado aaaa¹								
Trasantepasado aaaa¹								

Ag.: Agrícola; Pe.: Pecuario; Ot.: Otro.

* Si tuvo uso distinto al agrícola o pecuario, indique cuál fue su uso en la casilla siguiente.

aaaa¹: escribir el año correspondiente.

2.2. ¿Qué plagas y patógenos agrícolas que afectan la producción de semillas de cacao se han presentado en el lote seleccionado durante los últimos años? Diligenciar tabla A2

Tabla A2. Presencia actual e histórica de plagas y patógenos agrícolas en el lote seleccionado

Año	Cultivo	Plagas y patógenos	Plagas y patógenos de mayor importancia
Presente aaaa ¹			
Pasado aaaa ¹			
Antepasado aaaa ¹			
Trasantepasado aaaa ¹			

aaaa¹: escribir el año correspondiente.

3. Reconocimiento de lotes colindantes y revisión de variables ambientales

3.1. ¿Cuáles han sido las plagas y patógenos predominantes y los eventos climáticos importantes en la zona? ¿En qué fecha se presentaron? Diligenciar tabla A3

Tabla A3. Presencia de plagas y patógenos agrícolas en lotes colindantes al lote seleccionado, así como eventos climáticos o condiciones ambientales

Año	Uso de lotes colindantes			Cultivos	Plagas y patógenos	Eventos climáticos y condiciones ambientales		
	Ag.	Pe.	Ot.			Sequía	Inundación	Otra. ¿Cuál?
Presente aaaa ¹								
Pasado aaaa ¹								
Antepasado aaaa ¹								
Trasantepasado aaaa ¹								
Últimos 10 años								
Últimos 20 años								

Ag.: Agrícola; Pe.: Pecuario; Ot.: Otro.

aaaa¹: escribir el año correspondiente.

4. Identificación del lote para el establecimiento de la producción de semilla

4.1. Verificación del certificado de uso de suelo (¿es de vocación agrícola, forestal, etc.?)

4.2. Verificar posibles zonas de riesgo geológico, ambiental, industrial o humano

4.3. Elaborar mapas o planos que contengan:

- Coordenadas geográficas y puntos cardinales.
- Área planeada para la producción de semillas.
- Lotes colindantes, bordes de cultivos.
- Árboles, cultivos similares cercanos, cultivos hospederos alternos, edificios, silos, otras estructuras que puedan albergar plagas y patógenos.
- Sitios con alta humedad y cuerpos de agua (v.g., ríos, pozos, etc.), drenajes, zanjas, zonas con depresiones y baches.
- Áreas de déficit hídrico, zonas de poca cobertura de riego.
- Vías de acceso y de transporte al lote de siembra de semilla.
- Identificar toda la potencial infraestructura del lote (v.g., zona de cargue y descargue de insumos, bodega de herramientas y equipos, almacenamiento de semilla, etc.).
- Ubicar en el lote todos los elementos para disminuir el riesgo de entrada de plagas y patógenos al lote de semilla (v.g., lavabotas o pediluvios con desinfectante [cal, yodo, hipoclorito, etc.], rodiluvios para la desinfección de las ruedas de vehículos, arcos de desinfección para vehículos, lavamanos con agua y jabón).

5. Visita técnica por parte de la autoridad competente junto con el productor de semilla para la verificación de la información presente y que además incluya:

5.1. Verificación de las distancias mínimas de barrera o tampón que deben existir con otros cultivos para la producción de semilla (Resoluciones 3168, 3888 y 780006 del ICA)

5.2. Verificar los tiempos mínimos de siembra y resiembra para cada especie (nota: especifique cuáles son estos)

5.3. Inspección del terreno y características del suelo (físicas, químicas y biológicas) y fuentes de agua para riego, adjuntar análisis de suelo y sanitarios

5.4. Reconocimiento del área de producción de semilla

5.5. Inspección de los bordes del área de producción de semilla

5.6. Implementación en el lote de elementos para disminuir el riesgo de entrada de plagas y patógenos al lote de semilla (v.g., elementos de protección personal [EPP], lavabotas, pediluvios, rodiluvios, arcos de desinfección, etc.)

Nota: La información recopilada en este apartado debe ser usada como soporte para determinar si el lote seleccionado es óptimo para la producción de semilla de calidad.



Glosario

Los conceptos del presente manual han sido tomados de las Resoluciones 780006 y 3168 del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA, 2015, 2020), de la FAO (2010, s. f.) , del Decreto 931 de 2018 del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y del *Glossary of Plant-Pathological Terms* (Shurtleff & Averre, 1997).

Área de crecimiento: área claramente definida en donde se disponen las plántulas para su desarrollo y crecimiento, se ubica en sitios en donde se garantice su manejo y control sanitario.

Área de injertación: comprende el área donde se ubica el material vegetal de propagación como plantas madres y patrones, entre otros, dispuestos para su injertación.

Asistente técnico: profesional de las área de conocimiento de agronomía, ingeniería agrícola, forestal, agroindustrial o aquellas profesiones que tenga la competencia para realizar actividades de manejo fitosanitario y producción de plantas de viveros.

Autocompatibilidad: capacidad genética de que el polen pueda fecundar óvulos del mismo clon.

Cacao: planta dicotiledónea de la familia Malvaceae y del género *Theobroma*, de ciclo vegetativo perenne, cuyo fruto es una baya conocida como “mazorca”, de la cual se extraen almendras o granos utilizados para la producción de chocolate.

Calidad material vegetal de propagación: conjunto de atributos del material vegetal de propagación que involucra los factores genéticos, físicos, fisiológicos y sanitarios.

Cámbium: tejido vegetal meristemático (formado por células indiferenciadas) lateral que puede generar elementos vasculares o de conducción, como el floema y el xilema, así como capas de súber o corcho que reemplazan la epidermis.

- Clon:** planta obtenida por cualquier método de propagación vegetativa y cuyo genotipo es idéntico al de la planta que le dio origen o grupo de plantas genéticamente idénticas que fueron obtenidas por propagación vegetativa de un individuo seleccionado.
- Cola de marrano:** desarrollo fisiológico anormal en el sistema radical de la planta causado por una mala postura de la semilla durante la siembra o por la falta de espacio para su desarrollo radical normal (tiempo excesivo en vivero).
- Compatibilidad:** característica primordial que sirve para lograr una unión exitosa entre los tejidos de cámbium, en el caso de los injertos, o la recepción y aceptación del polen, en la reproducción sexual.
- Copa:** parte área del injerto constituida por todas las ramas y la parte superior de la planta.
- Corte en bisel:** corte realizado al tallo de una planta en el proceso de injertación en un ángulo distinto al recto.
- Cotiledonares:** hojas simples que se desarrollan en el interior de una semilla; generalmente almacenan alimento y son las primeras partes de planta presentes cuando la semilla se abre y empieza a salir del sustrato. Son las encargadas de suministrar alimento a la planta mientras esta desarrolla hojas verdaderas.
- Cuello de ganso:** véase “cola de marrano”.
- Desinfección:** proceso que consiste en eliminar microorganismos infecciosos mediante el uso de agentes químicos o físicos.
- Dominancia apical:** crecimiento marcado de la planta hacia la punta (ápice) de cada rama o del tallo principal.
- Esquema de aseguramiento sanitario (EAS):** herramienta que establece las fases, las subfases y los tiempos de producción de semilla, así como las técnicas, los indicadores, las plagas y patógenos, los monitoreos, los muestreos, los manejos y la documentación necesaria para asegurar la calidad sanitaria de la semilla.
- Huerto básico:** grupo de plantas madres con madurez fisiológica, con estabilización de producción y plenamente identificadas con calidad genética y sanitaria de las cuales se obtendrá semilla, varetas y/o yemas para injertación
- Injertación:** método de propagación vegetativa artificial en el que una porción de tejido procedente de una planta (vareta) se une con otra ya asentada (patrón) con la finalidad de que crezca un solo organismo (semilla).
- Injerto:** asociación de dos plantas que viven en común sin perder su individualidad. Una de ellas se denomina “soporte” o “patrón”, y la otra, “clon” o “copa”.
- Material vegetal de propagación:** todo material vegetal viable de origen asexual que se use para multiplicación para siembra, comercialización y/u ornato.
- Meristemo:** tejido embrionario que se halla en los lugares de crecimiento de la planta

y está formado por células que se dividen continuamente para originar nuevos tejidos.

Patógeno: organismo u agente que origina y desarrolla una enfermedad en un hospedero o rango de hospederos; en este caso, una o varias plantas.

Plaga: cualquier especie, raza o biotipo vegetal o animal o agente patógeno dañino para las plantas o productos vegetales.

Patrón o portainjerto: planta que sirve de soporte al clon o copa, constituyendo parte del tronco y la totalidad del sistema radicular.

Porcentaje de prendimiento: porcentaje del número de árboles efectivos resultantes del proceso de injertación.

Productor: es toda persona natural o jurídica que se dedica a la producción, manejo, multiplicación de plántulas o plantas de vivero con fines de siembra o comercialización para la siembra en el país.

Propagación asexual: es aquella que se caracteriza por la ausencia de fusión de células y se efectúa utilizando partes de la planta diferentes a la semilla sexual. Por ejemplo, en cacao, se reproduce el material genético en vivero utilizando yemas de una planta adulta que son injertadas sobre patrones con el fin de conservar la identidad genética.

Propagación sexual: es aquella que se realiza por medio de una semilla sexual que resulta de la fusión de gametos masculinos y femeninos para producir un cigoto, que al desarrollarse formará en las embriófitas un embrión y este a su vez una nueva planta.

Pureza fenotípica: estándar de calidad que asegura que todos los individuos producto del proceso de injertación presenten características fenológicas similares en cuanto a morfología y estructura de la planta, así como las características propias, que los hacen deseables para un determinado objetivo productivo.

Pureza genotípica: hace referencia a semillas (varetas o yemas) procedentes de árboles élite, cuyos genes son los más selectos para una determinada repoblación.

Registro ICA: acto administrativo por el cual el ICA reconoce el cumplimiento de los requisitos, condiciones y procedimientos exigidos para realizar la actividad como productor o comercializador de material vegetal de propagación a través de vivero.

Reproducción vegetativa: tipo de propagación o multiplicación asexual de los vegetales a partir de células de la planta adulta. Por ejemplo, en cacao, se reproduce el material genético en vivero utilizando yemas de una planta adulta que son injertadas sobre patrones con el fin de conservar la identidad genética.

Semilla asexual: material vegetal de propagación que podrá comercializarse en forma de plántulas, plantas, esquejes, plantas injertadas, *stumps*, varetas portayemas, yemas, entre otros.

Semillero: área de terreno destinada a la ubicación de bolsas, bandejas, contenedores o materos llenos con sustratos preparados con turba, coco, arena, cascarilla de arroz, abono orgánico y otros, en las que se sembrará la semilla.

Sustrato: material sólido de origen natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que colocado en un contenedor de forma pura o mezclado, permite el desarrollo y anclaje del sistema radicular de la plántula. El sustrato puede intervenir o no en la nutrición de la planta y debe estar libre de plagas.

Trasplante: traslado de las plántulas del sitio en el que están arraigadas (germinador) al lugar donde se establecerán temporalmente para después fortalecerlas y enviarlas a sitio definitivo para su producción (vivero).

Trazabilidad: de acuerdo con el Decreto 931 de 2018 es el proceso que permite identificar una especie vegetal desde la producción de la semilla hasta la adquisición de los productos vegetales terminados por parte del consumidor final, incluida la producción de la semilla, la transformación, procesamiento, transporte, distribución y comercialización, y demás información asociada a todos los eslabones de la cadena productiva.

Umbráculo: techo artificial que cubre el área donde se ubican las plantas en bolsa.

Vivero: es un conjunto de instalaciones que cumple con los criterios técnicos para producir, multiplicar o comercializar material vegetal de propagación.



Corporación colombiana de investigación agropecuaria

Ante los nuevos retos que el campo enfrenta —como el cambio climático, la emergencia, invasión y reemergencia de plagas y patógenos, variabilidad climática, entre otros—, ¿cómo garantizar un mejor desempeño de los cultivos? Esta pregunta inquieta diariamente a los productores y su respuesta nace en las orillas de la ciencia.

Una de las claves para mejorar los desempeños agrícolas yace en el uso de semilla de calidad. Una semilla que satisfaga plenamente los atributos sanitarios, genéticos, físicos y fisiológicos que le brindan óptima calidad al material de reproducción. Pero ¿cómo producir semilla de calidad para el cultivo del cacao? En este manual, proponemos las recomendaciones mínimas requeridas para producir semilla de calidad, originadas desde la ciencia y la tecnología, con el fin de ser llevadas y puestas en práctica en el campo.

De manera breve y sencilla, pero rigurosa, comunicamos algunos de los avances científicos, de las estrategias y herramientas técnicas aplicadas a la producción de semilla de calidad de cacao, que serán de suma utilidad y provecho para los productores de semilla. Firmemente creemos que este mensaje, originado en la ciencia, debe llegar a quienes más lo requieren, los productores de semilla.



BAC

BIBLIOTECA AGROPECUARIA DE COLOMBIA

CORREO: **bac@corpoica.org.co**

TELÉFONO: **(57 1) 422 73 00 EXT. 1257 o 1274**

SKYPE: **[biblioteca.agropecuaria](https://www.skype.com/name/identifiers/alias/biblioteca.agropecuaria)**

www.agrosavia.co

Distribución gratuita

Prohibida su venta



**El campo
es de todos**

Minagricultura