

Manual de producción de semilla de aguacate criollo en vivero en los Montes de María



Rafael Segundo Novoa-Yáñez
Hernando Alberto Araújo-Vásquez
Jorge Cadena-Torres
Liliana María Grandett-Martínez
Leonardo Andrés López-Rebolledo
Blas Dagor Panza-Tapia
Magda Jenny Medina-Mérida

AGROSAVIA
EDITORIAL

Colección Prácticas Agropecuarias

Manual de producción de semilla de aguacate criollo en vivero en los Montes de María

Rafael Segundo Novoa-Yáñez
Hernando Alberto Araújo-Vásquez
Jorge Cadena-Torres
Liliana María Grandett-Martínez
Leonardo Andrés López-Rebolledo
Blas Dagor Panza-Tapia
Magda Jenny Medina-Mérida

Mosquera, Colombia, 2023

AGROSAVIA
EDITORIAL

Colección Prácticas Agropecuarias

Manual de producción de semilla de aguacate criollo en vivero en los Montes de María. / Rafael Segundo Novoa Yánez [y otros seis]. -- Mosquera, (Colombia) : AGROSAVIA, 2023.

98 páginas (Colección Prácticas Agropecuarias)

Incluye referencias bibliográficas, gráficos y fotografías.

ISBN e-Book: 978-958-740-704-4

1. *Persea americana* 2. Producción de semillas 3. Cultivos 4. Fisiología vegetal 5. Siembra 6. Medidas fitosanitarias 7. Control de plagas 8. Bolívar (Colombia) 9. Sucre (Colombia).

Palabras clave normalizadas según Tesauro Multilingüe de Agricultura -Agrovoc
Catalogación en la publicación – Biblioteca Agropecuaria de Colombia

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA

Centro de Investigación Turipaná. Kilómetro 13 vía Montería-Cereté, Córdoba. Código postal: 230550, Colombia.

Esta publicación es el resultado del trabajo realizado por la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-AGROSAVIA, en el marco del proyecto “Plan Nacional de Semillas: Programa de fortalecimiento al sistema nacional de semillas producto de la intervención de sistemas locales de semillas”.

Colección Prácticas Agropecuarias

Tipología: Manual

Fecha de recepción: 28 de noviembre de 2022

Fecha de evaluación: 19 de diciembre de 2022

Fecha de aceptación: 5 de junio de 2023

Primera edición digital: 2023

editorial@agrosavia.co

Edición: Jorge Enrique Beltrán Vargas

Corrección de estilo: Juan Solano

Diagramación: Javier Alberto Barbosa

Citación sugerida: Novoa-Yánez, R. S., Araújo-Vásquez, H. A., Cadena-Torres, J., Grandett-Martínez, L. M., López-Rebolledo, L. A., Panza-Tapia, B. D., & Medina-Mérida, M. J. (2023). *Manual de producción de semilla de aguacate criollo en vivero en los Montes de María*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-AGROSAVIA. <https://doi.org/10.21930/agrosavia.manual.7407044>

Cláusula de responsabilidad: AGROSAVIA no es responsable de las opiniones ni de la información recogida 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://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

Contenido

Agradecimientos	7
Introducción	9
Estructura del manual	11
Objetivos y alcance	12

Capítulo I

Descripción de la subregión de los Montes de María	15
Ubicación y características	15
Origen del aguacate en los Montes de María	17
El aguacate tipo criollo	19

Capítulo II

Normatividad para la producción de semilla de aguacate criollo	23
--	----

Capítulo III

Fisiología del aguacate	27
Floración del aguacate	27
Desarrollo del fruto	30
La semilla del aguacate	32
El proceso de maduración de los frutos	33
Latencia de la semilla	34

Capítulo IV

Metodología para la producción de semilla de calidad de aguacate	37
Viveros para la producción de materia de siembra de aguacate	38
Colecta de semilla sexual	45
Preparación del sustrato	48
Llenado de las bolsas	50
Despulpe de frutos y extracción de la semilla	51
Despunte de la semilla	53
Desinfección de la semilla	53
Siembra de la semilla	54
Trasplante	55
Injertación	57
Manejo de árboles injertados	61
Trazabilidad del proceso	62

Capítulo V

Calidad del material de siembra de aguacate producido	65
Manejo sanitario	67
Artrópodos plagas	68
Enfermedades	70
Recomendaciones generales	77
Referencias	79
Anexos	89
Autoría	93

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-AGROSAVIA, por brindar la oportunidad, la confianza y el financiamiento a través del macroproyecto “Plan Nacional de Semillas: Programa de fortalecimiento al sistema nacional de semillas producto de la intervención de sistemas locales de semillas”, que permitió desarrollar las actividades en la producción de semilla de calidad de aguacate en la subregión de los Montes de María.

Igualmente, manifiestan un especial agradecimiento a los productores de aguacate de Montes de María y sus organizaciones Asopram, Asopagro, Asopasbol y María la Alta, por compartir sus conocimientos y experiencias durante las visitas a sus fincas, lo cual resultó fundamental para el reconocimiento de las variedades de aguacate trabajadas en la zona y la identificación de los mejores materiales. Asimismo, agradecemos a todas las personas que nos acompañaron en el desarrollo de las actividades de producción de semilla de calidad de aguacate y en la ejecución del proyecto con las organizaciones de productores.

Finalmente, agradecemos a la Editorial de AGROSAVIA por facilitar y apoyar todo el proceso para lograr la publicación de este manual.



Introducción

El aguacate es considerado, después de los cítricos, una de las frutas de mayor importancia económica para muchos pobladores de las zonas rurales, especialmente en los países del trópico y subtrópico (Bernal-Estrada et al., 2020). "Esto se debe a que presenta un valor cada vez más alto en el mercado para el consumo en fresco, además de su utilización como materia prima en la extracción de aceites y grasas para la industria de los cosméticos" (Bernal-Estrada et al., 2020).

En Colombia las variedades más cultivadas son Lorena, Trinidad, Booth 8, Fuerte, Hass, Trapo, Santana, Colin Reed y Ettinger. "Se calcula que en el país hay alrededor de 13.000 productores en cerca de 18.113 unidades productivas cuya principal actividad económica se deriva de este cultivo" (Gómez & Pinzón, 2019). Por tanto, las áreas de siembra y la producción presentan una tendencia creciente, debido a la ampliación de los mercados de exportación hacia Estados Unidos, Países Bajos, Reino Unido, España, Bélgica, Francia, Alemania, Argentina y Rusia, al igual que la apertura de nuevos mercados en algunos países de Asia como Japón, China y Corea (Arias et al., 2018).

A nivel comercial, las exportaciones de aguacate en Colombia en el 2019 tuvieron un incremento del 42 % con respecto al 2018, ascendiendo al orden de los USD \$89 millones (Peláez-Peinado & Núñez-Cadavid, 2020). Como consecuencia de lo anterior, surge la necesidad de disponer de semillas de aguacate de alta calidad para el establecimiento de nuevas plantaciones o cultivos, pues ese es uno de los factores de éxito para obtener mayores rendimientos en los frutos (Bernal-Estrada et al., 2020). Por estas razones, la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-AGROSAVIA, a través de sus diferentes líneas de investigación, busca generar acciones que respondan a las necesidades de los agricultores, entre estas el Plan Nacional de Semillas (PNS). En el caso del aguacate en los Montes de María, AGROSAVIA ha avanzado en la identificación y caracterización de árboles que presentan atributos para ser utilizados como fuentes de semilla (árboles madre). Estos presentan características

diferenciales en cuanto a su calidad física, fisiológica, genética y sanitaria, aspectos requeridos para ser utilizados en programas locales de producción de semillas. Estos logros han sido registrados inicialmente en el Procedimiento Operativo Estandarizado (POE), documento interno de la corporación.

Teniendo en cuenta la necesidad de poner a disposición del público los conocimientos generados, y debido a la actual importancia de este cultivo en la economía del país, se ofrece el presente *Manual de producción de semilla de aguacate criollo en vivero en los Montes de María*. Este documento recoge las experiencias y el conocimiento adquirido en los procesos de producción de material de siembra y el uso de semilla de aguacate criollo, a partir del trayecto recorrido con las organizaciones de productores durante la ejecución de la primera vigencia del PNS. Con esta publicación se busca contribuir al cambio técnico del sector agropecuario en Colombia.

Estructura del manual

Este manual se organiza en componentes relacionados con la secuencia ordenada del proceso de producción de plantas y semillas de alta calidad de aguacate. De este modo, se presenta, inicialmente, el contexto de la subregión de los Montes de María y del sistema productivo. En los apartados siguientes se abordan las características de la semilla de aguacate, la normatividad vigente y continúa con la descripción de los procesos de producción de semillas, incluyendo la colecta de frutos en árboles seleccionados, el despulpe y procesamiento de la semilla y la obtención de plántulas en el vivero. En estos últimos procesos se ha incorporado el conocimiento ancestral de los productores y las tecnologías de producción desarrolladas por AGROSAVIA para la subregión.

Objetivos y alcance

El objetivo fundamental de este manual es ofrecer una herramienta básica de consulta dirigida a productores, organizaciones, asistentes técnicos, extensionistas rurales y al público en general que esté vinculado o interesado en el proceso de la multiplicación de semilla de aguacate. Este manual ofrece conocimientos prácticos y validados que respaldan la producción de semilla de aguacate en los Montes de María.

Igualmente, se pretende contribuir al fortalecimiento del sistema productivo de aguacate en esta subregión, aportando conocimientos para mejorar las prácticas de manejo del material de siembra, en respuesta a la problemática sanitaria que se experimenta allí actualmente. Además, se busca propiciar la disponibilidad de material de siembra de alta calidad para la siembra de nuevas áreas y el repoblamiento de áreas afectadas por problemas ambientales y sanitarios.





Capítulo I

Descripción de la subregión de los Montes de María

Ubicación y características

La subregión de los Montes de María se encuentra ubicada al norte de Colombia y abarca parte de los departamentos de Bolívar y Sucre. Tiene una extensión de 629.000 hectáreas, las cuales, según la clasificación de Holdridge (2000), hacen parte de la zona agroecológica denominada bosque seco tropical (BST), que se caracteriza por presentar temperaturas altas, alta evaporación, baja precipitación y humedad relativa (Kottek et al., 2006; Osorio-Almanza et al., 2017).

Esta es una zona dominada por montañas y lomeríos de poca altura, que apenas alcanzan los 1.000 m s. n. m., pero con pendientes pronunciadas, entre las que sobresalen los cerros Maco (800 m s. n. m.), La Cansona (420 m s. n. m.) y La Pita (600 m s. n. m.) (Aguilera Díaz, 2013). Sin embargo, en la subregión también se encuentran zonas con tierras planas y zonas litorales (Kottek et al., 2006; Osorio-Almanza et al., 2017). Por su parte, la zona montañosa ocupa la mayor proporción del área de la subregión, pues allí se

encuentran las serranías de San Jacinto y San Jerónimo. Según la descripción del área realizada por Aguilera-Díaz (2013), la zona plana se encuentra en menor proporción y se extiende por dos ramales. El primero se ubica entre el municipio de El Carmen de Bolívar hacia el río Magdalena y cobija parte de los municipios de El Guamo, Zambrano, Córdoba, San Juan Nepomuceno, San Jacinto y Carmen de Bolívar. El segundo ramal se extiende entre los municipios de Toluvié y María La Baja. La zona de litoral bordea el golfo de Morrosquillo y prácticamente toda su extensión corresponde al municipio de San Onofre.

El régimen climático en la subregión es prevalentemente seco, con temperaturas cálidas a moderadas, que están entre 26 °C - 30 °C y entre 20 °C - 24 °C respectivamente. La precipitación anual promedio es de 1.500 mm y la humedad relativa varía entre el 75 % y 85 %. El régimen pluviométrico es bimodal, con valores máximos de precipitación que ocurren en el primer semestre del año, entre los meses de mayo a junio; y en el segundo semestre entre los meses de septiembre a noviembre (PNUD et al., 2003).

En la subregión de los Montes de María nacen y corren numerosos arroyos y riachuelos que se han aprovechado en la construcción de una gran cantidad de reservorios y minidistritos de riego. El principal espejo de agua en la subregión es la represa de Matuya, construida en la década de 1960 con financiación del BID (Aguirre et al., 2016), que abastece de agua al distrito de riego de María La Baja para la siembra de cultivos de arroz y palma de aceite. Otros arroyos importantes son: Grande Pichilín, Mancomoján, Alférez, Grande de Huamanga y Matuya, estos dos últimos son los que surten de agua al distrito de riego de María La Baja. En la subregión también se encuentra el acuífero Morroa, una importante fuente de abastecimiento de agua potable para los acueductos de las principales cabeceras municipales en los Montes de María (Aguilera-Díaz, 2013).

Los suelos en la subregión son de fertilidad baja a moderada, pedregosos y con buen drenaje. Dadas las altas pendientes que dominan el paisaje, son suelos vulnerables y sujetos a la erosión por escorrentías fuertes que ocurren en épocas de invierno (Aguilera-Díaz, 2013).

La población de los Montes de María es de 422.434 habitantes —la mayoría ubicados en las zonas rurales (PNUD et al., 2003)—, presenta altos niveles de pobreza y bajo acceso a servicios básicos como electricidad, agua o alcantarillado, así como a educación, salud y empleo (Aguilera-Díaz, 2013).

La subregión está compuesta por 15 municipios, ocho (8) en el departamento de Sucre y siete (7) en el departamento de Bolívar. Los municipios de Ovejas, Chalán, Colosó, Morroa, Los Palmitos, San Onofre, San Antonio de Palmito y Toluviejo corresponden a Sucre. Por su parte, los municipios de El Carmen de Bolívar, María La Baja, San Juan Nepomuceno, San Jacinto, Córdoba, El Guamo y Zambrano están ubicados en Bolívar. El principal centro poblado de la región es El Carmen de Bolívar, alrededor del cual se mueve toda la actividad agrícola y económica de la subregión, pues se encuentra estratégicamente ubicado cerca de las principales vías de comunicación con que cuenta la subregión (Aguilera-Díaz, 2013).

Con relación al acceso a la zona por vía aérea, actualmente se encuentra recuperado en su totalidad el antiguo aeródromo ubicado en El Carmen de Bolívar, denominado Aeropuerto Montemariano, el cual se encuentra listo para entrar en operación con rutas de tipo regional. Mientras tanto, se puede acceder a través del Aeropuerto Las Brujas, ubicado en la ciudad de Corozal (Aguilera-Díaz, 2013).

La economía de la subregión de los Montes de María está basada, esencialmente, en actividades de tipo agropecuario. Los principales productos que se ofrecen al mercado son yuca, ñame, maíz, arroz, ajonjolí, plátano, tabaco negro, café y aguacate (Aguilera-Díaz, 2017). En las zonas de topografía plana se ubica la producción intensiva de ganadería de carne y la producción de maderas. Recientemente se han introducido, y se vienen desarrollando, otros cultivos comerciales como la palma de aceite, cacao, berenjena y batata (Aguilera-Díaz, 2013). Dada la topografía y las características de los suelos, la principal vocación de la región es la agricultura en sistemas agroforestales (Aguilera-Díaz, 2017).

Origen del aguacate en los Montes de María

El origen del aguacate se ha establecido, inicialmente, en las laderas medias a altas de México y Guatemala. Desde estos países, el aguacate se extendió hacia el norte y el sur y colonizó territorios en el sur de los Estados Unidos, Costa Rica, Salvador, Nicaragua, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela (Vega, 2012). La primera referencia escrita acerca de especie en la literatura se le atribuye al conquistador español Martín Fernández de Enciso, quien en el año 1519 presentó una publicación denominada *Suma de geografía*, en la cual menciona haber observado el uso y consumo del aguacate por parte de los pobladores indígenas en los parajes vecinos a la Sierra Nevada de Santa Marta, por lo que su descubrimiento se le atribuye a este conquistador (Vega,

2012). Dado el interés que despertó entre los conquistadores el uso del aguacate en la alimentación y como medicina, esta fruta se diseminó hacia otras partes del mundo, especialmente Europa, Asia y las Antillas (Vega, 2012).

El aguacate ingresó originalmente a los Montes de María en el siglo pasado, debido al interés por establecer cultivos de café en la subregión. El aguacate en este caso serviría como sombrío permanente a las plantas de café. Sin embargo, con el tiempo, el cultivo de café desapareció poco a poco y solo sobrevivió en algunas pequeñas áreas en el cerro Maco en San Jacinto, mientras que los árboles de aguacate prevalecieron y se han propagado de forma natural. Por lo tanto, no existen cultivos propiamente dichos, sino áreas de bosque de regeneración entre los cuales se encuentran árboles de aguacate de más de treinta años y gran altura (Vega, 2012).

La clasificación taxonómica del aguacate lo ubica en el orden Laurales, suborden Magnolinales, familia Lauraceae, género *Persea*. El género *Persea* se subdivide en dos subgéneros: *Persea* y *Eriodaphne*, siendo la primera la que incluye al aguacate, cuyo nombre científico es *Persea americana* Mill (Bergh & Ellstrand, 1986; Barrientos & López, 1998; Sánchez-Pérez, 1999). Dentro de la especie *Persea americana* se pueden distinguir al menos tres razas: mexicana, guatemalteca y antillana (Storey et al., 1986). Algunos autores describen una cuarta raza denominada *costaricensis* (Bernal-Estrada et al., 2017).

El aguacate que ingresó a los Montes de María pertenece a la subespecie antillana (*P. americana* var. *americana*), de los ecotipos cebo, leche y manteco (Vega, 2012), la cual se caracteriza por desarrollar frutos de gran carnosidad, tamaño y peso. La subespecie antillana se adapta bien a zonas de baja altitud (<1.000 m s. n. m.) y altas temperaturas (18-26 °C), como las que se encuentran en los Montes de María. Es muy común que el aguacate producido en los Montes de María se comercialice de manera informal a lado y lado de las principales vías que atraviesan la subregión, pero adicionalmente se empaca y comercializa en las centrales de abastos de las principales ciudades del Caribe y el interior del país, donde es altamente apreciado por su tamaño y calidad. Los principales centros de comercialización son Barranquilla, Medellín, Montería y Sincelejo (Méndez-Prada, 2016).

Es difícil cuantificar el área sembrada de aguacate en los Montes de María, no obstante, los reportes de las estadísticas gubernamentales (Agronet, 2020) indican que para el 2019 se registraba un área total de 3.400 hectáreas, con una clara tendencia a la disminución. Esta tendencia se atribuye a la muerte paulatina de los árboles

de aguacate, ocasionada por una enfermedad conocida como marchitamiento del aguacate, la cual es causada por el hongo *Phytophthora cinnamomi* Rands (Osorio-Almanza et al., 2017). La principal medida para el control del marchitamiento del aguacate es evitar la contaminación con el patógeno *P. cinnamomi*, para lo cual es de suma importancia realizar las siembras con plantas producidas bajo condiciones de vivero, que aseguren la sanidad del material de siembra, producidas en medios de cultivo sanos y limpios (Osorio-Almanza et al., 2017). De allí la importancia de este manual para la producción de semilla de aguacate criollo.

El aguacate tipo criollo

La raza antillana, muy probablemente, tuvo su origen en las costas del Pacífico de Centroamérica, en los alrededores de Guatemala y Costa Rica desde donde se distribuyó a países como Colombia (Storey et al., 1986). Las razas Antillana, Mexicana y Guatemalteca tuvieron un posible surgimiento durante el proceso de domesticación de la especie, a través del aislamiento geográfico en que se desarrollaron y los procesos de selección natural y la selección realizada directamente por el hombre (Bergh, 1992; Storey et al., 1986). Estudios realizados a las tres subespecies o razas indican que su composición genética es muy similar, por lo que se concluye que se encuentran muy emparentadas genéticamente (Barrientos & López, 1998; Bergh & Ellstrand, 1986).

Las tres razas tienen características morfológicas y de adaptación que las distinguen, así:

La raza mexicana presenta adaptación a alturas superiores a 2.000 m s. n. m., plantas con tolerancia al frío, adaptadas al clima frío a medio, alta pubescencia, frutos pequeños de corteza delgada y cerosa, semilla grande, pulpa pequeña, muchas veces con presencia de fibras, cubierta seminal suave y alto contenido de aceite. Las principales variedades representativas de esta raza son Azteca, Fuerte, Nabal, Ettinger, Bacon, Duke, Wurtz (Vega, 2012).

La raza guatemalteca presenta adaptación a ambientes subtropicales con alturas entre 1.000 y 2.000 m s. n. m., menor pubescencia, tolerancia intermedia al frío, frutos de tamaño intermedio, corteza del fruto bastante gruesa y rugosa, semilla pequeña y redonda, cubierta seminal suave, alto contenido de aceite. Las variedades

representativas de esta raza son Choquette, Hass, Simpson, Guatemala, Linda, Reed, Itzamna, Fujikawa, Hall (Vega, 2012).

La raza antillana, por el contrario, presenta adaptación a ambientes tropicales y temperaturas altas, menor pubescencia, frutos grandes, carnosos, corteza del fruto media, semilla de tamaño variable, cubierta seminal rugosa y bajo contenido de aceite. Las principales variedades pertenecientes a esta raza son Lorena, Peterson, Wilson, Simmonds, Booth 8, Catalina y criollo (Vega, 2012).

Los aguacates que se encuentran en la subregión de los Montes de María pertenecen a una variedad denominada criollo o regional, perteneciente a la raza antillana. Esta se ha constituido en una importante fuente de ingresos para la población rural, debido a sus frutos grandes y carnosos, muy demandados en los mercados de ciudades como Montería, Sincelejo, Cartagena y Barranquilla (Aguilera-Díaz, 2013).

Una de las características más importantes del aguacate criollo producido en los Montes de María es el uso común de la semilla sexual de esta raza en viveros comerciales para la producción de plantas para injertación, debido a que se le atribuyen características de rusticidad, tolerancia a enfermedades y adaptación a factores de estrés (Cañas-Gutiérrez et al., 2015). El presente manual para la producción de semilla hace referencia a los requisitos fitosanitarios, cuidados y el manejo que debe recibir la producción de semilla de aguacate criollo de la raza antillana en los Montes de María, para su uso en viveros y plantaciones comerciales.







Capítulo II

Normatividad para la producción de semilla de aguacate criollo

La normativa actualmente vigente para el proceso de producción y comercialización de semilla de calidad de aguacate está contenida en la Resolución ICA 780006 del 25 de noviembre del 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”. A través de esta norma, el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) ha definido los lineamientos para el registro de los viveros y huertos básicos dedicados a la producción y comercialización de material vegetal de propagación o plantas vivas para la siembra u ornato en el país.

Según lo establecido en esta reglamentación, los viveros que se dediquen a esta actividad deben registrarse en la Gerencia Seccional del ICA de la jurisdicción donde se encuentra ubicado el vivero o huerto básico, mediante la radicación de una solicitud que contenga información relativa a las capacidades de la empresa o vivero (ICA, 2020). La Gerencia Seccional del ICA, en un plazo máximo de quince días hábiles, contados a partir de la fecha de radicación de la solicitud de registro, revisará la documentación e

indicará al solicitante si debe realizar aclaraciones de la información presentada. El interesado cuenta con un plazo de quince días hábiles para dar respuesta y allegar la información o requisitos faltantes. Cumplido el trámite anterior, la Gerencia Seccional del ICA realizará una visita técnica para verificar que el vivero cumple con los requisitos para la producción de plántulas y el manejo de semillas, en específico en lo referente a la infraestructura física disponible en los viveros e instalaciones para los huertos básicos, así como el cumplimiento de las condiciones fitosanitarias y de manejo de material vegetal (ICA, 2020). El resultado de la visita de inspección es un acta suscrita por ambas partes, en la que consta el correspondiente concepto técnico que puede ser aprobado, aplazado o rechazado y formará parte del soporte para la expedición del registro. Una vez cumplidos todos los requisitos anteriores, la Gerencia Seccional del ICA expedirá un concepto de aprobación mediante un acto administrativo, con lo cual el vivero o huerto básico quedará oficialmente registrado ante el ICA, lo cual tendrá una vigencia indefinida. El ICA periódicamente realizará visitas de supervisión para verificar el cumplimiento de los requisitos fitosanitarios e inspeccionar temas como el manejo, movilización, tratamiento y rotulado del material vegetal de propagación (ICA, 2020).

Otra de las normas a tener en cuenta por los viveristas dedicados a la producción de plántulas de aguacate es la Resolución ICA 1507 del 22 de febrero de 2016, “Por medio de la cual se declaran las plagas de control oficial en el cultivo de aguacate *Persea americana* Miller en el territorio nacional y se establecen las medidas para su manejo y control”. En esta resolución se declaran las siguientes plagas como “de control oficial en el cultivo de aguacate” (ICA, 2016):

- Barrenadores de la semilla *Heilipus lauri* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) y *Heilipus trifasciatus* (Fabricius) (Coleoptera: Curculionidae).
- Barrenador del fruto, semillas y ramas *Stenoma catenifer* Walsingham (Lepidoptera: Oecophoridae).

Esta resolución establece que es obligatorio el monitoreo fitosanitario de los cultivos y viveros, el cual debe quedar documentado. En caso de detectar la presencia de plagas o daños asociados a estas, se debe informar a la oficina más cercana del ICA o a la Dirección Técnica de Epidemiología y Vigilancia Fitosanitaria del ICA. Además, dicha resolución plantea la obligatoriedad de realizar actividades de manejo integrado y control de plagas, a través de medidas como el establecimiento de los viveros y cultivos con semilla sana —en lo posible producida en viveros registrados ante el ICA—, labores culturales como podas, riegos, fertilizaciones, manejo de malezas,

colecta de frutos maduros y sobremaduros caídos, entre otras disposiciones que allí se indican (ICA, 2016).

Por otro lado, el ICA ha establecido las obligaciones de quienes posean o manejen plantas o material vegetal de aguacate en el país. Estas incluyen, por una parte, cumplir con las medidas fitosanitarias de la anterior resolución y asumir la responsabilidad por el monitoreo del estado fitosanitario de cultivos y viveros. Por otra parte, se debe comunicar al ICA la presencia de plagas reglamentadas y participar de las convocatorias del ICA en las temáticas relacionadas con campañas de manejo de las plagas reglamentadas para el cultivo de aguacate (ICA, 2016).



Capítulo III

Fisiología del aguacate

Floración del aguacate

Las flores del aguacate presentan estructuras femeninas y masculinas viables en la misma flor. Sin embargo, las plantas presentan una separación temporal en el proceso de floración, fenómeno conocido como *dicotomía sincrona*, o separación temporal en la maduración de los sexos dentro de la misma flor. Este proceso se conoce técnicamente como *protoginia*, a través del cual el gineceo (u órgano femenino de la flor) madura antes que el androceo (u órgano masculino), de tal forma que las flores se abren en dos oportunidades. En la primera apertura, el estigma está receptivo, pero los estambres no han alcanzado la madurez suficiente para liberar polen y fertilizar la misma flor (Bernal-Estrada et al., 2020; Lobo, 1977).

Por otro lado, cuando las flores abren por segunda vez, los estambres ya están maduros y liberan polen, pero el estigma de la misma flor ya no se encuentra receptivo. Esto quiere decir que la flor del aguacate abre por periodos de dos días, comportándose como flor femenina en la primera apertura, en el primer día, y como flor masculina durante la segunda

apertura, en el segundo día (Davenport, 1986; Lobo, 1977). Bajo estas circunstancias, las flores no pueden ser fecundadas por el polen de la misma flor (o autofecundarse), sino que requieren que las flores de otros árboles a su alrededor estén liberando polen viable cuando sus estigmas se encuentran receptivos (Lobo, 1977). Por lo anterior, para que ocurra una polinización efectiva de las flores en los cultivos comerciales es necesario el establecimiento de árboles con distintos patrones de floración. De esta manera, algunos árboles liberan el polen requerido para la polinización de flores de los árboles cercanos, cuyas estructuras femeninas se encuentre receptivas. Este fenómeno ocurre debido a que todas las flores que alcanzan la madurez en el mismo árbol abren y cierran al unísono, siendo muy difícil que ocurra la fertilización de las flores con polen proveniente del mismo árbol.

Con relación a lo anterior, se han identificado dos patrones de floración en el aguacate. El primero se denomina tipo A, en el cual las flores abren por primera vez y actúan como femeninas en las primeras horas de la mañana y cierran al mediodía o en las primeras horas de tarde (figura 1). Luego, esas mismas flores abren por segunda vez, en la tarde del siguiente día, actuando en esta oportunidad como masculinas (Lobo, 1977). En el segundo patrón de floración, denominado tipo B, las flores actúan como femeninas y abren por primera vez al mediodía y cierran al final de la tarde, mientras que la segunda apertura, en la cual las flores actúan como masculinas, ocurre en la mañana del día siguiente o subsiguiente (figura 2) y depende de las condiciones ambiente en campo (Lobo, 1977).

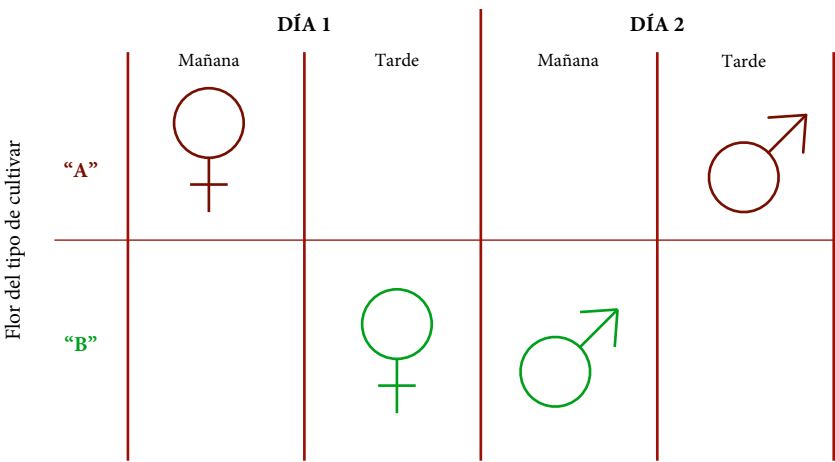


Figura 1. Momentos de florecimiento del aguacate para flores tipo “A” y “B”.
Fuente: Adaptado de UC Riverside-College of Natural & Agricultural Sciences (s.f.)

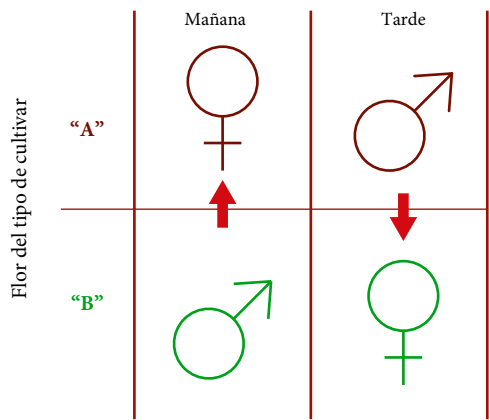


Figura 2. Patrones de floración del aguacate bajo las mismas condiciones en campo. Las flechas amarillas indican el movimiento del polen entre los tipos de flores complementarias.
Fuente: Adaptado de UC Riverside-College of Natural & Agricultural Sciences (s.f.)

Para resolver la situación mencionada y asegurar una polinización efectiva de las flores en las plantaciones o cultivos comerciales, se recomienda la alternancia de genotipos con Floración Tipo A y B, en proporción 4:1 durante la siembra. La tabla 1 presenta la clasificación de los patrones de floración de algunas de las variedades más conocidas de aguacate en Colombia.

Tabla 1. Patrón de floración de algunos genotipos de aguacate

Genotipo	Patrón de floración	
	Tipo A	Tipo B
Hass	X	
Choquette	X	
Lorena	X	
Booth 1	X	
Booth 8		X
Booth 7		X
Santana	X	
Trinidad	X	
Fuerte		X

Fuente: Lobo (1977)

El polen del aguacate no se dispersa por el viento debido a su consistencia cerosa y pegajosa. Esto hace que los granos se adhieran unos a otros entre sí, formando conglomerados de mayor peso, lo que dificulta su transporte por el aire (Davenport, 2011). Por esta razón, la presencia de agentes polinizadores en las plantaciones de

aguacate es importante para transferir el polen entre árboles. Entre los principales agentes polinizadores identificados en el aguacate están las abejas, avispas y moscas (Carabalí-Banguero et al., 2021; Dymond et al., 2021). En contextos donde los polinizadores naturales son escasos en plantaciones comerciales, se ha implementado con éxito el establecimiento de panales con abejas melíferas para favorecer la polinización (Carabalí-Banguero et al., 2021; Dymond et al., 2021).

Desarrollo del fruto

La duración del periodo de floración en el aguacate varía según las variedades o genotipos y el comportamiento del clima. En promedio, abarca de dos a tres meses para la mayoría de los cultivares (Papademetriou, 1976). Algunos cultivares inician el periodo de floración a finales de un año y continúan hasta los primeros meses del siguiente, mientras que otros florecen continuamente durante periodos prolongados de tiempo, llegando hasta los siete meses (Papademetriou, 1976).

En la subregión de los Montes de María se presentan dos periodos de floración. El primero, o periodo principal, ocurre a finales de año, entre los meses de octubre a diciembre, mientras que el segundo, o secundario, se da entre mayo y junio. Estos periodos de floración varían en intensidad y duración, lo que resulta en la presencia simultánea de frutos de diferentes edades en el árbol y un flujo permanente de producción que es más abundante en el primer semestre que en el segundo. La predominancia del flujo floral a finales de año es afectada principalmente por el comportamiento del clima, en especial por la temperatura y la precipitación. Como consecuencia, en los Montes de María, la producción de aguacate, aunque es permanente, se concentra mayormente entre los meses de abril y junio, con una segunda cosecha en el segundo semestre que puede ir desde septiembre hasta noviembre (Vega, 2012). En otras regiones del país con clima medio, en especial en áreas sembradas con aguacate Hass, el flujo floral del primer semestre supera al del segundo semestre y la cosecha se concentra a finales de año (Bernal-Estrada et al., 2017).

Una vez realizada la polinización de la flor, comienza el proceso de formación del fruto del aguacate. El fruto se desarrolla a partir de los tejidos del pistilo de la flor. La fecundación desencadena un activo proceso de división y expansión celular, que son responsables del aumento en el tamaño de los frutos. La fecundación del óvulo da lugar a la formación de un embrión que estimula el proceso de división celular (Schroeder, 1958).

Aunque se reconoce que tanto la división como la expansión celular ocurren simultáneamente durante el proceso de formación de los frutos, se ha demostrado que, en el aguacate, la expansión celular es más intensa solamente durante los primeros estados de desarrollo del fruto. Luego, cuando la fruta ha alcanzado aproximadamente la mitad de su tamaño final, la expansión de las células disminuye, mientras que las divisiones celulares continúan hasta que el fruto alcanza sus dimensiones máximas. Esta es una característica única del aguacate, en la cual la fase final del crecimiento de los frutos no se debe tanto a la expansión celular como al aumento en su número (Bower & Cutting, 1988; Schroeder, 1958). En este sentido, a diferencia de otro tipo de frutos, la división celular no se limita solamente al periodo inicial de crecimiento, sino que también continúa durante todo el proceso de desarrollo del fruto, incluso en la etapa de madurez cuando el fruto todavía está unido al árbol que lo generó (Van Den Dool & Wolstenholme, 1983). El periodo de formación del fruto, desde la fertilización de flor hasta la madurez de este, oscila entre cinco y ocho meses, dependiendo de la variedad (Amórtégui, 2001).

Los seguimientos realizados para evaluar el aumento de peso y volumen de los frutos del aguacate indican un comportamiento o curva sigmoidal (Robertson, 1971; Valmayor, 1964). En esta curva, la división celular es muy activa, especialmente en el mesocarpio o parte carnosa del fruto y, en su mayor medida, es responsable de las variaciones en el tamaño del fruto (Barmore 1977; Valmayor 1964). En algunos casos, se ha observado que la expansión celular se detiene cuando el fruto alcanza aproximadamente el 50 % de su tamaño, mientras que la división celular explica el crecimiento que se presenta durante la parte final de formación del fruto (Bower & Cutting, 1988; Cummings & Schroeder, 1942).

El proceso de crecimiento del fruto del aguacate está fuertemente asociado con la actividad hormonal. Al inicio de la formación del fruto, se ha detectado un aumento en la actividad auxínica, la cual se ha vinculado con las relaciones fuente-demanda y el transporte de los carbohidratos necesarios para la formación de los frutos. De igual forma, se ha detectado la presencia de citoquininas, las cuales cumplen una función crucial en los procesos de división celular, y el ácido abscísico, asociado con el desarrollo del mesocarpio del aguacate; esta sustancia alcanza su punto máximo en la etapa de madurez del fruto (D'Asaro, 2017).

La semilla del aguacate

El fruto del aguacate es una baya de un solo carpelo que contiene una única semilla (figura 3). Por lo general, el fruto presenta asimetría en el ápice debido al crecimiento diferencial de los lados opuestos del fruto. El fruto consta de tres capas: exocarpio, que es la piel o corteza; mesocarpio carnoso, que corresponde a la porción comestible; y una fina capa interna junto a la semilla, que es el endocarpio. La semilla es grande y conspicua, compuesta por dos cotiledones carnosos, una plúmula, con su hipocótilo y la radícula, unidos centralmente (figura 4). El almidón es el principal material de almacenamiento en los cotiledones para el proceso de germinación y formación de las nuevas plantas. Los cotiledones presentan un sistema vascular que se extiende desde el pedicelo, ramificándose de manera asimétrica por el mesocarpio hasta alcanzar el embrión. Desde el embrión, los haces vasculares se extienden en paralelo a la superficie plana de los dos cotiledones (Cummings & Schroeder, 1942).

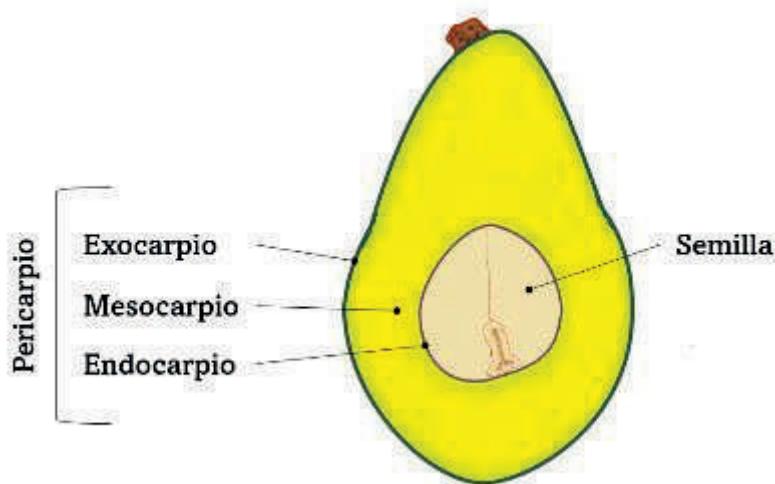


Figura 3. Diagrama de las partes del fruto de aguacate.

Fuente: Elaboración propia

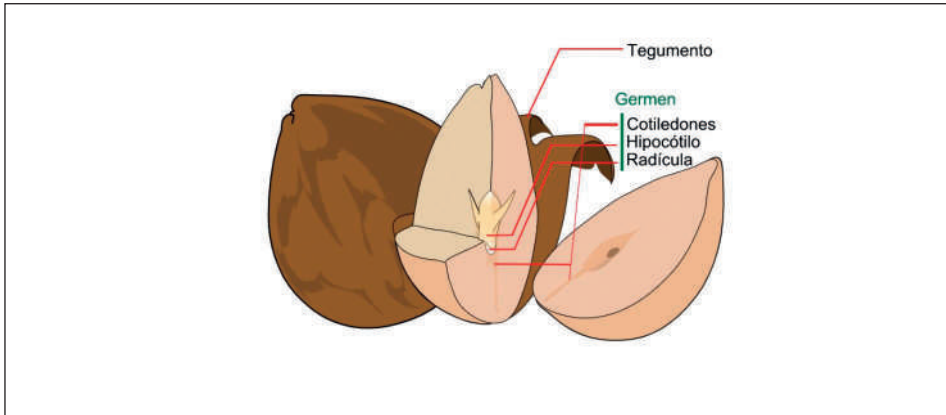


Imagen de dominio público.

Figura 4. Diagrama de la semilla de aguacate.

Fuente: Mariana Ruiz Villareal (2013).

Estudios realizados para determinar la composición nutricional de la semilla de aguacate indican su alto contenido de almidones, grasas y proteínas, además de minerales, algunas vitaminas y sustancias antioxidantes (Bahru et al., 2019; Setyawan et al., 2021). Debido a su composición química proximal, las semillas de aguacate han sido usadas para la industria de alimentos, cosmética, y tienen un uso potencial asociado a propiedades insecticidas y bactericidas (Leite et al., 2009; Segovia et al., 2016). En contraste, la pulpa del aguacate se caracteriza por su bajo contenido de ácidos grasos saturados, lo que la convierte en un componente valioso en las dietas para la prevención de enfermedades cardiovasculares (Fawcett, 2007). A partir de la pulpa se extraen aceites de alta calidad, principalmente empleados en la industria cosmética y alimentaria.

El proceso de maduración de los frutos

El aguacate es un fruto climatérico, lo que significa que la maduración del mesocarpio o parte comestible comienza después de que el fruto se ha separado de la planta madre (Schroeder 1958). Una vez que este se desprende, se activa en el fruto la producción de etileno, una hormona vegetal que desencadena todos los procesos metabólicos que conducen a la maduración (Hershkovitz et al., 2009a y 2009b). El proceso de maduración conlleva una serie de procesos metabólicos, la ruptura y descomposición de paredes celulares, y descomposición de almidones, procesos que requieren grandes cantidades de energía y que generan cambios en el color, sabor y textura de los frutos del aguacate, lo cual es atractivo para el consumidor (Dixon & Pak, 2008). Además, este proceso es irreversible e implica una serie de actividades

que se inician en el pedicelo donde una sustancia liberada en el momento de la cosecha, al ser arrancado el fruto de la planta madre, se desplaza hacia el resto del fruto, desencadenando procesos metabólicos que ocasionan modificaciones en sus propiedades físicas y químicas (Bruinsma & Paull, 1984; Tingwa & Young, 1975).

La madurez del aguacate ocasiona cambios en la firmeza y ablandamiento del fruto. Este ablandamiento se debe tanto a la pérdida de humedad como al rompimiento de membranas y paredes celulares, además de la descomposición de los almidones presentes en el mesocarpio del fruto (Ahmed & Barmore, 1980; Barmore, 1977). Durante este proceso, también se produce metabolismo de los lípidos y acumulación de aceites en los frutos (Kikuta & Erickson, 1968). Todos estos procesos implican un marcado aumento en las tasas de respiración de los frutos, lo que al final afecta el sabor percibido por el consumidor (Hobson, 1979).

Se han evaluado diversas metodologías con el propósito de retrasar la madurez de los frutos del aguacate una vez cosechados. El objetivo de estas técnicas es conservar los frutos durante el transporte hacia los mercados de exportación y alargar su vida útil en la estantería. Entre los métodos usados para retrasar la maduración de los frutos, se encuentra el almacenamiento a bajas temperaturas (5 y 10° C), la aplicación de altas concentraciones de dióxido de carbono (10 %) en los contenedores de almacenamiento, el recubrimiento de los frutos con cera (Bower & Cutting, 1988; Rodríguez et al., 2017), y el tratamiento con inhibidores del etileno (Feng et al., 2000).

Latencia de la semilla

La semilla del aguacate es recalcitrante, es decir que una vez colectadas y extraídas del fruto, deben sembrarse rápidamente, ya que pierden paulatinamente su viabilidad germinativa a medida que la semilla pierde humedad. En la literatura se indica que las semillas del aguacate pierden completamente su habilidad germinativa al reducir entre 20-50 % de su peso seco (Gálvez-Cendegui, 2017). Por lo anterior, se han realizado estudios con el objetivo de preservar la viabilidad de las semillas del aguacate durante el almacenamiento. Se ha descubierto que las semillas de la mayoría de las variedades pueden almacenarse bajo refrigeración durante un periodo de entre 5 y 15 meses, siempre y cuando se mantengan a una temperatura de 5,5 °C y 90 % de humedad relativa (Ernst et al., 2013; Halma & Frolich, 1949).

La semilla del aguacate criollo es de gran tamaño, lo cual la convierte en la preferida para los procesos de propagación e injertación en vivero, principalmente por sus atributos de rusticidad y tolerancia a las principales enfermedades del suelo. Sin embargo, en la fase de vivero, presenta una germinación desuniforme, ya que se utilizan frutos de diversos tamaños y orígenes genéticos en los procesos de propagación (López et al., 2012). Lo anterior es agravado por el prolongado periodo de floración de las plantaciones de aguacate en la subregión y el patrón de floración secuencial de las inflorescencias, lo que ocasiona el desarrollo de frutos de diferentes tamaños y estados de maduración (Bernal-Estrada et al., 2020).

Como consecuencia, los frutos que posteriormente llegan a los viveros para la extracción de las semillas presentan una alta variabilidad y calidad germinativa. Para uniformizar la germinación en los viveros, se han desarrollado técnicas de pretratamiento de semillas, entre las cuales se encuentran el almacenamiento de los frutos en el ambiente y bajo sombra, durante cortos periodos de tiempo para homogeneizar la madurez (hasta por tres semanas) (Ramírez-Gill, 2016). Otra técnica es la extracción y clasificación de las semillas según su peso y tamaño, seguida de la remoción del tegumento seminal, el despunte terminal y basal de las semillas, y el tratamiento con ácido giberélico (500-1000 ppm). Estos tratamientos han logrado uniformizar y acortar el tiempo de germinación (Ramírez-Gill, 2016).





Capítulo IV

Metodología para la producción de semilla de calidad de aguacate

En la producción de plantas de aguacate en vivero es fundamental utilizar semillas y varetas de procedencia reconocida en los procesos de patronaje e injertación. En Colombia, para la producción masiva de material de siembra se utilizan yemas para injertación, provenientes de jardines o huertos establecidos por los viveristas, los cuales han sido avalados y supervisados por el ICA (Calle-Henao, 2017). Sin embargo, a pesar del auge del cultivo del aguacate, en el caso del patronaje, actualmente existe una diversa calidad de semillas, muchas de ellas de origen desconocido. Esto se debe a que en el país no existen programas o huertos identificados que aseguren la disponibilidad de semilla sexual de alta calidad para patronaje (Calle-Henao, 2017).

Por tanto, desde el 2013, a través del Plan Nacional de Semillas, se inició un programa de identificación y selección de árboles individuales en las plantaciones de la zona de alta montaña en los Montes de María. El equipo de trabajo encargado logró realizar la caracterización de 227 árboles criollos de aguacate, con características sobresalientes en resistencia a enfermedades, tolerancia a factores de estrés biótico y abiótico y, en lo posible, con atributos deseables en cuanto a calidad, productividad,

longevidad y morfología. Estos árboles fueron utilizados como fuente de semillas sexuales para procesos de patronaje.

Adicionalmente, en las plantaciones de los Montes de María, la enfermedad *Phytophthora cinnamomi* produjo la muerte paulatina de gran cantidad de árboles de aguacate criollo, lo que derivó en un proceso de selección natural (Osorio-Almanza et al., 2017). A través de los recorridos de campo realizados en las zonas afectadas por la enfermedad, y con la ayuda de los productores de la subregión y sus asociaciones, se logró identificar los individuos que sobrevivieron a los problemas de índole sanitario y que poseían atributos diferenciables frente a otros individuos plantados en las mismas áreas (Vásquez et al., 2021). Por esta razón, se recomienda utilizar la semilla sexual de estos árboles en los procesos de plantulaje e injertación comercial en los viveros comerciales con registro ICA (Bernal-Estrada et al., 2020).

Viveros para la producción de materia de siembra de aguacate

Como se explicó en el capítulo 2, los viveros destinados a la producción de material de siembra deben cumplir con los requisitos establecidos en la Resolución ICA 0780006 de 2020, para obtener el registro correspondiente. Por lo general, los viveros son áreas que cuentan con la infraestructura necesaria para llevar a cabo la producción controlada de especies vegetales de importancia económica o científica. La producción de plantas de aguacate bajo condiciones de vivero es una de las prácticas más utilizadas a nivel comercial para el establecimiento de nuevos cultivos o la reposición de plantas en plantaciones ya existentes. La razón de estas actividades es que, bajo condiciones de vivero, es posible ejercer un control riguroso sobre los procesos, lo que asegura tanto la calidad como el buen estado sanitario de las plantas que serán establecidas en otros entornos. Adicionalmente, los viveros poseen la capacidad instalada para proporcionar una gran cantidad de árboles uniformes, permitiendo su establecimiento simultáneo en campo, mientras se mantiene la posibilidad de controlar el tipo de material genético a establecer, así como su adaptabilidad a las condiciones edafoclimáticas propias de las zonas productoras (ver Anexo 2).

En los viveros se mantiene un estricto control de las variables relacionadas con la producción de árboles de aguacate con fines comerciales (Maradiaga et al., 2017). Asimismo, se realiza un monitoreo constante del desarrollo fisiológico y del estado fitosanitario de las plantas, con el objetivo de asegurar el éxito de los procesos de

multiplicación. Entre las variables que se controlan en relación con la producción de plantas de aguacate criollo bajo condiciones de vivero cabe mencionar las siguientes (Novoa-Yáñez et al., 2019):

- Tipo, composición y calidad del sustrato a utilizar.
- Nivel de sombra en las áreas de germinación, endurecimiento, injertación y producción.
- Temperatura y humedad relativa en las áreas de germinación, endurecimiento, injertación y producción.
- Control de la fertilidad y el nivel de humedad del suelo o sustrato.
- Control de la incidencia de plagas y enfermedades.

La capacidad de controlar estas variables impacta significativamente en el éxito del proceso de multiplicación y producción de material vegetal para la siembra. A continuación, se describen algunos aspectos a considerar para establecimiento de viveros.

Estructura. Un vivero debe tener una distribución de la infraestructura que facilite la organización y administración de los procesos de producción de material vegetal, además de permitir el control de las variables relacionadas con la producción. Las áreas esenciales que debe abarcar un vivero son: germinación, endurecimiento, injertación y producción (Campos-Rojas et al., 2012; Maradiaga et al., 2017).

Tamaño. El tamaño de las áreas productivas del vivero en general debe estar en consonancia con la capacidad deseada de producción de plantas para su comercialización. En este sentido, es necesario evaluar el mercado objetivo y determinar el segmento de mercado que se desea atender, lo que permitirá calcular la cantidad de material vegetal a producir a lo largo del tiempo (Campos-Rojas et al., 2012; Maradiaga et al., 2017). Desde la Sede El Carmen de Bolívar de AGROSAVIA, se dispone de un vivero con características para producir aproximadamente 25.000 árboles de aguacate al año. Es importante aclarar que el ciclo completo de producción de árboles tiene una duración estimada de 7 a 8 meses en las condiciones de la región.

Ubicación. La ubicación del vivero es estratégica, ya que debe estar lo más cercana posible a los lugares o zonas de demanda de material de siembra, así como cerca de la fuente de semillas sexuales para el patronaje y varetas para la injertación. Además, es fundamental considerar la accesibilidad al vivero, con vías adecuadas para la entrada y salida de material de siembra, insumos y materiales requeridos (Campos-Rojas et al., 2012; Maradiaga et al., 2017).

Disponibilidad de mano de obra. Para la ejecución de todas las actividades que forman parte del proceso de multiplicación y producción de plántulas de aguacate, el vivero requiere contar con una abundante disponibilidad de mano de obra, especialmente en las etapas como la recolección de semillas, preparación de sustratos, procesamiento de semillas, producción de patrones, colecta de varetas e injertación. Asimismo, es esencial disponer de personal calificado para llevar a cabo la planificación de la producción, el monitoreo fitosanitario y la gestión general de los factores de producción y calidad (Campos-Rojas et al., 2012; Maradiaga et al., 2017).

Terreno. El terreno seleccionado para establecer el vivero debe ser plano, con buen drenaje, sin encharcamientos, protegido contra vientos fuertes, con exposición adecuada a la luz solar y debe contar con vías de acceso apropiadas y estar cerca de una fuente de agua (Campos-Rojas et al., 2012; Maradiaga et al., 2017).

Desde la experiencia de AGROSAVIA en la Sede El Carmen de Bolívar, a continuación, se presentan algunas recomendaciones para el diseño de las áreas dentro del vivero (Novoa-Yáñez et al., 2019).

Área de germinación

Este espacio está exclusivamente destinado a la actividad de siembra y germinación de semillas para el patronaje. Debe estar bajo techo, albergando los mesones de germinación, los cuales se sugiere construir preferiblemente en concreto para garantizar su durabilidad. Se recomienda que estos germinadores se edifiquen a una altura de 0,9 m del piso, lo que facilitaría las tareas de los operarios, y 1,2 m de ancho (figura 5). Es aconsejable dejar pasillos para el tránsito de los operarios entre los mesones de germinación, con una separación de 0,75 m entre ellos. Estos pasillos deben contar con un suelo cubierto de gravilla u otro material inerte que evite la acumulación de agua y el movimiento de lodos causados por el desplazamiento de los trabajadores (Novoa-Yáñez et al., 2019).



Foto: Rafael Segundo Novoa Yáñez

Figura 5. Germinador de semilla de aguacate sobre sustrato de arena de río previamente desinfectada.

Área de endurecimiento

Este espacio está destinado a albergar las plántulas de aguacate luego de salir de los germinadores. Su objetivo es aclimatarlas y prepararlas para su traslado definitivo al área de vivero, donde se realizarán injertos y se mantendrán las plantas en producción. De acuerdo con la Resolución ICA 780006 del 25 de noviembre del 2020, para evitar enfermedades del suelo, las plantas de aguacate en las áreas de endurecimiento, injertación y producción dentro del vivero deben ser dispuestas aisladas del piso. Por ello, se recomienda el uso de estibas o superficies elevadas montadas en bloques o ladrillos, a una altura de 0,30 m del suelo.

Se aconseja que las camas de endurecimiento tengan un ancho de 1,0 m y cuenten con pasillos de 0,75 m de ancho para el tránsito de los operarios. La longitud de estas camas dependerá igualmente de la cantidad de material que se planea producir en el vivero (Novoa-Yáñez et al., 2019).

Área de vivero

Esta área engloba los espacios destinados a la injertación y producción de plantas de aguacate. Representa el lugar en el cual las plantas permanecen la mayor parte de su ciclo de crecimiento antes de ser destinadas al uso comercial. En general, se pueden acomodar 42 bolsas con plantas de aguacate en cada metro cuadrado de los mesones (figura 6), considerando las dimensiones establecidas por el ICA para la bolsa (ICA, 2020).

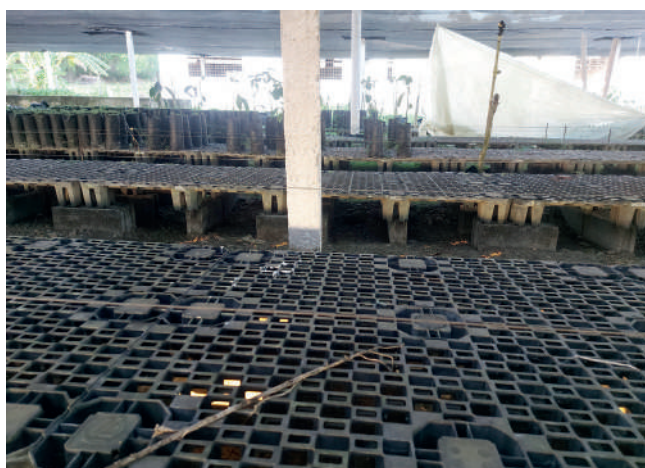


Foto: Rafael Segundo Novoa Yáñez

Figura 6. Áreas de vivero con camas de estivas levantadas.

En la estructura del vivero, es importante considerar la incorporación de otras áreas, tales como las siguientes:

Bodega

Es un espacio designado para el almacenamiento de insumos y materiales utilizados en el proceso de propagación. El tamaño de la bodega depende de la cantidad y volumen de insumos necesarios para el proceso, así como de y estos a su vez con la capacidad de producción del vivero (Campos-Rojas et al., 2012; Maradiaga et al., 2017).

Área de preparación de sustratos

Generalmente esta área se localiza fuera del vivero, pero en un sitio muy cercano a este. Se debe establecer en una zona plana, de buen drenaje en lo posible, sobre piso sólido. Se recomienda contar con una cubierta para evitar el arrastre y contaminación del sustrato por aguas lluvias y escorrentía (Novoa-Yáñez et al., 2019).

Además, otros aspectos para considerar con respecto a las áreas de los viveros son los siguientes:

Niveles de sombrío. La elección adecuada de los niveles de sombrío es uno de los factores que más influyentes en el éxito de la producción de plantas de aguacate (Campos-Rojas et al., 2012; Maradiaga et al., 2017). El nivel óptimo de sombrío depende mucho de las condiciones ambientales de la zona donde se establecen los viveros. En regiones con condiciones de radiación moderada y temperaturas templadas, es común el uso de áreas de multiplicación a cielo abierto o con sombra generada por árboles. Sin embargo, lo más recomendable y conveniente es el uso de la polisombra sintética, generalmente con un porcentaje de sombrío entre 50 % y 65 % (Campos-Rojas et al., 2012; Maradiaga et al., 2017). Debido a las condiciones climáticas de los Montes de María y la región Caribe en general, se sugiere que el área de vivero maneje diferentes niveles de sombrío. Se recomienda un sombrío del 85 % durante el desarrollo del patrón hasta algunas semanas después de (aproximadamente cinco meses). Luego, durante el resto del proceso de producción de material, se recomienda un sombrío del 75 %. Esto responde a los altos niveles de radiación que se presentan en la subregión, especialmente entre diciembre y marzo (cuando los niveles de radiación y la temperatura aumentan), lo que tiende a afectar el desarrollo de las plantas de aguacate en el vivero (Novoa-Yáñez et al., 2019).

Altura de cubierta. En zonas con temperaturas elevadas y alta radiación, como los Montes de María, es importante que la altura del sombrío supere los 2,5 m. Lo ideal es contar con cámaras de entrada de aire, las cuales se consiguen al instalar la polisombra a doble nivel (Novoa-Yáñez et al., 2019).

Sistema de riego y uso de agua. La elección del sistema de riego es un factor clave para el establecimiento del vivero. Uno de los sistemas más recomendados para los viveros es la instalación de riego por goteo, debido a la economía en el uso del agua, ya que permiten suministrar en forma precisa a cada planta la cantidad de agua necesaria para su crecimiento. Sin embargo, su implementación puede resultar un

tanto costosa y generar algunas dificultades relacionadas con administración y mantenimiento del sistema (Campos-Rojas et al., 2012; Maradiaga et al., 2017). También es posible emplear sistemas de riego por aspersión, a través del cual se suministra el agua a las plantas en forma de gotas de lluvia. Este sistema es menos eficiente, pero tiene un menor costo que el sistema de riego por goteo. Finalmente, se puede también suministrar el agua de riego en forma manual, mediante el establecimiento de mangueras a través de la infraestructura del vivero. Este último sistema es mucho más económico, pero no permite regular, de manera precisa, la cantidad de agua aplicada a las plantas de aguacate en crecimiento. La periodicidad del riego depende de la capacidad de retención de humedad del sustrato utilizado, el estado de desarrollo de las plantas y las condiciones ambientales prevalentes en la zona (Campos-Rojas et al., 2012; Maradiaga et al., 2017). En los Montes de María, se recomienda regar al menos tres veces por semana, preferiblemente en las primeras horas de la mañana o al final de la tarde (Novoa-Yáñez et al., 2019).

Calidad del agua. La salinidad del agua puede afectar la salud de las plantas de aguacate, especialmente en las primeras etapas de crecimiento (Bernstein et al., 2004; Mickelbart et al., 2007). Por lo anterior, es importante realizar un análisis de la calidad del agua disponible en el vivero y tener en cuenta variables como la conductividad eléctrica y la salinidad (Bernstein et al., 2004; Mickelbart et al., 2007). Otra variable para considerar es la relación de adsorción de sodio (RAS), ya que determina la concentración de sodio (Na) y su relación con otros cationes solubles como el calcio (Ca) y magnesio (Mg). En todos los casos se debe evitar el uso de aguas con altas concentraciones de sales (Hernández-Valdés, 2017).

Drenaje. Dado el clima de los Montes de María, donde los riegos frecuentes pueden ocasionar el deterioro de las vías de tránsito por acumulación de humedad al interior del vivero, es importante mantener un buen drenaje en el vivero. Se recomienda, por tanto, nivelar el terreno antes de la construcción, orientando las pendientes hacia las zonas más bajas y proporcionando drenajes para evitar los excesos de agua. Una condición de mal drenaje al interior del vivero (sumado al sombrío y al microclima generado por el follaje de las plantas de aguacate) puede dar lugar a enfermedades que afectan el producto final (Novoa-Yáñez et al., 2019).

Sostenibilidad y seguridad. Aspectos como la disponibilidad de estructuras para el manejo de los residuos o subproductos, la señalización del vivero y la implementación de medidas de seguridad para operarios y personal que labora en el vivero

son fundamentales en el diseño del vivero, especialmente si se busca la certificación (Campos-Rojas et al., 2012; Maradiaga et al., 2017). En este sentido, los puntos de acopio de los residuos o subproductos deben estar estratégicamente ubicados, ojalá con recipientes para la separación de subproductos plásticos, orgánicos y residuos peligrosos. Esta medida contribuye a la protección y conservación del medio ambiente y reduce los riesgos de contaminación en las áreas de trabajo. Se recomienda para ello la construcción de una estructura en madera y con cerramiento con malla de acero (Campos-Rojas et al., 2012; Maradiaga et al., 2017).

De otro lado, se deben señalizar visiblemente las diferentes áreas del vivero, así como las vías de acceso y evacuación, puntos de encuentro, o puntos de acopio, etc. De igual manera, desde el inicio de la operación del vivero, es necesario generar un sistema de identificación y trazabilidad del material vegetal producido, en donde se identifique el origen de las semillas y yemas utilizadas en el proceso de producción (Campos-Rojas et al., 2012; Maradiaga et al., 2017).

Cercamiento y barreras. En cuanto las medidas de seguridad (indistintamente del tamaño del vivero), se debe proteger o aislar el vivero, con cercas perimetrales que eviten el ingreso de animales o personas no autorizadas. Esto evitará posibles daños o la contaminación del material en proceso de producción (Campos-Rojas et al., 2012; Maradiaga et al., 2017). Las cercas perimetrales pueden ser construidas en madera, ladrillo, mallas plásticas o metálicas. También se sugiere la creación de barreras vivas que no solo protegen de vientos fuertes, sino que propician un sombrío adicional que regulará los efectos de las altas temperaturas (Campos-Rojas et al., 2012; Maradiaga et al., 2017).

Colecta de semilla sexual

En la subregión de los Montes de María, la producción de aguacate criollo se desarrolla como un sistema agroforestal. En este sistema, los árboles de aguacate se establecen a manera de sombrío permanente en cultivos de café y después se dispersan naturalmente por la subregión, careciendo de parámetros o patrones de siembra específicos (Osorio-Almanza et al., 2017). Estos árboles individuales se encuentran distribuidos de forma natural en las zonas de alta montaña, a los cuales en este manual denominaremos “plantaciones”. Las plantaciones son componentes de una economía campesina, constituyendo unidades productivas dispersas donde los

árboles de aguacate coexisten con otros cultivos como yuca, ñame, maíz y diversos frutales. Estos brindan ingresos a los pobladores rurales, especialmente en la zona denominada como alta montaña, en los municipios de El Carmen de Bolívar, San Jacinto y San Juan Nepomuceno, en el departamento de Bolívar, y en los municipios de Ovejas, Chalán y Colosó en el departamento de Sucre (Osorio-Almanza et al., 2017). Estas unidades productivas se localizan principalmente en altitudes que oscilan entre los 400 y 800 m s. n. m., con una temperatura promedio de 28 °C y precipitación anual media entre 900 y 1.100 mm, concentrada en los meses de abril a junio y agosto a octubre (Osorio-Almanza et al., 2017). Los suelos en estas zonas son derivados de rocas básicas en las zonas más altas y de sedimentos coluvio-aluviales en las zonas más bajas y contienen materiales de origen calcáreo. Debido a su origen, estos suelos presentan una reacción básica, son bajos en materia orgánica y poseen altos niveles de bases cambiables, especialmente calcio y magnesio, con bajos niveles de elementos menores (Aguilera-Díaz, 2017).

AGROSAVIA seleccionó árboles seleccionados como fuente de semilla sexual para patronaje. Estos árboles fueron identificados y marcados en las fincas de los productores de alta montaña, además de ser georreferenciados para su ubicación en campo (figura 7). La selección se basó en criterios como la sobrevivencia y la tolerancia a *Phytophthora cinnamomi*, así como su longevidad y atributos morfológicos que podrían ser diferenciadores de posibles grupos raciales. A cada árbol se le asignó un formato de pasaporte o colecta, que incluye su marcado y georreferenciación. Además, se les asignaron los códigos de acceso correspondientes (Vásquez et al., 2021).



Foto: Rafael Segundo Novoa Yáñez

Figura 7. Árboles de aguacate seleccionados como fuente de semilla para patronaje en los Montes de María.

Se recomienda llevar a cabo la colecta de semilla sexual en los árboles seleccionados durante el pico de la producción de la primera cosecha del año, que se presenta entre abril y junio. Para este proceso, es esencial asegurarse que los frutos estén libres de daños causados por plagas o enfermedades, así como de daños mecánicos o deformidades morfológicas (Novoa-Yáñez et al., 2019).

Es necesario colectar al menos cien frutos por árbol, especialmente si se planea utilizar los mismos árboles para la colecta de yemas para injertación. Esta estrategia busca optimizar la eficiencia económica como la temporalidad del proceso productivo. Dado que los árboles están dispersos en todo el territorio de los Montes de María, los recorridos para la recolección pueden ser bastante extensos (Novoa-Yáñez et al., 2019).

En la región, se encuentran árboles de gran tamaño. Para poder colectar los frutos se debe disponer de un sistema de recolección que permita alcanzar aquellos localizados a gran altura en los árboles y evitar que caigan directo al suelo (Osorio-Almanza et al., 2017). En la práctica, se recomienda emplear mallas de recolección o costales

para evitar o amortiguar el impacto (figura 8). Los frutos que golpean directamente el suelo presentan daños en su superficie y maduración en diferentes tiempos.

Una vez recolectados, los frutos se depositan en costales o canastos, para evitar el maltrato. Debido a las difíciles condiciones de acceso de las zonas de alta montaña, es crucial empaquetar los frutos en costales de fique bien ajustados, en cantidad suficiente. Esto asegura que los frutos estén protegidos durante el descenso hacia las zonas urbanas donde se encuentran los viveros (Novoa-Yáñez et al., 2019). En el empaque se debe evitar mezclar los frutos provenientes de distintos árboles. Los costales con los frutos colectados deben ser rotulados y marcados, indicando el predio y el árbol de origen de la colecta. Esto garantiza una estricta trazabilidad del origen de los frutos destinados al vivero. Una vez en el vivero, los frutos colectados en la zona de alta montaña se colocan sobre una superficie plana, limpia y seca hasta que alcanzan su madurez. Dadas las condiciones de los Montes de María y las características de la fruta, se recomienda iniciar el proceso de siembra tres días después de cosecha (Novoa-Yáñez et al., 2019).



Foto: Rafael Segundo Novoa Yáñez

Figura 8. Proceso de colecta de frutos para patronaje del aguacate. a. Colecta de frutos a la altura del árbol; b. Descenso de la fruta colectada; c. Empaque de la fruta para su transporte.

Preparación del sustrato

El éxito del proceso de multiplicación de árboles de aguacate depende en gran medida de la elección de un sustrato que cumpla con las condiciones físicas, químicas, biológicas y sanitarias necesarias para el crecimiento y desarrollo de las plantas (Campos-Rojas et al., 2012). Para las camas de germinación, es importante que el sustrato sea lo suficientemente suelto como para permitir una buena distribución de raíces, permitir

la circulación del aire y conservar la humedad adecuada (Maradiaga et al., 2017). En el contexto de los Montes de María es recomendable usar arena de arroyos previamente lavada y desinfectada con fungicidas (ver Anexo 3), o someterla a un proceso de solarización de 20 a 25 días (Novoa-Yáñez et al., 2019). Igualmente, resulta fundamental considerar la desinfección del sustrato utilizado en el proceso de germinación de las semillas, con el fin de evitar la aparición y proliferación de problemas fitosanitarios.

El sustrato debe prepararse, por lo menos, un mes antes de iniciar el trasplante, lo que generalmente ocurre quince días después de la siembra (Maradiaga et al., 2017). En los Montes de María, se ha tenido éxito utilizando un sustrato preparado a partir de una mezcla de tierra negra, lombriabono y arena en proporciones de 60 %, 30 % y 10 % respectivamente (Novoa-Yáñez et al., 2019). La figura 9 muestra la preparación del sustrato destinado a las plantas que ingresan al vivero.



Foto: Liseth Jineith Cárdenas

Figura 9. Sustrato preparado para la siembra.

Para la desinfección del sustrato, existen diversos métodos que pueden ser empleados, ya sean físicos, químicos y biológicos (Barrionuevo, 2015). La selección del método dependerá de factores como el tiempo con el que se cuente para el inicio del trasplante, la disponibilidad de recursos e insumos, entre otros aspectos. Dentro de las opciones físicas para desinfectar el sustrato, uno de las más comunes es la solarización, que implica utilizar rayos solares para la desinfección térmica del sustrato. En este proceso, en una zona a libre exposición o sin sombra, se humedece el sustrato a capacidad de campo y luego se cubre con un plástico transparente, asegurando que los bordes queden

completamente sellados (Barrionuevo, 2015). El sustrato se deja bajo estas condiciones por espacio de mínimo veinte días. El tipo de plástico recomendado para este procedimiento es el polietileno de calibre n.º 3 (Campos-Rojas et al., 2012). A través de la solarización, es posible controlar hongos fitopatógenos mediante la acción térmica, así como disminuir significativamente las poblaciones de arvenses o malezas. Este método resulta económico y es ampliamente utilizado, en especial cuando se estima producir una cantidad limitada de material vegetal (Barrionuevo, 2015). Entre otros métodos físicos fundamentados en desinfección térmica, se encuentran el autoclavado y la esterilización del sustrato mediante vapor o agua caliente. Aunque estos métodos físicos son los más utilizados, en situaciones en las que se requiere producir un alto volumen de plantas de aguacate resulta más rápido y eficiente el uso de métodos químicos para la desinfección del sustrato (Aguirre Buenaño, 2013).

La desinfección de los sustratos tiene como propósito eliminar organismos fitopatógenos, semillas de arvenses y diferentes estados de artrópodos plagas presentes en el suelo. Existen varios métodos de desinfección, siendo el método químico uno de los utilizados en la producción de plantas de aguacate. En general, se utilizan fungicidas e insecticidas de amplio espectro que se aplican al sustrato mediante aspersión o de forma manual (ver Anexo 3), asegurando la mezcla de los componentes (Barrionuevo, 2015). En el mercado, existe una amplia gama de productos que pueden ser utilizados con este propósito. Se recomienda realizar la desinfección del sustrato una semana antes del trasplante. Durante este proceso, se cubre el sustrato y se permite la interacción de los componentes antes de realizar el embolsado (Novoa-Yáñez et al., 2019).

Entre los métodos biológicos para la desinfección del sustrato, se encuentra la aplicación de productos como *Trichoderma* sp., un hongo ampliamente utilizado como agente de control biológico contra diversos patógenos que crecen en el suelo (Toaquiza, 2021). La ventaja de este método radica en que puede presentar efectos bioestimulantes en las plantas de aguacate, además de poder emplearse en cantidades y frecuencias significativas sin afectar el medio ambiente ni a las plantas en crecimiento (Toaquiza-Vásquez, 2021).

Llenado de las bolsas

El llenado de las bolsas es una de las etapas más importantes en el proceso de producción de plantas de aguacate en los viveros (Maradiaga et al., 2017). Esta tarea se

debe realizar con suficiente anticipación, por lo general un mes antes, para tener las bolsas listas para el trasplante del aguacate. Una vez colectada la semilla, existe un corto periodo para la maduración de la fruta, extracción de la semilla, siembra y germinación (Maradiaga et al., 2017).

Para la siembra del aguacate en el vivero, se recomienda el uso de bolsas negras calibre n.º 3 con fuelle, de 0,20 m de ancho y 0,40 m de altura (Novoa-Yáñez et al., 2019). Estas bolsas tienen una capacidad para 5,0 kg de sustrato y cuentan con perforaciones laterales en el tercio medio inferior para facilitar el drenaje y la aireación de las raíces. Es importante garantizar la uniformidad en el llenado de las bolsas con el sustrato, ya que esto asegura el desarrollo uniforme de las plantas de aguacate en el proceso de producción.

En el caso de las áreas o camas endurecimiento, es necesario cumplir con la normatividad del ICA que establece una altura mínima de 0,30 m. Se recomienda que las camas tengan una longitud máxima 35 m, de acuerdo con la capacidad de material a producir (ICA, 2020). Para mejorar las condiciones de microclima dentro del vivero, es necesario acomodar máximo 42 bolsas por metro cuadrado. Esta estrategia evita la competencia por la luz entre plantas, reduce el exceso de sombra y permite un mejor aprovechamiento del riego (Novoa-Yáñez et al., 2019). También evita que las bolsas entren en contacto con el suelo, lo que minimiza los riesgos de problemas fitosanitarios ocasionados por hongos (ICA, 2020).

Despulpe de frutos y extracción de la semilla

Una vez que los frutos han alcanzado su madurez en el lugar de almacenamiento, se retiran de los sacos y se vacían sobre una superficie de trabajo completamente limpia (Maradiaga et al., 2017). En esta etapa, se realiza la clasificación de los frutos, retirando aquellos que están sobremaduros, presenten problemas sanitarios, o tengan defectos físicos o mecánicos ocasionados durante el transporte o poscosecha. Posteriormente, los frutos seleccionados se lavan, para eliminar los residuos orgánicos o de suelo que puedan estar adheridos a su superficie (Maradiaga et al., 2017).

El siguiente paso consiste en realizar un corte transversal en el fruto. Se debe tener la precaución de no profundizar mucho el corte, para no deteriorar la semilla (figura 10). Para llevar a cabo esta operación, se recomienda utilizar una navaja debidamente desinfectada con una solución de oxiclورو de cobre (1,5 ml/L) (Novoa-Yáñez et al., 2019).



Foto: Liseth Jineth Cárdenas

Figura 10. Extracción de la semilla de aguacate criollo para la siembra. a. Corte transversal del fruto; b. Extracción de la semilla.

Una vez extraída la semilla, se procede a remover la testa o tegumento que la rodea; en el caso de frutos completamente maduros, esta capa debería desprenderse fácilmente (figura 11). En este proceso, es importante descartar semillas pequeñas, las que presenten apertura o desprendimiento de uno o de ambos cotiledones, así como aquellas que posean estructuras radiculares estando aún dentro del fruto (Maradiaga et al., 2017).



Foto: Liseth Jineth Cárdenas

Figura 11. Eliminación manual de la testa o tegumento de la semilla.

Despunte de la semilla

El despunte apical de la semilla es una práctica común en muchos viveros para acelerar el proceso de germinación (Barrionuevo, 2015). Se utiliza una navaja bien afilada para eliminar el ápice con un corte transversal (figura 12). Además, en algunos viveros se realiza una incisión vertical de aproximadamente un centímetro de profundidad en el centro de la semilla, partiendo desde la base del corte del ápice (Barrionuevo, 2015).



Foto: Liseth Jineth Cárdenas

Figura 12. Proceso de despunte apical de la semilla de aguacate criollo antes de la siembra. a. Con la parte apical hacia arriba, se procede a pelar un poco la corteza de la semilla; b. Se realiza el corte de forma horizontal; c. Semilla con el corte apical.

Desinfección de la semilla

Para la desinfección de las semillas, se recomienda colocarlas en un saco y sumergirlas en una solución desinfectante durante diez minutos. Esta solución debe contener una mezcla de benomilo + cipermetrina, a razón de 1 cm³ por litro (ver Anexo 3). Este proceso busca prevenir daños causados por microorganismos y artrópodos durante la germinación (Novoa-Yáñez et al., 2019) (figura 13).



Foto: Rafael Segundo Novoa Yáñez

Figura 13. Desinfección de la semilla de aguacate antes de siembra.

Después de desinfectar las semillas, se deben secar a temperatura ambiente antes de proceder la siembra. Esta siembra puede realizarse en las camas de germinación o directamente en bolsas de germinación.

Siembra de la semilla

En los viveros de aguacate criollo en los Montes de María, se utilizan dos sistemas para la siembra de las semillas: la siembra en camas de germinación o la siembra directa en las bolsas con sustrato (Novoa-Yáñez et al., 2019) (figura 14). La siembra sobre germinadores con sustrato tiene algunas ventajas sobre la siembra directa en bolsa. Por ejemplo, permite verificar el estado de desarrollo de la raíz en las plantas al momento del trasplante, antes de pasarla a la etapa de endurecimiento (Maradiaga et al., 2017). De esta manera, es posible descartar las plantas con deformaciones o anomalías en el desarrollo de las raíces, evitando pérdidas posteriores en el vivero por la muerte prematura de plantas. En contraste, la siembra directa en bolsas facilita el traslado de las plantas al área de endurecimiento en el vivero y reduce los costos de manipulación y mano de obra para el proceso (Novoa-Yáñez et al., 2019). Cada método requiere una preparación y desinfección previa del sustrato. Para plantar la semilla en el sustrato, se hace un agujero con la ayuda de una estaca puntiaguda. El diámetro y la altura deben ser ligeramente superiores al promedio o dimensiones de la semilla (Novoa-Yáñez et al., 2019) (figura 14).



Foto: Rafael Segundo Novoa Yáñez

Figura 14. Ahoyado en bolsa para la siembra de la semilla de aguacate.

Luego, se introduce la semilla en el sustrato, asegurándose de que la parte apical de la semilla quede en la parte superior (figura 15). La semilla se ajusta al sustrato, aplicando una ligera presión, y se cubre con una capa adicional de sustrato de aproximadamente 1,9 cm de espesor (Novoa-Yáñez et al., 2019).



Foto: Rafael Segundo Novoa Yáñez

Figura 15. Siembra de la semilla en el área de germinación. a. Camas de germinación; b. Bolsas de germinación.

Es importante mantener la trazabilidad en la producción, por lo tanto, hay que rotular las camas de germinación con la información de los materiales sembrados. Se debe registrar el origen de la semilla o el código del árbol de donde se obtuvo la semilla, el número de frutos colectados, la fecha de colecta y la fecha de siembra de la semilla. En las condiciones de los Montes de María, el proceso de germinación dura entre 15 y 20 días (Novoa-Yáñez et al., 2019).

En ocasiones, las semillas de aguacate germinan y dan origen a más de un brote o plántula, lo cual es una condición desfavorable para los viveros. Esto se debe a que las plántulas generadas son muy débiles y, al ser transferidas a campo, presentan una baja tasa de sobrevivencia. Este fenómeno fue observado por primera vez por Traub & Auchter (1933), y se atribuye al fenómeno conocido como poliembriónía, que implica la existencia de más de un embrión viable en la semilla. Sin embargo, también puede generarse durante el proceso de germinación por la eliminación de la yema apical o decapitación, lo cual elimina la dominancia apical (Salazar-García & Borys, 1983).

Trasplante

El trasplante de las plántulas de aguacate a las bolsas con sustrato se realiza entre los 20 y 25 días posteriores a la siembra, momento en el cual las plántulas han

desarrollado entre 3 y 4 hojas verdaderas y han alcanzado una altura de 10 cm aproximadamente (figura 16). Después, deben ser trasladadas al área de endurecimiento (Novoa-Yáñez et al., 2019).



Foto: Rafael Segundo Novoa Yáñez

Figura 16. Trasplante de plántulas de aguacate a las bolsas con sustrato.

La labor de trasplante requiere de mucho cuidado y entrenamiento por parte de los operarios encargados, ya que un manejo inadecuado puede ocasionar pérdidas posteriores. Se seleccionan las con un desarrollo de las raíces óptimo, sin bifurcaciones y con una raíz pivotante bien desarrollada, además de abundantes raíces secundarias (Campos-Rojas et al., 2012). Durante el trasplante, se excava ligeramente el sustrato en la bolsa y se coloca la plántula, procurando evitar dañar la raíz. Si, por alguna razón, la raíz se rompe, es recomendable eliminar la plántula o aplicar algún protector para evitar la entrada de agentes patógenos a través de la herida. En este proceso también se eliminan las plántulas que presenten malformación, raíces múltiples y poliembrionía (Novoa-Yáñez et al., 2019). Inmediatamente después del trasplante, se debe realizar un riego uniforme para estabilizar las plántulas en las bolsas; estas se colocan en las camas de endurecimiento, donde permanecen durante 60 días aproximadamente hasta el momento de la injertación (Novoa-Yáñez et al., 2019).

Durante su estancia en el área de endurecimiento, es importante mantener un estricto control fitosanitario para prevenir la presencia de plagas y enfermedades (Campos-Rojas et al., 2012). Se deben realizar monitoreos semanales y garantizar una nutrición

balanceada, además de un riego frecuente (cada 1,5 días), preferiblemente en horas de la tarde. También es fundamental evitar el encharcamiento en el área de trabajo y eliminar manualmente las malezas que puedan surgir alrededor de las bolsas.

Injertación

El proceso de injertación inicia con la colecta en campo de las varetas destinadas a ser utilizadas como copa, las cuales provienen de los árboles madre de aguacate criollo identificados. Esta labor debe llevarse a cabo, a más tardar, el día anterior a la fecha programada para la injertación, ya que la yema pierde su viabilidad con rapidez (Novoa-Yáñez et al., 2019). Además, es ideal que el personal responsable de la injertación participe en la colecta de yemas, de modo que puedan determinar el diámetro adecuado en relación con el estado de las plantas que se van a injertar (Novoa-Yáñez et al., 2019).

Con el propósito de minimizar pérdidas, antes de la injertación se debe realizar un cálculo de la cantidad de varetas a colectar diariamente. Esta determinación debe basarse en factores como la capacidad de injertos y el número de injertadores disponibles en el vivero, así como la cantidad de injertos requeridos, la disponibilidad de patrones y la experticia del injertador (Campos-Rojas et al., 2012). En general, se considera que un injertador experimentado puede realizar 400 injertos por día en promedio (Novoa-Yáñez et al., 2019).

En las condiciones de la subregión de los Montes de María, el proceso de la injertación del aguacate criollo se realiza en plantas que han experimentado un periodo en el crecimiento en el vivero de aproximadamente dos a tres meses (Novoa-Yáñez et al., 2019). Para ese momento, las plantas deben haber alcanzado un diámetro suficiente robusto en el tallo, capaz de soportar tanto la inclusión como el peso de la vareta portayema del material seleccionado para la copa. En términos generales, el tallo de las plantas destinadas como patrones debe tener un grosor entre 1,0 y 1,5 cm. Se recomienda que el diámetro de la vareta portayemas sea similar al del tallo del patrón, específicamente en la zona o sección del tallo donde se va a realizar la injertación (Novoa-Yáñez et al., 2019).

Las yemas se colectan en las primeras horas de la mañana y deben provenir de ramas maduras y en crecimiento activo, que estén sanas y sean de fácil acceso para evitar daños físicos al árbol. El transporte de las varetas al vivero se realiza durante la tarde

y se deben envolver en papel húmedo, además de trasladarlas en cavas refrigerantes para evitar su deshidratación (Novoa-Yáñez et al., 2019) (figura 17).



Fotos: Jorge Cadena Torres

Figura 17. Colecta y acondicionamiento de varetas de aguacate criollo para injertación. a. Colecta de varetas; b. Acondicionamiento; c. Varetas de aguacate criollo listas para injertar.

Una vez en el vivero, en la misma tarde de su recepción o al siguiente día, se debe realizar el proceso de injertación. El método de injertación más utilizado en el aguacate es el de púa terminal (Maradiaga et al., 2017). Este método no solo asegura un buen prendimiento, sino que también previene el desgarre del árbol en etapas adultas debido a vientos fuertes o al peso de las ramas (Campos-Rojas et al., 2012). Una ventaja adicional de este tipo de injerto es que ofrece una mayor área de contacto de los tejidos en la unión del cámbium entre la copa y el patrón (Campos-Rojas et al., 2012). Resulta importante no retirar las hojas de las varetas hasta el momento de su preparación para ser injertadas, ya que esto evita la fricción y el maltrato durante la recolección, acarreo y manipulación.

Para realizar el injerto en el patrón, primero se desinfectan las varetas colectadas sumergiéndolas en una solución de oxiclورو de cobre al 0,5 %. Luego, se realiza un corte transversal limpio y sin rasgaduras en el tallo del patrón, a una altura que coincida aproximadamente con el diámetro de la vareta que será injertada. Después, se realiza un segundo corte longitudinal de aproximadamente 3.0 cm en la mitad exacta del tallo, formando una hendidura. Inmediatamente después, se prepara la vareta para el injerto, efectuando un corte de 5,0 a 10 cm de longitud, que contenga entre 2 a 5 yemas activas (Novoa-Yáñez et al., 2019) (figura 18).



Foto: Rafael Segundo Nova Yáñez

Figura 18. Preparación del patrón y la vareta para el proceso de injertación en plantas de aguacate criollo.

Fuente: Elaboración propia

En la parte basal de la vareta, se realiza un corte longitudinal y oblicuo por ambos lados, creando una forma de cuña que se inserta en la hendidura hecha previamente en el tallo del patrón. Después, se procede a juntar todas las partes firmemente utilizando una cinta de injertación, asegurando la unión de los cortes (vareta y patrón), es decir, se busca lograr, la fusión de los tejidos del cámbium de ambas partes (Novoa-Yáñez et al., 2019) (figura 19).



Fotos: Jorge Cadena Torres

Figura 19. Injerto de púa terminal en aguacate criollo.

Foto: Jorge Cadena Torres

El injerto realizado se cubre con una bolsa plástica transparente y luego sobre esta se coloca una bolsa de papel sobre esta. Este método se usa para evitar la deshidratación del injerto y, al mismo tiempo, prevenir la entrada de patógenos o insectos en la zona de corte (Novoa-Yáñez et al., 2019) (figura 20).



Fotos: Rafael Segudo Novoa Yáñez

Figura 20. Cubrimiento del injerto con bolsa plástica y de papel para evitar deshidratación.

Manejo de árboles injertados

En la región de los Montes de María, se requieren aproximadamente tres meses en vivero para que los árboles de aguacate alcancen un estado de desarrollo óptimo antes de su siembra en el sitio definitivo, después de su injertación (Novoa-Yáñez et al., 2019). Todo el proceso, desde la germinación de la semilla, incluyendo el trasplante, endurecimiento, injertación y crecimiento de los árboles, tiene una duración aproximada de 6 a 7 meses (Novoa-Yáñez et al., 2019). Durante todo este tiempo, se deben proveer los cuidados necesarios para el desarrollo óptimo de las plantas. Entre estas tareas se incluye el manejo del sombrío, el riego frecuente, las podas para eliminación de chupones que brotan debajo del injerto, la revisión de la cinta de amarre

del injerto, así como el monitoreo y el control fitosanitario, entre otros aspectos. Cuando se observa que el injerto ha prendido, se retira la cinta de amarre realizando un corte vertical con cuchilla en un lado del tallo, luego se retira la cinta en giros para evitar el estrangulamiento del injerto (Novoa-Yáñez et al., 2019).

Trazabilidad del proceso

Se debe dejar un registro que permita realizar una trazabilidad del origen de cada una de las plantas producidas en el vivero. Este registro debe incluir la colecta de semilla sexual para el patronaje, la colecta de varetas y la identificación de árboles madre, entre otros aspectos. Este seguimiento permite rastrear, perfeccionar y ajustar los procesos de producción de plantas, asegurando la calidad del material de siembra (Cañar-Serna et al., 2022). En el caso del vivero de AGROSAVIA en los Montes de María, se ha implementado un código alfanumérico de doce dígitos para identificar las nuevas plantas de aguacate producidas. Este código está diseñado para vincular los datos de origen tanto del patrón como de la copa. Esta información que se registra en sistemas electrónicos a través de códigos QR, lo que permite rastrear la historia cada planta producida en el vivero (Novoa-Yáñez et al., 2019) (figura 21). En caso de surgir problemas en la línea de producción debido a plagas o enfermedades, o un bajo crecimiento de los materiales, esta trazabilidad permite identificar los árboles que dieron origen a plantas con problemas.



Fotos: Rafael Segundo Novoa Yáñez

Figura 21. Sistema de trazabilidad empleado en el vivero de AGROSAVIA en Montes de María. a. Árboles de aguacate variedad criollo producidos en el vivero con trazabilidad; b. Etiqueta con QR para identificación de árboles en vivero.





Capítulo V

Calidad del material de siembra de aguacate producido

Cabe destacar que el presente manual es el resultado de las experiencias adquiridas en la primera fase del Plan Semilla, cuyo énfasis era ajustar el proceso de producción de semilla de calidad de aguacate en la subregión de los Montes de María. Sin embargo, en este capítulo se muestran los principales problemas fitosanitarios que afectan la etapa de vivero, reportados por la literatura, como una guía para que los productores cuenten con una herramienta para el manejo de estas situaciones y la toma de decisiones.

Dentro de todo proceso de producción semilla, esta es la base principal para un óptimo desarrollo de cualquier cultivo. Para el caso del aguacate en la subregión de los Montes de María, fue necesario asegurar la calidad de la semilla sexual utilizada en el patronaje y las yemas empleadas en la injertación. Lo anterior permitió obtener plantas injertadas de aguacate criollo que expresen todo su potencial genético, productividad y calidad del fruto. Este proceso inicia con la identificación y marcación de árboles, teniendo en cuenta aspectos como la calidad, sobrevivencia a factores bióticos y abióticos, sanidad y atributos morfológicos diferenciadores.

Por tanto, el éxito de los proyectos productivos depende del uso de semilla de alta calidad para la siembra. Según el Instituto para la Innovación Tecnológica en Agricultura (Intagri, 2010), la calidad de la semilla está definida por cuatro factores que se describen a continuación:

Calidad genética. Hace referencia a la pureza genética de la semilla o a su autenticidad, con respecto a las características de la variedad liberada o producida por los programas de mejoramiento genético (Intagri, 2010). En el caso del aguacate en los Montes de María, la fidelidad de la semilla está dada por el relativo aislamiento en que se han desarrollado las plantaciones desde años remotos. Este factor propicia que la variedad o material genético original se haya conservado y purificado a través de la selección practicada por los agricultores a lo largo del tiempo.

Calidad física. Se refiere al grado de pureza física de la semilla, la ausencia de semillas de otras variedades, así como la integridad y ausencia de daños en la semilla (semilla quebrada, tamaño y peso de la semilla) (Intagri, 2010). En el caso del aguacate, en este aspecto, se consideran como factores de calidad: la ausencia de golpes y malformaciones en la semilla, la producción de raíces múltiples en plántulas y la poliembrionía.

Calidad fisiológica. Hace referencia a la capacidad de la semilla para producir una nueva planta, es decir su viabilidad, capacidad de germinación o vigor (Intagri, 2010). Está asociada, en parte, a la calidad física y guarda una estrecha relación con los procesos que ocurren a nivel de división celular al interior de la semilla y durante el desarrollo vegetativo de la planta. En algunos casos, estos factores de calidad se dan en función de las condiciones ambientales y otros agentes biofísicos como la calidad del sustrato, el nivel de sombrero, la densidad de población al interior del vivero, entre otros aspectos.

Calidad sanitaria. Hace referencia a la ausencia de organismos patógenos causantes de enfermedades, lo cual depende de las condiciones de desarrollo de los frutos, las condiciones climáticas o el manejo y presencia de enfermedades en los huertos madre (Intagri, 2020). En el caso del aguacate, es importante asegurar que la semilla sexual para patronaje provenga de plantaciones que estén libres de enfermedades.

Como se mencionó con anterioridad en este manual, AGROSAVIA cuenta actualmente con 227 árboles criollos de la raza antillana seleccionados e identificados en la

subregión de los Montes de María, los cuales pueden usarse como fuente de semilla para patronaje y copas. Esta selección se realizó entre 2013 y 2014 y se tuvo en cuenta el concepto de los productores de la zona, quienes han observado, durante muchos años, el comportamiento productivo y la adaptabilidad de estos árboles.

Manejo sanitario

Uno de los propósitos de la producción de plantas en vivero es asegurar la calidad sanitaria del material genético generado. Para ello, es necesario implementar estrategias de manejo de artrópodos plagas y enfermedades durante las distintas etapas de la línea de producción. Dentro de estas estrategias se encuentran la prevención, el monitoreo y el control.

En primera instancia, la *prevención* consiste en la implementación de todas aquellas prácticas o medidas que reduzcan los riesgos de aparición de problemas sanitarios. Entre estas medidas se encuentra el establecimiento de una cerca perimetral alrededor del vivero, para evitar el ingreso de animales o personas no autorizadas que puedan ser vectores de agentes contaminantes (Maradiaga, 2017). Otra medida preventiva es el cubrimiento del piso del vivero con gravilla, para evitar la contaminación del material vegetal con patógenos de suelo en los germinadores y las camas de siembra. Así mismo, se pueden considerar otras medidas de prevención como la desinfección de los sustratos utilizados, la siembra de semilla de buena calidad, la distribución adecuada de las bolsas en los mesones para asegurar una óptima luminosidad y aireación, la ubicación de las plantas en estibas a una altura del piso (0,30 m) para evitar el contacto directo con el suelo y otras medidas de prevención como una fertilización balanceada y riegos oportunos, según los requerimientos de las plantas. Es decir, las medidas que hacen parte de la estrategia preventiva tienen como fin asegurar y prevenir la entrada de artrópodos plaga y enfermedades al vivero y el desarrollo de plantas de aguacate criollo sanas y vigorosas.

La segunda estrategia es el *monitoreo continuo* de las plantas en las áreas de producción, con el fin de tener siempre a la mano información sobre los niveles de población de artrópodos plagas o enfermedades que puedan estar afectando a las plantas. Esto permite tomar medidas oportunas antes de que los niveles aumenten y seleccionar el método de control más adecuado. El monitoreo semanal de las plantas de aguacate en el vivero permite una estimación precisa de la población de artrópodos y el estado

fitosanitario del material genético producido; así se previenen daños mayores, pues se pueden tomar las medidas correctivas a tiempo (Navarro Montes, 2010). Para el aguacate criollo de los Montes de María se recomienda realizar monitoreos semanales, y diseñar formatos para el registro de la presencia o ausencia de síntomas de enfermedades, artrópodos y sus daños.

La tercera estrategia para implementar en los viveros es el *control*, la cual corresponde a medidas finales, cuando las anteriores no han logrado prevenir el daño y las poblaciones de artrópodos plagas o enfermedades superan los niveles de daño. En este caso, se debe recurrir a la aplicación de productos de bajo impacto ambiental recomendados por un técnico especializado.

A continuación, se describirán los principales artrópodos y enfermedades que comúnmente afectan a las plantas de aguacate criollo bajo condiciones de vivero en los Montes de María.

Artrópodos plagas

Es relevante anotar que la región Caribe colombiana carece de estudios que nos permitan conocer los artrópodos que afectan a las etapas de establecimiento, producción y comercialización (López et al., 2022). Dentro de los grupos taxonómicos más frecuentes reportados en investigaciones recientes para la subregión de los Montes de María, y en otras regiones del país y el mundo, se encuentran las termitas (Blattodea: Isoptera), escamas (Hemiptera: Coccothraupidae), especies de la familia Hymenoptera, y barrenadores de ramas (Coleoptera: Curculionidae) (Carrillo et al., 2014; Hughes et al., 2015; López et al., 2022).

Se resalta que se ha incrementado la presencia de especies del género *Xyleborus* que representan un riesgo para el aguacate, debido a su capacidad para transmitir enfermedades. Por ejemplo, en otros países este insecto se asocia con la transmisión de cuatro cepas del patógeno *Raffaelea* sp. en aguacate. Este insecto excava galerías perpendiculares al tronco del árbol y ocasiona secamiento en tallos y ramas inferiores (Fraedrich et al., 2008). El daño de este patógeno genera grandes pérdidas económicas en el cultivo del aguacate a nivel mundial.

En vivero también se pueden presentar altas poblaciones de trips y ácaros (figura 22), para lo cual la estrategia de monitoreo resulta muy importante a fin de detectar

a tiempo la presencia de poblaciones y evitar su crecimiento. De esta manera, se pueden tomar decisiones oportunas de manejo.



Fotos: Rafael Segundo Novoa Yáñez

Figura 22. Hojas afectadas por trips y ácaros. a. Síntomas de trips; b. Poblaciones de ácaros en hojas de plántulas de aguacate en vivero de AGROSAVIA en la sede El Carmen de Bolívar.

En vivero se pueden presentar también ataques del barrenador *Heilipus* sp., el cual puede ingresar por semilla infestada proveniente de campo. En este caso es recomendable revisar los árboles de donde proviene la semilla a fin de evitar la dispersión y el ingreso de esta plaga al vivero (Garbanzo & Coto, 2017).

Otros barrenadores del tallo que tienen relevancia en los viveros son aquellos del género *Copturomimus* (Coleoptera: Curculionidae). Estos insectos pueden causar un secamiento severo de tallos y ramas si no son detectados oportunamente. Los daños que provocan se identifican por la presencia de pequeños puntos negros cubiertos con una exudación blanquecina, la cual corresponde a savia cristalizada. Con el tiempo, esta exudación toma un color negruzco muy característico sobre la superficie de la corteza (Caicedo y Carabalí, 2014). Un síntoma característico del ataque de este insecto es la presencia de galerías tanto superficiales como profundas, con larvas en su interior. Además, se pueden observar orificios de 3 a 4 mm de diámetro, de forma redondeada, parecidos a los de un proyectil. Estos agujeros son realizados por los adultos cuando terminan su ciclo de vida y emergen de los tallos. Para su manejo

se requiere realizar monitoreos mediante observación directa, uso de jama entomológica para colecta de muestras que permitan evidenciar artrópodos plaga de interés, al menos dos veces al mes en cada una de las etapas de producción en vivero. Así, es posible determinar la incidencia y prevenir los posibles daños que puedan afectar a las plantas en crecimiento. En el caso de este tipo de insectos, es importante el uso de trampas para detectar su presencia, como las trampas piramidales instaladas cerca al tallo (Londoño et al., 2014).

Otros artrópodos que pueden afectar en fase vivero son las escamas y cochinillas, las cuales llegan a causar daños de importancia como secamiento de las plantas cuando se encuentran en altas poblaciones. Las cochinillas harinosas excretan grandes cantidades de miel de rocío, cuyo líquido azucarado proporciona, frecuentemente, un excelente medio para el crecimiento del hongo conocido como la fumagina. Además de ser poco atractivo, este interfiere con la fotosíntesis de la planta y, de alguna manera, en su crecimiento (Kondo, 2014).

En esta fase también es importante estar atentos a la presencia de las termitas, las cuales tienen hábitos subterráneos y pasan desapercibidas. Por ello, se debe tener especial cuidado porque estas pueden provocar heridas en las raíces y facilitar la entrada de patógenos del suelo tales como el *Phytophthora cinnamomi* (Arcila Cardona et al., 2013).

Enfermedades

Las enfermedades que pueden afectar a los viveros de aguacate las podemos evidenciar desde la semilla, que puede presentar agallas o crecimientos anormales a nivel de la línea de división cotiledónea, de acuerdo con las observaciones de campo (figura 23). Se pueden detectar, además, semillas de color café oscuro, con manchas sin patrón de distribución definido, con estructuras parecidas a acérvulos en zonas necrosadas. Aún no se ha determinado el agente causal de esta sintomatología descrita, probablemente dentro de este complejo estaría asociado el hongo *Colletotrichum*. En este caso, los frutos que presentan semillas con esta sintomatología deben ser descartados para la siembra, al igual que el árbol madre de donde fueron obtenidas.



Fotos: Rafael Segundo Novoa Yáñez

Figura 23. Semilla de aguacate con sintomatologías de agallas sobre la división cotiledonal con manchas de distribución anormal.

Otras enfermedades muy comunes son las asociadas a marchitez por hongos, causadas por el *Sclerotium rolfsii* y, posiblemente, otra del género *Nectria*, las cuales causan pudrición terminal del tallo en las plantas. La sintomatología asociada al *Sclerotium rolfsii* se caracteriza principalmente por la pudrición del cuello de las plántulas y la presencia de micelio blanco y esclerocios de color blanco y café (figura 24). Las plantas de aguacate en vivero se pueden afectar por la presencia de hongos del suelo, que generalmente causan marchitez y pudrición de raíces (figura 25).



Fotos: Rafael Segundo Novoa Yáñez

Figura 24. Síntomas en semilla de aguacate afectada por *Sclerotium rolfsii* en vivero de AGROSAVIA en la sede El Carmen de Bolívar. a. Inicio de la enfermedad; b. Enfermedad en estado avanzado.



Fotos: Rafael Segundo Novoa Yáñez

Figura 25. Síntomas asociados a marchitez de plantas causados por hongos del suelo en vivero.

En ocasiones, bajo condiciones de vivero, se puede presentar un necrosamiento descendente en el sitio de localización del injerto del cual se desconoce su agente causal (figura 26).



Fotos: Liliana María Grandett Martínez

Figura 26. Síntomas de necrosis en plantas de aguacate. a. Necrosis en hojas de la plántula de aguacate; b. y c. Necrosis descendente del injerto en las plántulas, vivero de AGROSAVIA en la sede El Carmen de Bolívar.

A nivel foliar también se pueden encontrar síntomas de necrosamiento sobre el borde de las hojas maduras, el cual va progresando de manera irregular sobre la lámina foliar (figura 27). Este tipo de síntomas puede estar relacionado con el hongo *Colletotrichum* sp., según la presencia de estructuras del hongo en aislamientos realizados en laboratorio (figura 27).



Fotos: Rafael Segundo Novoa Yáñez

Figura 27. Síntomas de necrosamiento por *Colletotrichum* sp. a. Hojas maduras con necrosamiento en el borde y al interior de la lámina, en plantas de aguacate bajo condiciones de vivero de AGROSAVIA en la sede El Carmen de Bolívar; b. Estructuras fungosas aisladas de las lesiones foliares (vista microscópica).

En etapa vivero también se puede presentar el hongo *Phytophthora cinnamomi*, responsable de la muerte de numerosas plantas en los Montes de María. Se considera que el declive en las áreas de cultivo en la región se asocia a la presencia de problemas sanitarios, específicamente, el marchitamiento del aguacate ocasionado por este hongo se puede transmitir a partir de las plantaciones donde se obtiene la semilla sexual (Vega, 2012). El hongo muestra sus primeros síntomas en las hojas, que se marchitan de forma progresiva en sentido descendente. Posteriormente, las ramas laterales empiezan a secarse en el mismo sentido, y las hojas terminan por secarse, permaneciendo adheridas a las ramas durante un tiempo hasta que se caen o se desprenden del árbol (Vega, 2012). En vivero, las plántulas pueden morir de manera prematura cuando se produce una necrosis a nivel del cuello del patrón o presentan los mismos síntomas que las plantas adultas, como crecimiento escaso, marchitamiento de las hojas y necrosis de las raíces (figura 28). En este caso, aparece también una necrosis en la parte basal del tallo del patrón, lo que hace que la enfermedad progrese en sentido ascendente y descendente desde el ápice (figura 29). Sin embargo, se debe tener en cuenta que, en muchas ocasiones, las plantas de vivero infectadas no manifiestan síntomas sino hasta

llegar a campo definitivo (Rodríguez et al., 2015). Se ha indicado que esta enfermedad puede ocasionar la pérdida de plantas de todas las edades y se desarrolla más rápido en suelos encharcados. También afecta a las raíces más finas, las cuales se tornan de un color café-negro y posteriormente mueren. Las raíces secundarias presentan necrosis parcial (Tamayo, 2007).



Foto: Hernando Araujo

Figura 28. Síntomas de necrosamiento de raíces causados por *Phytophthora cinnamomi* en plantas de aguacate bajo condiciones de vivero en AGROSAVIA en la sede El Carmen de Bolívar.



Foto: Hernando Araujo

Figura 29. Síntomas de necrosamiento descendente del tallo causados por *Phytophthora cinnamomi* en plantas de aguacate bajo condiciones de vivero en AGROSAVIA en la sede El Carmen de Bolívar.

El ICA (2013) reporta que en Colombia la marchitez por *P. cinnamomi* se encuentra en todas las zonas productoras de aguacate. Sin embargo, existen zonas más afectadas que otras y la subregión de los Montes de María es una de estas en donde más se ha presentado tal enfermedad. Estudios realizados en la zona indican una incidencia y mortalidad promedio del 33 % bajo condiciones de campo, por lo que se debe prestar especial atención a que la colecta de semilla para patronaje se realice de árboles sanos, sin síntomas de esta enfermedad (Ramírez-Gill et al., 2018). De allí la importancia de los 227 árboles identificados y caracterizados por AGROSAVIA como fuente de semilla para patronaje e injertación.

Para el manejo del vivero se deben aplicar estrategias que conlleven plantas sanas, libres de enfermedades y artrópodos plagas, relacionadas con las descritas anteriormente (preventivas, de monitoreo y control). Esto incluye, además, la restricción en la entrada de plantas ornamentales y de otros frutales a los viveros de aguacate, a menos que se pruebe que no están infectadas y que el sustrato no está contaminado con patógenos u otro agente.

Es fundamental establecer un sistema de manejo que evite la transmisión de agentes infecciosos a través de vehículos externos y personas, ya sean trabajadores o visitantes. Para garantizar esto, tanto el personal del vivero como las visitas deben contar con botas y ropa adecuada que deberán ser utilizadas antes de entrar en la parcela del vivero de aguacate. En la entrada del vivero y accesos peatonales se deben colocar alfombras o recipientes para la desinfección del calzado de los trabajadores y de los compradores o visitantes ocasionales (Rodríguez-López et al., 2017).



Recomendaciones generales

Las recomendaciones técnicas incluidas en este manual están orientadas a la implementación de un proceso para la producción de semilla de aguacate de tipo criollo en los Montes de María. Este documento recoge las experiencias y el conocimiento adquirido en los procesos de producción de material de siembra y el uso de semilla de aguacate criollo, a partir de la primera vigencia del PNS. Además, se muestran los principales problemas fitosanitarios que afectan en la etapa vivero, reportados por la literatura como una guía para los productores en la toma de decisiones. Por lo tanto, es relevante plantear investigaciones enfocadas en la identificación de artrópodos plagas y patógenos de interés, así como su biología y comportamiento, para el desarrollo de estrategias de manejo sostenible en fase vivero de aguacate en el contexto de los Montes de María.

Se recomienda que los viveros dedicados a esta actividad se registren en la Gerencia Seccional del ICA de la jurisdicción donde se ubica el vivero o huerto básico, iniciando con la radicación de una solicitud que contenga información de las capacidades del vivero. El vivero o huerto básico debe cumplir, además, con la normativa vigente, especificada en la Resolución ICA 780006 del 25 de noviembre del 2020, que incluye las recomendaciones mínimas para obtener plántulas de buena calidad. Los viveristas dedicados a la producción de plántulas de aguacate deben tener en cuenta la Resolución ICA 1507 del 22 de febrero de 2016, donde se declaran las plagas de control oficial en el cultivo de aguacate *Persea americana* Miller en el territorio nacional y las medidas para su manejo y control. Además, dicha resolución plantea la obligatoriedad por parte de los productores en el establecimiento de los viveros y cultivos de contar con semilla sana, en lo posible producida en viveros registrados ante el ICA, así como la realización de labores culturales como podas, riegos, fertilizaciones, manejo de malezas, colecta de frutos maduros y sobremaduros caídos, entre otras disposiciones que allí se indican.

Desde el punto de vista genético y fisiológico, es importante reconocer que en la subregión de los Montes de María se presentan dos periodos de floración de variada intensidad y duración: 1) el primero, o periodo principal de floración, ocurre a finales de año, entre

octubre y diciembre; 2) el segundo, o secundario, se da de mayo a junio, lo que origina la presencia simultánea de fruto de diferentes edades en el árbol y un flujo permanente de producción, que es superior en el primer semestre que en el segundo. Como consecuencia, se presenta una alta concentración de la producción con frutos de gran tamaño entre abril y junio, denominada *cosecha principal*; esta es la época más recomendada para la colecta. La segunda cosecha, en el segundo semestre, se denomina *cosecha traviesa*, que puede durar desde septiembre hasta noviembre, la cual se caracteriza por frutos de menor tamaño y producción, que se convierte en el segundo momento del año para iniciar otro ciclo de plantulaje. Otra labor importante que los viveristas deben considerar es identificar y eliminar las plantas poliembriónicas en los germinadores, ya que en algunas ocasiones las semillas de aguacate germinan y dan origen a más de un brote o raíz principal. Esto último es una condición desfavorable, debido a que las plántulas generadas son muy débiles y al ser transferidas a campo presentan baja sobrevivencia.

Asimismo, es importante durante todo el proceso desde la germinación de la semilla, el trasplante, endurecimiento, injertación y crecimiento de los árboles, realizar el manejo necesario para el desarrollo óptimo de las plantas. Entre estas acciones se incluye la desinfección de la semilla y el sustrato, manejo del sombrío, riego frecuente, las podas para eliminación de chupones que brotan por debajo del injerto, la revisión de la cinta de amarre del injerto, el monitoreo y control fitosanitario, entre otras. Durante todo el proceso deben llevarse registros que permitan realizar una trazabilidad desde el origen de cada una de las plantas producidas en el vivero hasta su establecimiento a sitio definitivo.

Es necesario considerar los aspectos relacionados con la nutrición de plántulas de aguacate a nivel de vivero en los Montes de María. A pesar de que el sustrato contiene una proporción importante de suelo oscuro, este puede proporcionar elementos requeridos para el desarrollo óptimo de la planta como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre, contenidos en las fracciones minerales y orgánicas del sustrato. Sin embargo, en un proceso de producción bajo condiciones controladas, es posible suministrar elementos de fácil absorción para lograr un rápido desarrollo. Las aplicaciones de nitrógeno y potasio son requeridas durante los primeros meses de desarrollo del patrón y la planta injertada. Para el caso del fósforo, su aplicación debe ser regulada, especialmente, porque este elemento estimula el desarrollo radicular; en este caso, las plantas que permanezcan mucho tiempo en vivero pueden desarrollar tanto el sistema de raíces que podrían salirse del área de bolsa. Esto expondría el sistema radicular y la zona meristemática a daños mecánicos y posibles entradas de patógenos.

Referencias

- Agronet. (2020). *Área sembrada y área cosechada del cultivo de aguacate en Colombia*. Agronet.
- Ahmed, E. M., & Barmore, C. R. (1980). Avocado. En *Tropical and subtropical fruits: composition, properties and uses* (S. Nagy & P. E. Shaw, eds.) (pp. 121-156). AVI Publishing.
- Aguilera-Díaz, M. (2013). Montes de María: una subregión de economía campesina y empresarial. *Documentos de Trabajo Sobre Economía Regional y Urbana*, 195. <http://repositorio.banrep.gov.co/handle/20.500.12134/3033>
- Aguilera-Díaz, M. (2017). La economía de los Montes de María. *Economía & Región*, 8(1), 91-141. <https://revistas.utb.edu.co/economiaayregion/article/view/64>
- Aguirre Buenaño, M. (2013). *Métodos de desinfección de sustratos para el control de damping-off en semillero de Teca (T. grandis L.) bajo invernadero en la empresa seragroforest, provincia santo domingo de los Tsáchilas* [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador]. DSpace. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/2992>
- Aguirre, A., Caro, D., Quiroga, C., & Vallejo, D. (2016). *Historia del distrito de riego de Maríalabaja-Bolívar: más motivos para decir que el agua es nuestra*. Pontificia Universidad Javeriana.
- Amórtégui, I. (2001). *El cultivo de aguacate* (L. A. Cabrera (ed.)). Corporación para la Promoción del Desarrollo Rural y Agroindustrial del Tolima-PROHACIENDO. [http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/4911/1/El %20cultivo %20del %20aguacate.pdf](http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/4911/1/El%20cultivo%20del%20aguacate.pdf)
- Arcila-Cardona, Á. M., Abadía-Lozano, J. C., Achury-Morales, R. A., Carrascal-Pérez, F. F., & Yacomelo-Hernández, M. J. (2013). *Manual para la identificación y manejo de termitas y otros insectos plagas de los cítricos en la Región Caribe de Colombia*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-AGROSAVIA. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/13429>
- Arias, F., Montoya, C. & Velásquez, O. (2018). Dinámica del mercado mundial de aguacate. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, 55, 22-35. <https://>

- revistavirtual.ucn.edu.co/index.php/RevistaUCN/article/view/994/1442
- Bahru, T. B., Tadele, Z. H., & Ajebe, E. G. (2019). A review on avocado seed: Functionality, composition, antioxidant and antimicrobial properties. *Chemical Science International Journal*, 1-10. <https://doi.org/10.9734/csji/2019/v27i230112>
- Barmore, C. R. (1977). Avocado fruit maturity. En *Proceedings of the First International Tropical Fruit Short Course: The Avocado* (J. W. Sauls, R. L. Phillips & L. K. Jackson, eds.) (pp. 103-109). University of Florida Press.
- Barrionuevo-Bassante, M. F. (2015). *Evaluación comparativa en la etapa de germinación de dos variedades de aguacate* (Persea americana Mill.) con la utilización de tres métodos de escarificación, con dos tipos de sustratos para la obtención de plántulas en Rumipamba Central del cantón Salcedo [Tesis de pregrado. Universidad Técnica de Cotopaxi, Ecuador]. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/2573>
- Barrientos, A., & López, L. (1998). Historia y genética del aguacate. Memoria Fundación Salvador Sánchez Colin, 33-51. http://www.avocadosource.com/journals/cictamex/cictamex_1998/cictamex_1998_33-51.pdf
- Bernal-Estrada, J., Vásquez-Gallo, L., & Cartagena-Valenzuela, J. (2017). *Fenología del aguacate cv. Hass plantado en diversos ambientes del departamento de Antioquia, Colombia* [ponencia]. Memorias del V Congreso Latinoamericano del Aguacate, 04-07 de septiembre de 2017, Ciudad Guzmán, Jalisco, México. http://www.avocadosource.com/Journals/Memorias_VCLA/2017/Memorias_VCLA_2017_PG_292.pdf
- Bernal-Estrada, J. A., Builes-Gaitán, S., Caicedo-Vallejo, A. M., Carabalí-Muñoz, A., Casamitjana-Causa, M., Córdoba-Gaona, Ó. de J., Díaz-Díez, C., Duque-Ríos, M., Forero-Longas, F., Londoño-Bonilla, M., Londoño-Zuluaga, M. E., García-Lozano, J., Kondo, T., Osorio-Vega, N. W., Rodríguez-Yzquierdo, G. A., Rodríguez-León, A. K., Rondón-Salas, T. M., Ruiz, D., Sandoval-Aldana, A., Tamayo-Molano, P. J., Tamayo-Vélez, Á., Varón-Devia, É. H., Vásquez-Gallo, L. A., & Vega-Marín, C. A. (2020). *Actualización tecnológica y buenas prácticas agrícolas (BPA) en el cultivo de aguacate*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-AGROSAVIA. <https://doi.org/10.21930/agrosavia.manual.7403831>
- Bergh, B. (1992). The origin, nature, and genetic improvement of the avocado. *California Avocado Society Yearbook*, 76, 61-75. http://www.avocadosource.com/cas_yearbooks/cas_76_1992/cas_1992_pg_061.pdf
- Bergh, B., & Ellstrand, N. (1986). Taxonomy of the avocado. *California Avocado Society Yearbook*, 70, 135-146. http://www.avocadosource.com/cas_yearbooks/cas_70_1986/cas_1986_pg_135-145.pdf

- Bernstein N., Meiri, A., & Zilberstaine, M. (2004). Root growth of avocado is more sensitive to salinity than shoot growth. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 129(2), 188-192. <https://doi.org/10.21273/JASHS.129.2.0188>
- Bower, J. P., & Cutting, J. G. (1988). Avocado fruit development and ripening physiology. En J. Janick (ed.), *Horticultural reviews* (pp. 229-271). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781118060834.ch7>
- Bruinsma, J., & Paull, R. E. (1984). Respiration during postharvest development of soursop fruit, *Annona muricata* L. *Plant Physiology*, 76(1), 131-138. <https://doi.org/10.1104/pp.76.1.131>
- Calle-Henao, C. (2017). *Caracterización fenotípica y molecular de aislamientos de Phytophthora cinnamomi obtenidos de huertos de aguacate del departamento de Antioquia, Colombia* [Tesis de maestría en Ingeniería Agronómica, Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/59932>
- Cañas-Gutiérrez, G. P., Galindo-López, L. F., Arango-Isaza, R., & Saldamando-Benjumea, C. I. (2015). Diversidad genética de cultivares de aguacate (*Persea americana* Mill.) en Antioquia, Colombia. *Agronomía Mesoamericana*, 26(1), 129-143. <https://doi.org/10.15517/am.v26i1.16936>
- Cañar-Serna, D. Y., Tibaduiza-Castañeda, L. P., Sarmiento-Moreno, L. F., Medina-Mérida, M. J., López-Rebolledo, L. A., & Sepúlveda-Forero, J. L. (2022). *Conceptos básicos de trazabilidad en la producción de semillas para pequeños y medianos agricultores*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-AGROSAVIA <https://doi.org/10.21930/agrosavia.manual.7405149>
- Campos-Rojas, E. C., Ayala-Arreola, J. A., Agustín, J. A., & Espíndola-Barquera, M. (2012). *Propagación de aguacate*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.
- Carabalí-Banguero, D., Montoya-Lerma, J., & Carabalí, A. (2021). Native bees as putative pollinators of the avocado *Persea americana* Mill. cv. Hass in Colombia. *International Journal of Tropical Insect Science*, 0123456789. <https://doi.org/10.1007/s42690-021-00475-x>
- Carrillo, D., Duncan, R., Ploetz, R. and Peña, J. E. (2014). *Ambrosia beetles associated with laurel wilt-affected avocados* [Conferencia]. En A. Méndez-Bravo (Presidencia), Simposio Internacional sobre Manejo y Control de Plagas Cuarentenarias en el Aguacatero. Xalapa, Veracruz, México.
- Cummings, K., & Schroeder, C. A. (1942). Anatomy of the Avocado Fruit. *California Avocado Society Yearbook*, 27, 56-64. http://www.avocadosource.com/cas_yearbooks/cas_27_1942/cas_1942_pg_056-064.pdf

- D'Asaro, A. (2017). *Nutritional and hormonal factors affecting fruit set in avocado (Persea americana Mill.)* [Tesis de doctorado en Fruticultura Mediterránea, Universitat Politècnica de Valencia, España]. <https://riunet.upv.es/handle/10251/79875>
- Davenport, T. L. (1986). Avocado flowering. En J. Janick (ed.), *Horticultural reviews*, vol. 8 (pp. 257-289). <https://doi.org/10.1002/9781118060810.ch7>
- Dixon, J., & Pak, H. (2008). Avocado research by the New Zealand avocado industry. *California Avocado Society Yearbook*, 91, 55-70. http://www.avocadosource.com/cas_yearbooks/cas_91_2008/cas_2008_v91_pg_55-70.pdf
- Dymond, K., Celis-Diez, J. L., Potts, S. G., Howlett, B. G., Willcox, B. K., & Garratt, M. P. D. (2021). The role of insect pollinators in avocado production: A global review. *Journal of Applied Entomology*, 145(5), 369-383. <https://doi.org/10.1111/jen.12869>
- Ernst, A. A., Whaley, A. W., & Bender, G. S. (2013). Propagation. En B. Schaffer, B. N. Wolstenholme, & A. W. Whaley (eds.), *The avocado: Botany, production and uses* (pp. 234-267). <http://dx.doi.org/10.1079/9781845937010.0000>
- Fawcett, I. (2007). Análisis de extracción de aceite de aguacate por métodos físicos y evaluación de una producción a gran escala. [Tesis de pregrado en Ingeniería Química de la Universidad de Los Andes, Colombia]. <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/21769/u258460.pdf>
- Feng, X., Apelbaum, A., Sisler, E. C., & Goren, R. (2000). Control of ethylene responses in avocado fruit with 1-methylcyclopropene. *Postharvest Biology and Technology*, 20(2), 143-150. [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(00\)00126-5](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(00)00126-5)
- Fraedrich, S. W., Harrington, T. C., Rabaglia, R. J., Ulyshen, M. D., Mayfield, A. E., Hanula, J. L., Eickwort, J. M., & Miller, D. R. (2008). A fungal symbiont of the redbay ambrosia beetle causes a lethal wilt in redbay and other Lauraceae in the southeastern United States. *Plant Disease*, 92, 215-224. <https://doi.org/10.1094/PDIS-92-2-0215>
- Gálvez-Cendegui, L., Peñaloza, P., Oyanedel, E., & Castro, M. (2017). Almacenamiento, tamaño y vigor de semilla nodriza de palto (*Persea americana* Mill.) cv. Esther. *Ciencia e Investigación Agraria*, 44(1), 94-99. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-16202017000100010
- Garbanzo, M., & Coto, Á. (2017). *Manual para el establecimiento y manejo de un vivero de aguacate (Persea americana. Mill.)*. Ministerio de Agricultura y Ganadería de Puerto Rico. <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-10905.pdf>
- Gómez, A. C., & Pinzón, L. M. (2019). *Análisis de oportunidades para la exportación de aguacate Hass de Colombia a Estados Unidos* [Tesis de grado en

- Especialización en Gerencia de Negocios Internacionales, Universidad Santo Tomás, Colombia]. <http://hdl.handle.net/11634/18459>
- Halma, F. F., & Frolich, E. (1949). Storing avocado seeds and hastening germination. *California Avocado Society Yearbook* 34, 136-138 https://www.avocadosource.com/CAS_Yearbooks/CAS_34_1949/CAS_1949_PG_136-138.pdf
- Hernández-Valdés, E. F. (2017). Calidad de agua utilizada para riego de huertos de aguacate en Michoacán y Jalisco. En *Memorias del V Congreso Latinoamericano de Aguacate, 4-7 de septiembre de 2017, Ciudad Guzmán, Jalisco, México* (pp. 275-277). Asociación de Productores Exportadores de Aguacate de Jalisco. https://issuu.com/horticulturaposcosecha/docs/memorias_vcla_2017
- Hershkovitz, V., Friedman, H., Goldschmidt, E. E., Feygenberg, O., & Pesis, E. (2009a). Induction of ethylene in avocado fruit in response to chilling stress on tree. *Journal of Plant Physiology*, 166(17), 1855-1862. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2009.05.012>
- Hershkovitz, V., Friedman, H., Goldschmidt, E. E., & Pesis, E. (2009b). The role of the embryo and ethylene in avocado fruit mesocarp discoloration. *Journal of Experimental Botany*, 60(3), 791-799. <https://doi.org/10.1093/jxb/ern328>
- Hobson, G. E. (1979). What factors are involved in the onset of ripening in climacteric fruit?. En H. Smith (ed.), *Commentaries in plant sciences*, vol. 2 (pp. 225-236). Pergamon Press.
- Hughes, M. A., Smith, J. A., Ploetz, R. C., Kendra, P. E., Mayfield A. E., Hanula, J. L., Hulcr, J., Stelinski, L. L., Cameron, S., Riggins, J. J., Carrillo, D., Rabaglia, R., Eickwort, J., & Pernas, T. (2015). Recovery plan for laurel wilt on red-bay and other forest species caused by *Raffaelea lauricola* and disseminated by *Xyleborus glabratus*. *Plant Health Progress*, 16(4), 174-210. <https://doi.org/10.1094/PHP-RP-15-0017>
- Instituto Colombiano Agropecuario [ICA]. (2020). Resolución n.º. 0780006. *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*. Diario Oficial No. 51.509 de 2020, 0780006(0780006), 1-16. <https://www.ica.gov.co/getattachment/56d15d28-b186-498e-bc07-7a6fcf65fb2c/2020R78006.aspx>
- Instituto Colombiano Agropecuario [ICA]. (2016). Resolución n.º 01507. Por medio de la cual se declaran las plagas de control oficial en el cultivo de aguacate *Persea americana* Miller en el territorio nacional, se establecen las medidas para su manejo y control. <https://www.ica.gov.co/getattachment/81591168-ac45-478a-b84b-f054d4e5829b/2016R1507.aspx>

- Instituto para la Innovación Tecnológica en Agricultura [Intagri]. (2010). La calidad de la semilla en cultivos hortícolas. *Instituto para la Innovación Tecnológica en Agricultura* <https://www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/la-calidad-de-la-semilla-en-cultivos-hortícolas>
- Kikuta, Y., & Erickson, L. C. (1968). Seasonal changes of avocado lipids during fruit development and storage. *California Avocado Society Yearbook*, 52, 102-108. https://www.avocadosource.com/CAS_Yearbooks/CAS_52_1968/CAS_1968_PG_102-108.pdf
- Kottek, M., Grieser, J., Beck, C., Rudolph, B., & Rubel, F. (2006). World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift*, 15(3), 259-63. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2006/0130>
- Leite, J. J. G., Brito, É. H. S., Cordeiro, R. A., Brilhante, R. S. N., Sidrim, J. J. C., Bertini, L. M., De Moraes, S. M., & Rocha, M. F. G. (2009). Chemical composition, toxicity and larvicidal and antifungal activities of *Persea americana* (avocado) seed extracts. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, 42(2), 110-113. <https://doi.org/10.1590/S0037-86822009000200003>
- Lobo, M. A. (1977). Dicogamia en flores de aguacate. En E. Girard (Ed.), *Curso sobre frutales* (pp. 37-44). Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). <http://hdl.handle.net/20.500.12324/33310>
- López-Galé, Y., Carrascal-Pérez, F., Díaz, J. A. P., Burbano-Figueroa, O., & Cardona, Á. A. (2022). Insectos fitófagos asociados a plantaciones de aguacate (*Persea americana* Mill.) en la región Caribe colombiana. *Revista Colombiana de Entomología*, 48(2). <https://www.scienceopen.com/document?vid=641889eb-e1fb-4392-b24a-88ab162f19e0>
- López Guzmán, G. G., Medina Torres, R., Guillén Andrade, H., Ramírez Guerrero, L. G., & Aguilar Castillo, J. A. (2012). Características fenotípicas de hoja y fruto en selecciones de aguacate criollo de clima subtropical en el estado de Nayarit. *Fuente*, 4(10), 56-62. <http://dspace.uan.mx:8080/jspui/handle/123456789/801>
- Maradiaga, R. (2017). *Manual técnico para el manejo de viveros certificados de aguacate*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). <http://repositorio.iica.int/handle/11324/3146>
- Méndez-Prada, M. (2016). Estrategias competitivas del eslabón primario en la cadena productiva de aguacate de los Montes de María. *Revista de Economía & Administración*, 13(1), 95-110. <https://revistas.uao.edu.co/ojs/index.php/REYA/article/view/11>

- Mickelbart M., S. Melser, & M. L. Arpaia (2007). Salinity-induced changes in ion concentrations of 'Hass' avocado trees on three rootstocks. *Journal of Plant Nutrition*, 30, 105-122. <https://doi.org/10.1080/01904160601055137>
- Navarro Montes, D. A. (2010). *Manejo integrado de plagas*. University of Kentucky College of Agriculture. <https://www2.ca.uky.edu/agcomm/pubs/ID/ID181/ID181.pdf>
- Novoa-Yáñez. R. S., Araujo, V. H., Grandett, L. M., Martínez, Lopez, L. A., Rebolledo, & Panza, T. B. D. (2019). *Producción de árboles de aguacate Persea americana M. bajo condiciones de vivero en la subregión Montes de María* [Docuemnto de trabajo]. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-AGROSAVIA.
- Osorio-Almanza, L., Burbano-Figueroa, O., Arcila, A. M., Vásquez, A. M., Carrascal-Pérez, F., & Romero, J. (2017). Distribución espacial del riesgo potencial de marchitamiento del aguacate causado por *Phytophthora cinnamomi* en la subregión de Montes de María, Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 11(2), 273-285. <https://doi.org/10.17584/rcch.2017v11i2.7329>
- Papademetriou, M. K. (1976). Some aspects of the flower behavior, pollination and fruit set of avocado (*Persea americana* Mill.) in Trinidad. *California Avocado Society Yearbook*, 60, 106-152. http://www.avocadosource.com/CAS_Yearbooks/CAS_60_1976/CAS_1976_PG_106-152.pdf
- Peláez-Peinado, V., & Núñez-Cadavid, D. F. (2020). Potencial exportador de aguacate colombiano a Corea del Sur. *Revista Digital Mundo Asia Pacífico*, 9(17), 90-103. <https://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/map/article/view/6793>
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), Corporación Territorios, & Universidad de Cartagena. (2003). Promontes: Programa de Desarrollo y Paz de los Montes de María. <https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/migration/co/undp-co-promontes-2003.pdf>
- Ramírez-Gill, J. G. R. (2016). Tratamientos pregerminativos y masa de la semilla como estrategia para mejorar la producción de plántulas de aguacate raza Guatemalteca. *Cultivos Tropicales*, 37(4), 115-125. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193247419011>
- Robertson, B. L. (1971). Fruit growth of the Fuerte avocado. *Farming in South Africa*, 47, 12-13.
- Rodríguez-López, C. E., Hernández-Brenes, C., Treviño, V., & Díaz de la Garza, R. I. (2017). Avocado fruit maturation and ripening: Dynamics of aliphatic acetogenins and lipidomic profiles from mesocarp, idioblasts and seed. *BMC Plant Biology*, 17(1), 9-12. <https://doi.org/10.1186/s12870-017-1103-6>

- Salazar-García, S., & Borys, M. (1983). Multi-sprouts in avocado seeds (*Persea americana* Mill.). *California Avocado Yearbook*, 67, 73-81. http://www.avocado-source.com/cas_yearbooks/cas_67_1983/cas_1983_073.pdf
- Sánchez-Pérez, J. (1999). Recursos genéticos de aguacate (*Persea americana* Mill.) y especies afines en México. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 5, 7-18. http://209.143.153.251/WAC4/WAC4_p007.pdf
- Schroeder, C. A. (1958). Growth and development of the avocado fruit. 114-118. *California Avocado Society Yearbook*, 42, 114-118. http://avocadosource.com/CAS_Yearbooks/CAS_42_1958/CAS_1958_PG_114-118.pdf
- Segovia, F. J., Corral-Pérez, J. J., & Almajano, M. P. (2016). Avocado seed: Modeling extraction of bioactive compounds. *Industrial Crops and Products*, 85, 213-220. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.03.005>
- Setyawan, H. Y., Sukardi, S., & Puriwangi, C. A. (2021). Phytochemicals properties of avocado seed: A review. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 733(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/733/1/012090>
- Storey, W. B., Bergh, B., & Zentmyer, G. A. (1986). The origin, indigenous range, and dissemination of the avocado. *California Avocado Society Yearbook*, 70, 127-133. https://www.avocadosource.com/CAS_Yearbooks/CAS_70_1986/CAS_1986_PG_127-133.pdf
- Tamayo, P. J. (2007). Enfermedades del aguacate. *Revista Politécnica*, 4, 51-70. Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid. Medellín. <https://www.politecnicojic.edu.co/images/downloads/publicaciones/revista-politecnica/revista-politecnica-04.pdf>
- Tingwa, P. O., & Young, R. E. (1975). Studies on the inhibition of ripening in attached avocado (*Persea americana* Mill.) fruits. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 100(5), 447-449. <https://doi.org/10.21273/JASHS.100.5.447>
- Toaquiza-Vásquez, M. D. J. (2021). Evaluación de solarización y *Trichoderma harzianum* para el control de fitopatógenos a nivel de vivero forestal de la ESPOCH en plántulas de *Eucalytus globulus* [Tesis de Ingeniería Forestal, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/15815>
- Traub, H. P., & Auchter, E. C. (1933). Propagation experiments with avocado, mango, and papaya. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, 30, 382-386. http://www.avocadosource.com/Journals/ASHS/ASHS_1933_30_PG_382-386.pdf

- UC Riverside-College of Natural & Agriculture Sciences. (s. f.). Momentos de florecimiento del aguacate para flores tipo “A” y “B”. <http://ucavo.ucr.edu/Flowering/Figure4.html>
- Valmayor, H. L. (1964). Studies on the growth phases of orchid fruits correlated with ovule development [Tesis, University of Florida]. https://ufdcimages.uflib.ufl.edu/AA/00/03/29/09/00001/AA00032909_00001.pdf
- Van Den Dool, B., & Wolstenholme, B. N. (1983). Further studies on avocado fruit growth and maturity in Inland Natal. *South African Avocado Growers' Association Yearbook*, 6, 34-40. https://www.avocadosource.com/Journals/SAA-GA/SAAGA_1983/SAAGA_1983_PG_34-40.pdf
- Vásquez, H. A. A., Yáñez, R. S. N., Martínez, L. M. G., Martínez, M. F., & Aránzazu, C. M. H. (2021). Avances en la caracterización morfológica de aguacates criollos en la subregión de montes de María, Colombia. *Temas Agrarios*, 26.
- Vega, J. (2012). El aguacate en Colombia : Estudio de caso de los Montes de María, en el Caribe colombiano. *Documentos de Trabajo Sobre Economía Regional y Urbana* , 171. <http://repositorio.banrep.gov.co/handle/20.500.12134/3083>
- Villarreal, M. (2013). Avocado seed diagram [imagen]. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Avocado_seed_diagram-ES.jpeg



Anexos

Anexo 1. Definiciones

Calidad de las semillas: conjunto de atributos de la semilla que involucra los factores genéticos, físicos, fisiológicos y sanitarios (FAO, 2010).

Desinfección de sustratos: es una práctica que consiste en eliminar, a través de métodos químicos o físicos, los organismos patogénicos del medio en donde se sembrarán las semillas o las plántulas (Corpoica, 2013).

Despulpe: práctica que consiste en retirar la pulpa del aguacate, de manera cuidadosa, para no causar daños físicos a la semilla cuando el fruto haya alcanzado su madurez fisiológica.

Despunte: consiste en un corte transversal que se le realiza al ápice de la semilla antes de sembrarla, con el objeto de facilitar la germinación (Corpoica, 2013).

Germinación: corresponde a la emergencia y desarrollo, a partir del embrión, de aquellas estructuras esenciales que indican, para la clase de semilla que se está ensayando, la capacidad para producir plantas normales bajo condiciones favorables en el campo.

Injerto: método de propagación usado mundialmente con el aguacate y muchas otras plantas frutales, que consiste en tomar una yema de una variedad mejorada, seleccionada por su calidad y rendimiento, para introducirla sobre una planta de una variedad criolla regional, o que resista condiciones adversas (como sequía, enfermedades, salinidad), a la que se le denomina *patrón* (Corpoica, 2013).

Productor de semilla para siembra: para efectos del presente manual, es toda persona natural o jurídica que se dedica a la producción o multiplicación de semillas, producto del mejoramiento genético y producción de plántulas o plantas de vivero, para ser comercializadas para siembra en el país (ICA 3168, 2015).

Semillero o germinador: sitio donde se establece la semilla que posteriormente deberá ser trasplantada a bolsas y que servirá para la injertación de las variedades mejoradas. Son los lugares donde se lleva la semilla para su germinación (Corpoica, 2013).

Sustrato: en biología, se considera sustrato a una sustancia pura mineral u orgánica (o la mezcla de ambas), con características específicas para el desarrollo de seres vivos, especialmente del reino vegetal.

Vareta portayema: consiste en un tramo de rama vegetativa que contiene entre 2 y 5 yemas, que han sido colectadas de árbol madre para ser dispuestas como copas.

Anexo 2. Materiales, equipos e infraestructura

En la siguiente tabla se relacionan los materiales, insumos, equipos e infraestructura mínimos requeridos para el proceso de producción de árboles de aguacate.

Tabla 1. Equipos, materiales e infraestructura para la producción de árboles de aguacate

Material vegetal	Frutos de aguacate
	Varetas de aguacate para obtención de yemas
Maquinaria, equipos y herramientas	Azadón
	Tanques con capacidad de 5000 l
	Tablas de campo
	Regaderas de mano
	Bomba de espalda de 20 l
	Electrobombas
	Rastrillos de mano
	Navajas de injertación
	Cinta para injertación
	Machetes
	Tijeras podadoras
	Flexómetro de 5 m
	Desjarretadoras
	Mangueras para riego de 1/2"
Suministro	Polisombra del 75 %
	Cal agrícola
	Lombriabono
	Arena gruesa
	Grava
	Suelo vértico
	Formato de evaluación sanitaria
	Bolsas plásticas transparentes de 20 cm x 5 cm
	Bolsas para propagación en vivero de 40 cm x 25 cm cap. 5 kg calibre 3
	Bolsas de papel de ½ lb
	Estibas plásticas
	Libro de campo
	Paletas para demarcación en acrílico
Infraestructura	Vivero

Fuente: Novoa-Yáñez et al. (2019)

Anexo 3. Reactivos/insumos

Para el proceso de producción de árboles de aguacate es necesario contar con productos e insumos que garanticen la calidad del material producido. Se utilizan fungicidas para la desinfección de la semilla y yemas para injertación (benomilo, carboxín, captan y oxiclورو de cobre), así como la desinfección de sustrato (acilalanina y mancozeb). Para el control preventivo de hongos del suelo hay que tener en cuenta que existen productos biológicos como es el caso de *Trichoderma* con cepas nativas, los cuales son eficientes durante la fase de vivero. De mismo modo, se hace necesario el uso de insecticidas para la desinfección de semilla y yemas para injertación del grupo de neonicotinoides. Por último, de acuerdo con el plan de nutrición, es indispensable la aplicación de macroelementos (nitrógeno, fósforo y potasio) y microelementos (cobre, hierro, zinc, manganeso, boro y molibdeno), a través de fertilizantes granulados o foliares que permitan el óptimo desarrollo de las plántulas.

Rafael Novoa-Yáñez

Correo: rnovoa@correo.unicordoba.edu.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5566-618X>

Ingeniero agrónomo con maestría en Ciencias Agrarias, con énfasis en suelos, área fisicoquímica de suelos y nutrición vegetal. Su investigación se ha centrado en el manejo de sistemas productivos tropicales, así como en la producción y multiplicación de material vegetal. Ha liderado proyectos de investigación relacionados con la rehabilitación de plantaciones improductivas, la restauración ecológica y el manejo sostenible de cultivos de cacao, aguacate, pastos y hortalizas. Además, cuenta con experiencia como docente universitario en las áreas de física y conservación de suelos.

Hernando Alberto Araújo-Vásquez

Correo: haraujo@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3679-3973>

Ingeniero agrónomo con maestría en Ciencias Agronómicas, con énfasis en fitomejoramiento. Cuenta con conocimientos en estadística aplicada al sector agrícola, así como en la conservación, manejo y caracterización de recursos fitogenéticos. Tiene una trayectoria de siete años en investigación agrícola, así como en otras áreas como la innovación y el desarrollo tecnológico, la vinculación de conocimientos y tecnologías, especialmente en raíces tuberosas (batata), hortalizas de clima cálido (berenjena y ahuyama), cultivos transitorios (maíz, algodón, frijol y tabaco) y cultivos permanentes (aguacate). Es investigador máster de AGROSAVIA.

Jorge Cadena-TorresCorreo: jcadena12000@gmail.comOrcid: <https://orcid.org/0000-0002-5180-2893>

Ingeniero agrónomo de la Universidad Nacional de Colombia, con maestría y doctorado en Fisiología vegetal de Texas A&M University. Con amplia experiencia y trayectoria en investigación en fisiología del cultivo de algodón, ñame, hortalizas y pasturas. Ha desarrollado trabajos en nutrición mineral y adaptación de plantas al estrés hídrico. Con experiencia en gerencia de proyectos de cobertura nacional y liderazgo de grupos de investigación. Áreas temáticas de interés: adaptación de plantas al estrés abiótico; nutrición mineral; fotosíntesis y balance de carbono.

Liliana María Grandett-MartínezCorreo: lgrandett@agrosavia.coOrcid: <https://orcid.org/0000-0002-9755-2017>

Ingeniera agrónoma de la Universidad de Córdoba Colombia, magíster en Ciencias Ambientales con énfasis en manejo sostenibles de cultivos agrícolas. Cuenta con experiencia en el manejo integrado de plagas para cultivos transitorios como algodón, maíz, hortalizas, pasturas, ñame. Además, sus investigaciones se han centrado en la biología y las alternativas de manejo para diferentes artrópodos plagas claves. Lideró el proyecto de Agricultura Urbana y Periurbana, así como espacios de investigación para agricultura familiar como una contribución a la problemática de inseguridad alimentaria y nutricional. Además, participa en proyectos como la Introducción, cuarentena, establecimiento y evaluación de materiales genéticos élite de café canéfora (*Coffea canephora* P.). En la actualidad, se desempeña como Investigadora Máster, vinculada a la Red de Hortalizas y al Centro de Investigación Turipaná de AGROSAVIA en Cereté Córdoba.

Leonardo Andrés López-RebolledoCorreo: lalopezr@agrosavia.coOrcid: <https://orcid.org/0000-0002-9099-1957>

Ingeniero agrícola de la Universidad de Sucre, con experiencia en suelos agrícolas y sistemas de riego, además de habilidades en tecnología e informática. Actualmente, trabaja como profesional de apoyo a la investigación adscrito a la Red de Innovación de Cultivos Transitorios y Agroindustriales de AGROSAVIA, Centro de Investigación Turipaná, sede El Carmen de Bolívar.

Blas Dagor Panza-Tapia

Correo: bpanza@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0009-0006-6897-7418>

Técnico-profesional en Gestión de Recursos Naturales. Tiene una trayectoria de treinta años en manejo agronómico, mejoramiento genético y fisiología de cultivos transitorios como ñame, yuca, batata y cultivos permanentes (aguacate). Además, es experto en el manejo agronómico y diseño de modelos de agroforestería (modelos silvopastoriles y agroforestales). También participa de proyectos de recuperación de áreas degradadas en pastura (manejo de pasturas y maquinaria agrícola).

Magda Jenny Medina-Mérida

Correo: mmedina@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0537-344X>

Ingeniera industrial de la Universidad Nacional de Colombia, candidata al título de magistra en Gestión de la Innovación en la Universidad de Buenos Aires, Argentina. Se desempeña como profesional de apoyo a la investigación en el Departamento de Semillas de AGROSAVIA, liderando proyectos de trazabilidad en la producción de semilla, desarrollos tecnológicos de software para la trazabilidad y su implementación en organizaciones de productores de semilla. Además, cuenta con experiencia en la mejora de procesos y gestión de sistemas de calidad corporativos.

La subregión de Montes de María, localizada en la costa norte de Colombia, específicamente en los departamentos de Sucre y Bolívar, históricamente ha sido una zona geográfica que ha contribuido de manera relevante al desarrollo económico de esta región, cuyo principal sistema productivo es el aguacate. Los cultivares pertenecen a materiales de tipo criollo o regional, descendientes de razas antillanas o aguacates verdes, caracterizados por su rusticidad, tolerancia a enfermedades y adaptación a factores de estrés biótico y abiótico.

El objetivo fundamental de este manual es ofrecer una herramienta básica y funcional para los productores, organizaciones y asistentes técnicos dedicados al proceso de producción de semilla de calidad de aguacate. Se busca primeramente propiciar la disponibilidad de material de calidad para la siembra de nuevas áreas y, en segundo lugar, garantizar la sostenibilidad del sistema productivo para los procesos de repoblamiento de nuevos materiales sobre áreas afectadas por problemas sanitarios y ambientales. Para lograr estos objetivos, se tuvo en cuenta la normatividad vigente para el proceso de producción y comercialización de semilla de calidad de aguacate, contenida en la Resolución ICA 780006 del 25 de noviembre del 2020. Así mismo, los procesos metodológicos empleados para la obtención de los materiales de siembra con características de calidad física, fisiológica, genética y sanitaria, partieron inicialmente del trabajo conjunto y participativo con los productores de la región, desde los componentes de selección de árboles élite, las experiencias obtenidas en los procesos de producción controlada de materiales progenie —desarrollados en la sede Carmen de Bolívar del Centro de Investigación Turipaná—, la creación del Plan Nacional de Semilla (PNS-Agrosavia) a través de un sistema riguroso de evaluación y testeo procedimental, hasta la obtención de un material de siembra apto para el establecimiento de acuerdo con las condiciones agroecológicas de esta región.

