Manual para la producción de especies forestales de bosque húmedo tropical del Pacífico

Criterios técnicos para la selección y germinación de semillas

Andrés Felipe Ardila Fernández
Vanessa Moncayo Calvache
Beto Alonso Moreno Caicedo

AGROSAVIA
EDITORIAL

Manual para la producción de especies forestales de bosque húmedo tropical del Pacífico

Criterios técnicos para la selección y germinación de semillas

Andrés Felipe Ardila Fernández
Vanessa Moncayo Calvache
Beto Alonso Moreno Caicedo

Colección Transformación del Agro
AGROSAVIA

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).

Centro de Investigación El Mira.
Kilómetro 38 vía Tumaco-Pasto, Nariño.
Código postal 528517, Colombia.

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

Esta publicación es el resultado del proyecto "Materiales nativos e introducidos de especies arbóreas caracterizados y evaluados para uso múltiple" y del macroproyecto "Estrategias de planificación y manejo de plantaciones forestales en agroecosistemas de Colombia", desarrollados por la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).

Colección Transformación del Agro
Fecha de recepción: 20 de julio de 2022
Fecha de evaluación: 30 de agosto de 2022
Fecha de aceptación: 20 de septiembre de 2022

Primera edición: febrero de 2023
Editorial AGROSAVIA
editorial@agrosavia.co

Líder editorial: Verónica Bermúdez Díaz
Edición: Verónica Barreto Riveros y Jorge Enrique Beltrán Vargas
Corrección de estilo: Amalia Tapiero
Diagramación: Sonia Rodríguez
Fotografías: Andrés Felipe Ardila F., Roderick Cameron, Beto Alonso Moreno C., Vanessa Moncayo

Citación sugerida: Ardila Fernández, A. F., Moncayo Calvache, V., & Moreno Caicedo, B. A. (2022). *Manual para la producción de especies forestales de bosque húmedo tropical del Pacífico: criterios técnicos para la selección y germinación de semillas.* Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).

DOI: https://doi.org/10.21930/agrosavia.manual.7406153

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

Ardila Fernández, Andrés Felipe

Manual para la producción de especies forestales de bosque húmedo tropical del Pacífico: criterios técnicos para la selección y germinación de semillas / Andrés Felipe Ardila Fernández; Vanessa Moncayo Calvache y Beto Alonso Moreno Caicedo.
-- Mosquera, (Colombia) : AGROSAVIA, 2023.

63 páginas (Colección Transformación del Agro)
Incluye fotografías, gráficos y referencias bibliográficas
ISBN e-Book: 978-958-740-615-3

1. Árboles forestales 2. Fenología 3. Germinación de las semillas 4. Colección de las semillas 5. Calidad de las semillas 6. Pacífico (Colombia). I. Moncayo Calvache, Vanessa II. Moreno Caicedo, Beto Alonso.

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

Contenido

Agradecimientos 7
Prólogo 8
Introducción 10

Capítulo I
Conceptos generales 13

¿Qué es un fruto? 14
¿Qué es una semilla? 17
Latencia de las semillas 18

Capítulo II
Identificación de fuente semillera y fenología de las especies 21

Selección de árboles fuente semillera 22
Fenología de los árboles 25
Calendario fenológico 26
Fructificación 29

Capítulo III
Recolección de semillas 31

Planificación de la colecta 32
Técnicas de recolección de semillas 33
Manipulación de los frutos y semillas colectados 37

Capítulo IV
Calidad de las semillas y tratamientos pregerminativos 39

Estandarización de protocolos 40
Muestra 40
Prueba de pureza 40

Variables de calidad de las semillas 41
Cantidad de semilla por unidad de peso 43
Ensayos de viabilidad 43
Aplicación de tratamientos pregerminativos 44
Porcentaje de germinación 47

Capítulo V
Recomendaciones en vivero 49

Sustratos 50
Germinadores 50
Manejo diferenciado 52
Fases en vivero 53
Gremios ecológicos 53
Producción en vivero 54

Referencias 57
Los autores 62

Lista de figuras

Figura 1. Partes del fruto en un espécimen de tangare (*Carapa guianensis* Aubl) 14
Figura 2. Ejemplos de fruto carnoso y seco 15
Figura 3. Tipos de frutos 16
Figura 4. Partes de la semilla, ejemplo especie tangare (*C. guianensis* Aubl) 17
Figura 5. Clasificación de las semillas según su capacidad de desecación 18
Figura 6. Clasificación de fuente semillera de árboles de tangare (*C. guianensis* Aubl) 23
Figura 7. Daños causados por el barrenador (*H. grandella* Zéller) en la especie tangare (*C. guianensis* Aubl) 24
Figura 8. Calendario fenológico de tangare (*C. guianensis* Aubl) en el C.I. El Mira, septiembre de 2015 a julio de 2016 28

Figura 9. Coloración de frutos de tangare (*C. guianensis* Aubl) según su estado de maduración 30
Figura 10. Recipiente para transporte de semillas colectadas en campo 33
Figura 11. Semillas de tangare (*C. guianensis* Aubl) recogidas directamente del suelo 34
Figura 12. Trampas de recolección de semillas de tangare (*C. guianensis* Aubl) 35
Figura 13. Frutos de tangare (*C. guianensis*) en árbol 35
Figura 14. Técnica de recolección de semillas mediante trepa a copa de árboles en pie de ocobo (*Tabebuia rosea* Bertol) 37
Figura 15. Muestra de semillas de sajo (*Campnosperma panamensis* Standl) 41
Figura 16. Registro de variables en laboratorio de semillas de tangare (*C. guianensis* Aubl) 42
Figura 17. Tratamiento pregerminativo para tangare (*C. guianensis* Aubl) 45
Figura 18. Germinación de semillas de tangare (*C. guianensis* Aubl) 48
Figura 19. Tipos de germinadores en vivero 51
Figura 20. Tipos de germinación 52
Figura 21. Esquema del modelo de desarrollo de plántulas en vivero en el cual se diferencian las cuatro fases de propagación 53
Figura 22. Esquema conceptual de la distribución operacional de un vivero de especies silvestres 55
Figura 23. Protocolo de producción de especies forestales neotropicales 56

Lista de tablas

Tabla 1. Estandarización de los datos 41
Tabla 2. Tratamientos pregerminativos según tipos de latencia 46
Tabla 3. Manejo diferencial por gremio para cada fase de desarrollo en vivero 54

Agradecimientos

Los autores agradecen al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural por la financiación del macroproyecto “Estrategias de planificación y manejo de plantaciones forestales en agroecosistemas de Colombia”, el cual soporta las recomendaciones técnicas contenidas en el presente manual, así como a la Red de Innovación de Cultivos Permanentes y al Departamento de Semillas de AGROSAVIA por generar los espacios de divulgación y aplicación de los procesos de producción de material vegetal de calidad.

Igualmente, extienden un especial agradecimiento al equipo del Centro de Investigación El Mira, cuyos miembros aportan a la generación de conocimientos para la creación de alternativas productivas sostenibles y de estrategias que contribuyen a construir la paz en los territorios donde las comunidades conviven con los recursos del bosque.

Prólogo

Lo que no se conoce no se usa, lo que no se usa se pierde.
Mario Lobo Arias

Este manual está dirigido a las personas interesadas en conocer algunos procesos técnicos sobre la producción de especies forestales de bosques húmedos neotropicales a través de la reproducción sexual de semillas provenientes de bosque natural. En cinco capítulos, se describen las experiencias de investigación forestal de AGROSAVIA con base en la evaluación de la colección forestal de nueve especies nativas del Pacífico sur, donde se ubica el Centro de Investigación El Mira, en Tumaco (Nariño). Las actividades se desarrollaron en el marco del proyecto "Materiales nativos e introducidos de especies arbóreas caracterizados y evaluados para uso múltiple" y del macroproyecto "Estrategias de planificación y manejo de plantaciones forestales en agroecosistemas de Colombia".

Asimismo, estos procesos fueron validados en el desarrollo de la estrategia "Bolsas de semilla para la paz", en el contexto del proyecto Plan Semilla, uno de los referentes de los procesos de propagación y multiplicación de material vegetal de especies forestales neotropicales, cimentado en el fortalecimiento de capacidades locales para la producción y autoabastecimiento de semillas de calidad.

El presente manual se complementa con los hallazgos de diferentes investigaciones, las cuales han aportado conocimientos valiosos sobre especies forestales neotropicales. Finalmente, los autores proponen una estrategia de producción de especies forestales neotropicales provenientes de bosque natural que tenga como base la dinámica ecológica y el manejo diferenciado en las etapas de vivero. En este sentido, se sugiere a los usuarios del manual ajustar las recomendaciones a su conveniencia y compartir sus experiencias para mejorar los conocimientos acerca de las especies neotropicales con potencial de inclusión en sistemas productivos sostenibles.

Los autores esperan que este documento guíe las estrategias para contribuir al estudio de especies promisorias de los bosques naturales y se constituya como un aporte a la generación de conocimientos sobre la conservación de los recursos del bosque por medio de su uso.

Introducción

Colombia tiene un gran potencial forestal, considerando que el 52 % de su territorio podría destinarse a la conservación o producción de bosques (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, [IGAC], s. f.). Adicionalmente, somos el segundo país con mayor riqueza de flora distribuida en diversos ecosistemas como bosques, selvas, matorrales, pastizales, rosetales, entre otros (Rangel-Ch, 2015). Sin embargo, esta biodiversidad se encuentra amenazada, en mayor parte por el incremento de la deforestación durante las últimas décadas, principalmente en el Pacífico sur del país (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM], 2021). De continuar con esta tendencia, las proyecciones de deforestación en Colombia para el año 2030 indican que se podrían generar pérdidas de por lo menos 1,5 billones de pesos en el Producto Interno Bruto (PIB) y del 15 % en la cobertura de bosque (García, 2012).

Aunque se tengan condiciones favorables y a pesar de poseer una cantidad considerable de bosque plantado, actualmente el sector forestal no representa un aporte significativo al desarrollo socioeconómico de la Nación (Oficina Nacional de Bosques, Francia [ONF] & Global Green Growth Institute [GGGI], 2018). Aunado a esto, la mayor parte del área del bosque plantado pertenece a plantaciones de especies exóticas, con escasa proporción de especies neotropicales (Ministerio de Agricultura y Desarrollo

Rural [MADR], 2021). No obstante, hay grandes volúmenes de madera de especies forestales neotropicales movilizados en el país, los cuales provienen, en su mayoría, de bosque natural (Blanco, 2020).

Teniendo en cuenta esta situación, el Gobierno colombiano ha impulsado la siembra de especies forestales del trópico y ha promovido el incremento de la cobertura boscosa en el territorio nacional, con el propósito de disminuir la tasa de deforestación y, en consecuencia, contribuir con los compromisos que asumió el país frente a los factores asociados a la mitigación del cambio climático a nivel global.

Sin embargo, implementar este tipo de iniciativas conlleva la búsqueda de alternativas para prevenir el deterioro de los ecosistemas naturales como consecuencia de la introducción de especies foráneas que puedan amenazar los hábitats o las especies existentes. Sobre este tipo de afectaciones no existe mucha información y, en ocasiones, los impactos generados son percibidos muy tarde. Por lo tanto, la selección de las especies para la siembra debería considerar una serie de factores, algunos inherentes a la especie misma, pero muchos otros dependientes del contexto biofísico y socioeconómico (de Camino, 2005).

La mayoría de las especies de los ecosistemas boscosos naturales del país carecen de información sobre su comportamiento en escenarios productivos *ex situ*, y por ello la disponibilidad de paquetes tecnológicos que puedan fomentar su multiplicación, conservación y aprovechamiento es reducida. No obstante, para algunas especies no domesticadas, la conservación in situ es la estrategia más viable (Villalba, 2022). Dicha carencia se refleja desde la fase inicial del proceso productivo, puesto que el material vegetal necesario para la propagación tiene una disponibilidad limitada. Igualmente, es escasa la información específica sobre el manejo de semillas, a pesar de que estas son un componente esencial en el proceso de consecución de árboles con características deseables según su propósito de siembra (Ceballos-Freire & López-Ríos, 2007).

En respuesta a este contexto, el presente documento recopila las experiencias técnicas de diferentes investigaciones y prácticas culturales, cuyas páginas reúnen conocimientos que abarcan múltiples procesos: desde los criterios para la selección de las fuentes semilleras hasta los tratamientos reconocidos para su propagación. La información consignada en el presente manual es fundamental para entender los procesos de regeneración de las

comunidades vegetales de nuestros bosques, lo cual repercute en el éxito de proyectos de restauración forestal y acciones de conservación de los recursos genéticos.

Los autores abordan los aspectos más relevantes para el manejo de semillas forestales neotropicales, con lo cual se les brindan herramientas metodológicas a técnicos forestales, reforestadores, productores y comunidades para la toma de decisiones. Con lo anterior, desde diferentes experiencias que impulsan las acciones de restauración, rehabilitación o recuperación de ecosistemas en los territorios priorizados, se espera contribuir a la generación de información sobre la conservación de especies amenazadas y los procesos de domesticación de algunas especies del bosque húmedo colombiano. De este modo, se pretende incidir en estrategias de producción sostenible de material vegetal de calidad que beneficien a las comunidades que conviven con los bosques naturales del país y a los proyectos relacionados con la lucha contra la deforestación y mitigación de los efectos del cambio climático.

Capítulo I

Conceptos generales

El manejo de las semillas forestales durante la colecta, el almacenamiento y la propagación depende de diversos aspectos. Por lo anterior, es necesario conocer las características básicas del desarrollo físico de estas especies, las cuales varían de acuerdo con las condiciones ambientales del entorno. A continuación, se describen los términos básicos a tener en cuenta para facilitar el entendimiento del manual.

¿Qué es un fruto?

El fruto es el resultado de la fecundación de flores maduras. Este alberga y protege la semilla o semillas en su interior para su posterior dispersión (en el caso de las angiospermas). Al madurar, los frutos forman los componentes del pericarpio, que se describen en la figura 1.

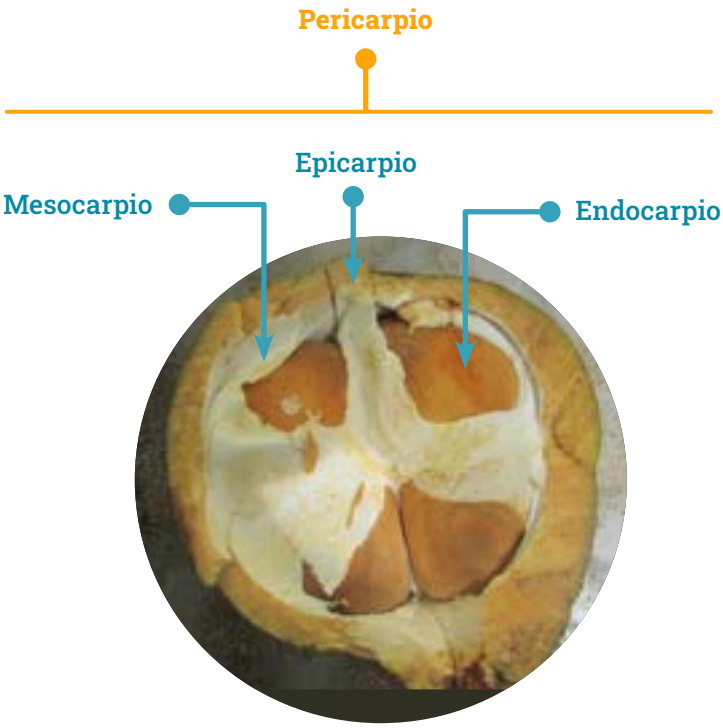

Figura 1. Partes del fruto en un espécimen de tangare (*Carapa guianensis* Aubl).

Foto: Andrés Felipe Ardila F.

Según su pericarpio, los frutos se pueden clasificar en carnosos o secos (figura 2):

a

b

Frutos carnosos: poseen una masa interna pulposa, su contenido de humedad es alto y con frecuencia tienen olor y sabor destacados para atraer animales frutívoros, que ayudan a propagar las semillas. Ejemplos de estos son las drupas del caimito *(Ecclinusa ramiflora)* y el chanul *(Humiriastrum procerum)*, así como las bayas de la jagua *(Genipa americana)* y el níspero *(Manilkara bidentata)*.

Frutos secos: son aquellos que presentan una capa interna delgada y bajos contenidos de humedad. Dentro de esta categoría hay frutos de diferentes formas y tamaños, como el tangare *(C. guianensis)* de cápsula redonda, o el ocobo *(Tabebuia rosea)*, de cápsula alargada.

Figura 2. Ejemplos de fruto carnoso y seco. **a.** *Persea* sp.; **b.** *C. guianensis* Aubl.

Fotos: Andrés Felipe Ardila F.

Según la forma de disponer las semillas, los frutos se clasifican en dehiscentes e indehiscentes (figura 3).

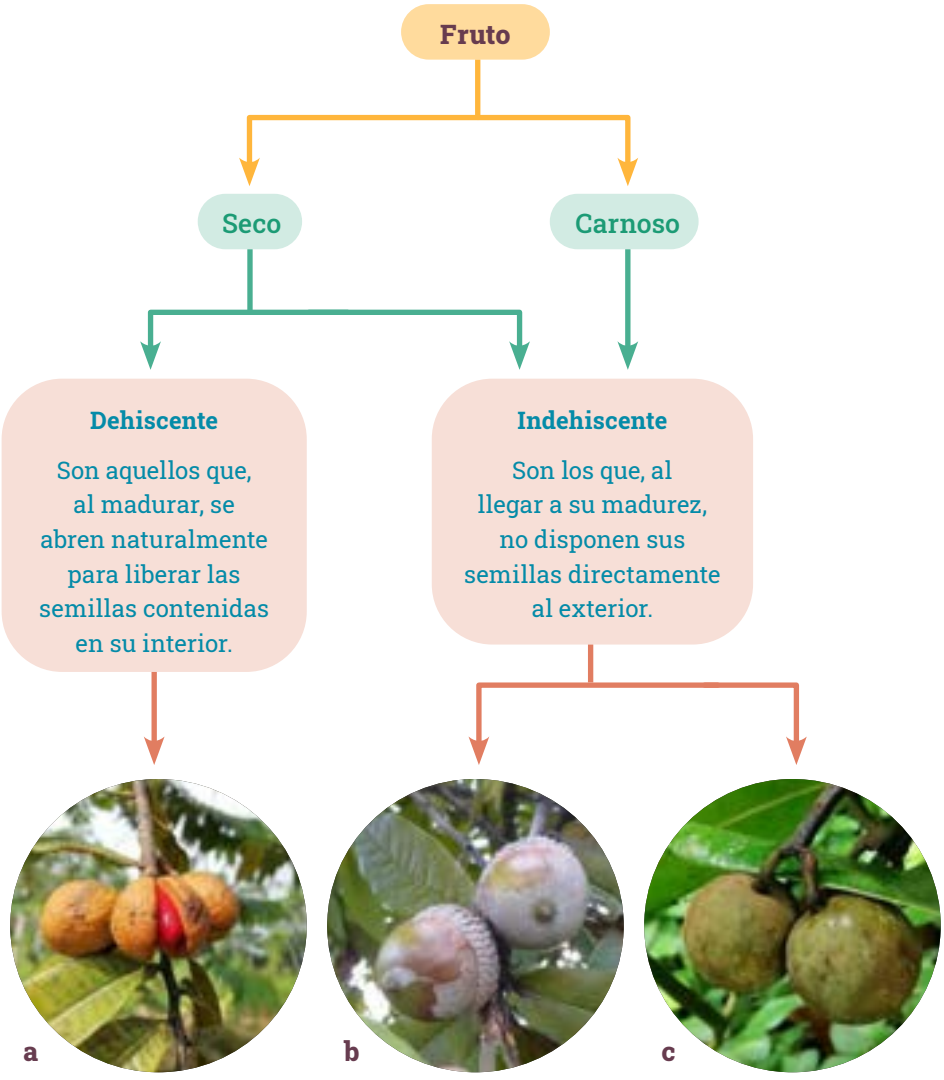

Figura 3. Tipos de frutos. **a.** Fruto seco dehiscente (*Virola dixonii* Little); **b.** Fruto seco indehiscente (*Quercus humboltii* Kunth); **c.** Fruto carnoso indehiscente (*Calophyllum brasiliense* Cambess).

Fotos: Andrés Felipe Ardila F. y Roderick Cameron

¿Qué es una semilla?

La figura 4 describe los componentes de una semilla.

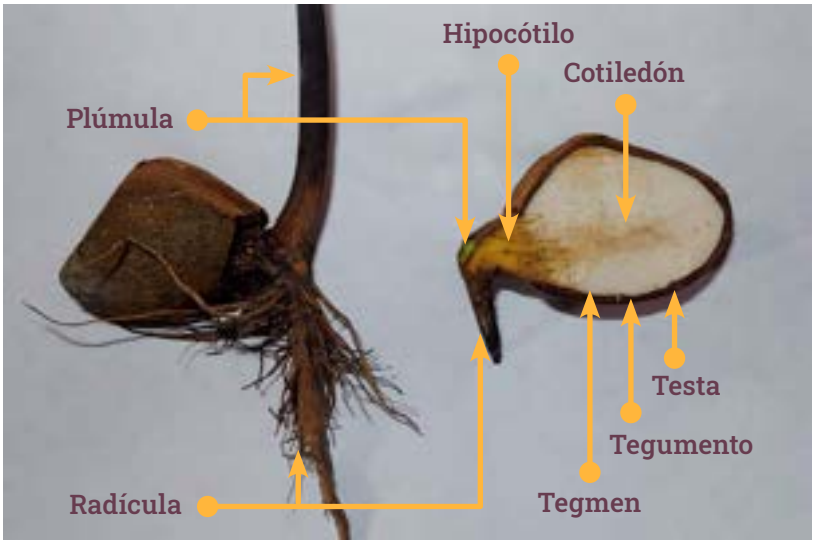

Figura 4. Partes de la semilla, ejemplo especie tangare (*C. guianensis* Aubl).

Foto: Beto Alonso Moreno C.

Las semillas son el insumo básico para la reproducción de las plantas, pues son las encargadas de propagar, dispersar y prolongar la especie de forma sexual (figura 4). Para tal propósito, las semillas deben culminar con su proceso de maduración y encontrar el medio y las condiciones apropiadas (luz, humedad, temperatura) para su germinación (Varela & Aparicio, 2011).

Algunas semillas tienen la capacidad de perder contenido de humedad sin perder completamente su viabilidad, lo que facilita su almacenamiento y conservación por largos periodos de tiempo. Varios investigadores (Del Amo et al., 2009; Ellis et al., 1990) sugieren una clasificación de las semillas según su capacidad de desecación (figura 5).

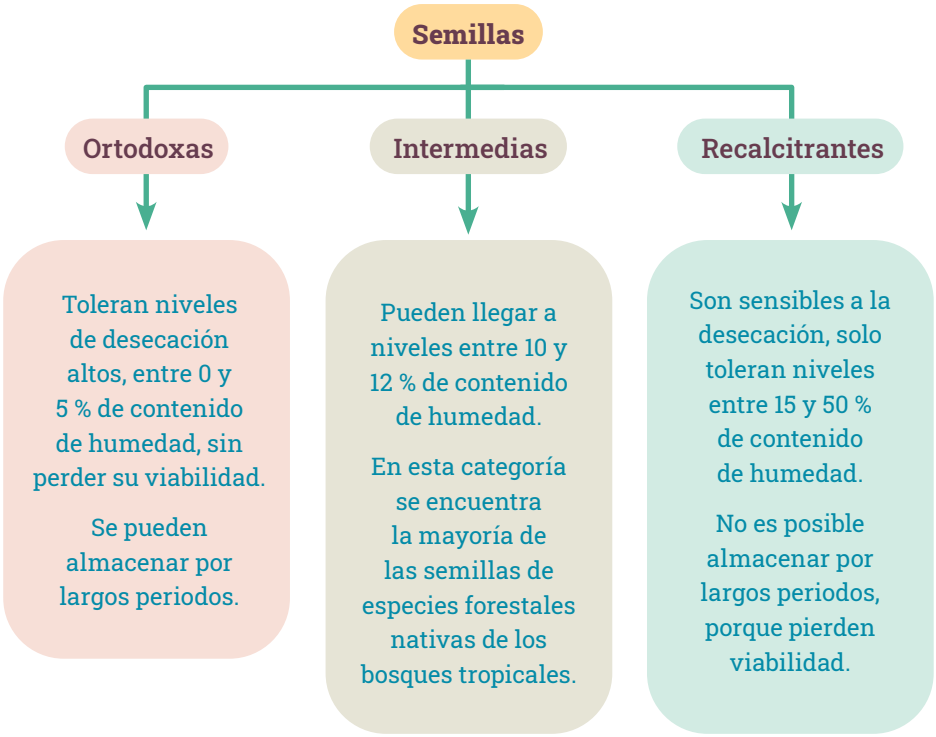

Figura 5. Clasificación de las semillas según su capacidad de desecación.

Fuente: Elaboración propia

Latencia de las semillas

En ocasiones, las semillas no germinan después de su maduración aunque cuenten con las condiciones ambientales favorables, debido a dos factores principales: la impermeabilidad de la cubierta y los inhibidores internos de la semilla (Triviño & Torres, 2009; Varela & Arana, 2011). A este estado se le conoce con el nombre de latencia.

Tipos de latencia:

- **Física:** se debe a la presencia de una cubierta impermeable.
- **Química:** se debe a la presencia de inhibidores de crecimiento que se encuentran en la cubierta más expuesta al medio o testa.

- **Mecánica:** se presenta en semillas con testa dura, principalmente con endocarpio grueso, duro e indehiscente. Generalmente, retrasan la germinación por resistencia mecánica al crecimiento del embrión.
- **Fisiológica:** se produce por la impermeabilidad de la semilla, que no permite la interacción entre el embrión y los gases o agua del ambiente.
- **Morfológica:** se presenta cuando el fruto ha alcanzado la madurez, pero el embrión aún no ha terminado su desarrollo (Triviño & Torres, 2009).

Capítulo II

Identificación de fuente semillera y fenología de las especies

En general, las fuentes semilleras se tipifican de acuerdo con los avances tecnológicos de una especie —para ahondar en este tema se recomiendan las investigaciones de Rodríguez & Nieto (1999)—. A continuación, se nombran algunos criterios para elegir los árboles semilleros.

Selección de árboles fuente semillera

Para identificar los árboles deseables, se deben tener en cuenta las necesidades del productor. En este sentido, es imprescindible entender que la siembra de árboles es un proyecto que inicia con definir un objetivo, razón por la cual el reforestador debe cuestionar qué insumo disponible (semillas, plantas o árboles de especies forestales) le permite alcanzarlo de forma eficiente. Para ello, debe consultar la mayor cantidad de información disponible sobre las especies con potencial para suplir su necesidad.

En este proceso cabe resaltar que los rasgos cualitativos como la forma del fuste, la bifurcación y las características de las ramas suelen depender de factores genéticos, a diferencia de los rasgos cuantitativos como el volumen (Barnes et al., 1980), de manera que la selección deberá hacer énfasis en los rasgos correlacionados con la heredabilidad.

Según Trujillo (1995), la selección de los árboles padre se realiza teniendo en cuenta los siguientes aspectos fenotípicos:

- Fuste largo y sin torceduras, por lo menos de los primeros ocho a diez metros del suelo.
- Ausencia de bifurcaciones.
- Ausencia de fibras en espiral.
- Ausencia de plagas y enfermedades.
- Mayor diámetro y altura en comparación con árboles de la misma especie.
- Ramificación uniformemente distribuida en relación con el fuste (simétrica).
- Ramas pequeñas en relación con el tronco.
- Inserción de las ramas horizontal o ligeramente ascendente.
- Copas compactas, pequeñas y bien provistas de follaje.
- Sin ramificación baja.
- Árboles maduros con señales de producción de semilla.
- Producción abundante de semilla.
- Copa un poco redonda, amplia y bien distribuida.

Para tener una referencia de las características deseables de un árbol, se deben registrar variables que permitan clasificar los árboles de la siguiente manera (figura 6):

a

b

c

Figura 6. Clasificación de fuente semillera de árboles de tangare (*C. guianensis* Aubl). **a.** Clase 1; **b.** Clase 2; **c.** Clase 3.

Fotos: Andrés Felipe Ardila F.

- **Clase 1 - Árboles excelentes:** dominantes o codominantes, rectos, sanos y vigorosos, sin bifurcaciones y de ramas delgadas. Conformarán la población final con características deseables.
- **Clase 2 - Árboles buenos:** dominantes o codominantes, sin bifurcaciones bajas, con leves defectos en el fuste o en la copa. Algunos podrían pertenecer a la población si no hay suficientes en la categoría anterior.
- **Clase 3 - Árboles inaceptables:** suprimidos, enfermos o con defectos importantes en el fuste o las copas.

Para tener una trazabilidad de la procedencia de las semillas, se debe generar un código de identificación de cada árbol seleccionado, georreferenciarlo y marcarlo con pintura. Además, es necesario registrar las variables cuantitativas como el diámetro del fuste (DAP: diámetro a la altura de 1,30 m) y las observaciones relevantes para el seguimiento o para la descripción del árbol.

a **b**

Figura 7. Daños causados por el barrenador (*H. grandella* Zéller) en la especie tangare (*C. guianensis* Aubl). **a.** Tallo; **b.** Espécimen de *H. grandella* en el tallo.

Fotos: Andrés Felipe Ardila F.

La selección de las características a evaluar depende de la especie, la edad de los árboles y el objetivo de producción. Algunas características son propias de ciertas especies, como la producción de resinas, los defectos o las plagas. Estas últimas son tan importantes que requieren una evaluación particular; por ejemplo, el barrenador (*Hypsipyla grandella*) solo ataca a las especies de la familia de las meliáceas, entre las que se encuentra el cedro (*Cedrela odorata*), la caoba (*Swietenia macrophylla* King) o el tangare (*C. guianensis*) (Oliva et al., 2014) (figura 7).

Fenología de los árboles

Parte de la planificación de la cosecha de semillas incluye conocer el comportamiento de la especie seleccionada, para lo cual hay que tener en cuenta que los cambios biológicos visibles y recurrentes como la floración, la fructificación, la caída de hojas, entre otras, están estrechamente relacionados con las variaciones climáticas. Al estudio de esta relación árbol-clima se le conoce como fenología y los periodos en que se ven expresados estos cambios son conocidos como fases fenológicas (Moreira & Arnáez, 1995). Otros autores (Corantioquia, 1996) afirman que la fenología también debe incluir el estudio de la relación de otros factores que influyan en la expresión de los cambios biológicos, como la flora y la fauna asociadas a la especie, el viento, las mareas, entre otros.

En este sentido, conocer las dinámicas de producción, el mecanismo de caída y dispersión de los frutos o semillas, la época de ocurrencia y el tiempo de duración permitirá seleccionar los mejores individuos y el método apropiado para la colecta, y asimismo facilitará la planificación de las actividades (Varela & Aparicio, 2011). Sin embargo, algunas especies pueden presentar diferentes picos de producción al año, los cuales pueden diferir entre ellos por la calidad y cantidad de frutos y semillas producidas. Otras fructifican una vez cada año y existen especies que tienen una fructificación irregular de un año a otro; por lo tanto, es importante registrar esta información por cada especie (Morandini, 1962, citado por Food and Agriculture Organization [FAO], 1991).

Además, las condiciones climáticas del trópico son más estables y las diferencias entre las estaciones están definidas por temporadas con presencia de altas precipitaciones y periodos secos, por lo que muchas especies forestales no presentan relaciones evidentes entre sus fases fenológicas

(Moreira & Arnáez, 1995). Así pues, también se deben tener en cuenta los fenómenos climáticos extremos, las plagas o enfermedades, el sistema en que se encuentran los árboles (bosque natural o plantación), la procedencia, la edad de los árboles, la disponibilidad de polinizadores y los dispersores o cualquier otro fenómeno que pueda alterar su ciclo frecuente.

Calendario fenológico

Dada la importancia de contar con una referencia del comportamiento de la especie en la zona, se recomienda generar un calendario fenológico local que indique los momentos de cambios relevantes para mejorar la planificación y cosechar las semillas.

La construcción del calendario inicia generando una base de datos recolectados de al menos un año de seguimiento de las fases fenológicas de la especie. El seguimiento se realiza mediante la observación y el registro sistemático del desarrollo de las fases con base en el comportamiento de una muestra significativa de árboles maduros. Cabe destacar que cuando las zonas de recolección de la semilla están ubicadas en lugares menos accesibles, es útil mantener parcelas fenológicas permanentes en lugares de fácil acceso para que actúen como indicadores biológicos (FAO, 1991).

Las variables registradas pueden ser cuantitativas (número de flores o frutos maduros registrados a la fecha) o cualitativas (presencia de botones florales, flores o frutos o color de flores y frutos). La descripción debe ser tan detallada como lo exija el proyecto y lo permitan los conocimientos del tomador de datos, y todos los árboles monitoreados deben estar marcados e identificados para relacionar los datos registrados y facilitar la trazabilidad del comportamiento. El calendario resultante debe ser de fácil entendimiento y deberá representar las fases de interés. Asimismo, es importante contrastar este resultado con el comportamiento de otros factores que puedan tener relación con la ocurrencia de la fase.

Según Marín (1999), el estudio fenológico debe evaluar las siguientes etapas:

- Floración
- Floración en botón
- Frutos verdes
- Frutos maduros
- Brote de hojas
- Caída de hojas

Para valorar la intensidad de cada uno de estos eventos, se suele utilizar el índice de intensidad de Fournier (citada por Venegas, 1976), en el que se califica cada evento en un rango de 0 a 4 puntos, de la siguiente manera:

0. Ausencia de la fase fenológica
1. Corresponde a un rango entre 1 a 25 % de producción (flores o frutos)
2. de 26 a 50 %
3. de 51 a 75 %
4. de 76 a 100 %

Para algunos casos, el tomador de datos debe poder diferenciar una flor masculina de una flor femenina e identificar si la especie presenta flores femeninas y masculinas en el mismo árbol (especies monoicas) o si estas se encuentran en diferentes árboles (especies dioicas) (Del Amo et al., 2009).

Este tipo de metodologías resultan sesgadas debido al criterio subjetivo del observador en el momento de asignar un valor, por lo que se sugiere que el tomador de datos tenga un conocimiento vasto de la especie y del comportamiento del árbol durante varios ciclos.

Por ejemplo, en el Centro de Investigación El Mira de AGROSAVIA se siguieron las fases de floración y fructificación de la especie tangare (*C. guianensis*) durante 11 meses (desde septiembre de 2015 hasta julio de 2016), cuyos resultados parciales reportaron un pico de floración entre abril y mayo, y una fructificación entre noviembre y diciembre de 2015 y junio de 2016 (figura 8). Estos resultados parciales confirman lo reportado por Camacho & Montero (2005), donde afirman que los periodos de floración y fructificación son muy variables para esta especie, pues para Colombia la época de mayor floración corresponde al periodo entre julio y octubre, y la época de fructificación, al periodo entre enero y junio, con la mayor producción de frutos en la temporada de marzo a junio. Por su parte, en Centroamérica se reportó que la especie presenta flores de enero hasta abril (en algunas zonas de agosto a septiembre), frutos desde marzo hasta agosto y cada tres años tiene lugar una floración y fructificación más alta de lo normal (Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas [Sinchi], 2016).

Según lo anterior, es necesario que el productor haga un seguimiento minucioso del comportamiento de la especie de su interés en la zona específica, ya que en ocasiones el tiempo que le toma a una especie pasar de una fase a otra es corto y los meses de ocurrencia pueden diferir de un lugar a otro.

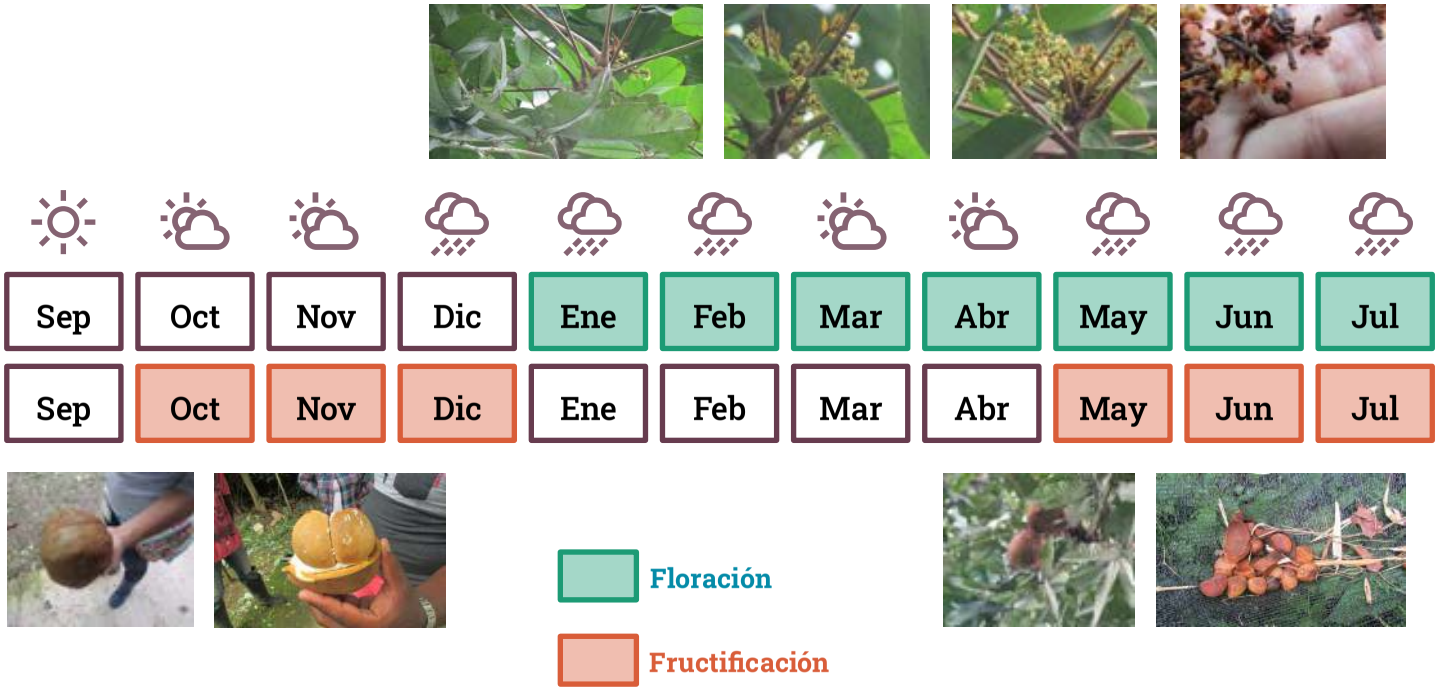

Figura 8. Calendario fenológico de tangare (*C. guianensis* Aubl) en el C.I. El Mira, septiembre de 2015 a julio de 2016.

Fuente: Elaboración propia
Fotos: Andrés Felipe Ardila F.

Fructificación

Identificar la época precisa para recolectar frutos maduros es un aspecto importante para la producción de semillas forestales. Esto permitirá planificar mejor todos los procesos de la colecta, optimizar los recursos y obtener mayor cantidad de semillas viables.

Asimismo, de acuerdo con la especie y el conocimiento local, se debe definir una mayor frecuencia de visitas durante la fructificación, periodo en el que, además, se evaluará la madurez de la semilla para recolectar antes de la dispersión o del consumo de animales o insectos.

La madurez puede determinarse por las siguientes características:

- Cambio de color del fruto: la evidencia más común es el cambio gradual de coloración de los frutos. Para distintas especies, un fruto de color verde indica que aún no ha madurado, aunque pueden presentarse excepciones (Trujillo, 1995).
- Endurecimiento del fruto: las semillas maduran antes que los frutos, así que estos se pueden recolectar en una época adecuada.
- Abrillantamiento del fruto.
- La caída o desprendimiento de un fruto del árbol a menudo funciona como indicador de madurez (FAO, 1991). En frutos dehiscentes hay una separación natural de las vainas de color oscuro que permiten ver semillas duras y también oscuras.

La semilla inmadura tiene consistencia lechosa, mientras que la madura tiene consistencia dura, un endospermo blanco y duro (cuando lo hay) y embrión firme y totalmente formado. La semilla puede ser evaluada mediante un corte longitudinal y una lupa de 10x o 20x.

La recolección de frutos maduros presenta algunas ventajas debido a su mayor potencial de germinación y conservación en condiciones adecuadas de almacenamiento. Igualmente, la calidad de las semillas se conserva en los frutos que tienen una maduración adecuada. Sin embargo, en algunos casos la recolección de frutos inmaduros también es posible, siempre y cuando se garantice un almacenamiento con ventilación y condiciones de humedad adecuadas para permitir la maduración posterior de los frutos (FAO, 1991).

Por ejemplo, al madurar, los frutos de tangare pasan de color verde a café, cambio de color que también se evidencia en las semillas, que pasan

de color *beige* a café claro (figura 9). En esta especie, las semillas de los frutos colectados inmaduros suelen no tener inconvenientes para germinar; sin embargo, la germinación podría tomar más tiempo que en las semillas maduras, es decir que posiblemente se obtengan plántulas con diferentes alturas a las que se debe hacer un manejo diferencial.

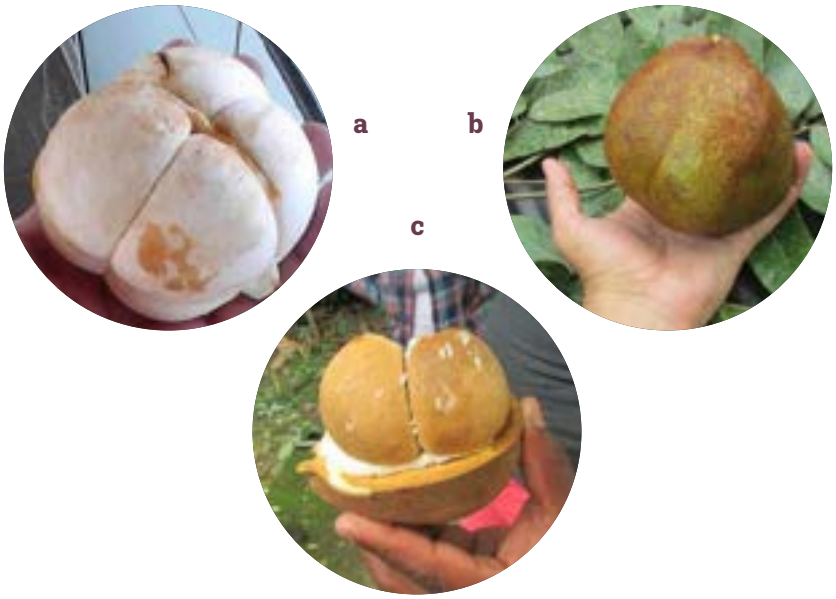

Figura 9. Coloración de frutos de tangare (*C. guianensis* Aubl) según su estado de maduración. **a.** Fruto y semillas inmaduras; **b.** Fruto y semillas inmaduras; **c.** Fruto y semillas maduras.

Fotos: Andrés Felipe Ardila F.

Cabe destacar que los frutos que maduran después de ser cosechados, una vez alcanzada su madurez fisiológica, reciben el nombre de frutos climatéricos. A este respecto, no puede perderse de vista que existen frutos que necesariamente deben alcanzar su madurez en el árbol antes de ser cosechados, ya que una vez recolectados no sufren ningún cambio que contribuya a su madurez; estos se denominan frutos no climatéricos (Instituto para la Innovación Tecnológica en Agricultura [Intagri], 2017).

Para profundizar en metodologías de colecta y realizar observaciones para seguimientos fenológicos, se sugiere revisar los aportes de Venegas (1976).

Capítulo III

Recolección de semillas

Después de definir las fuentes semilleras y la época de colecta, se debe identificar el tipo de fruto o semilla de la especie y buscar información precisa sobre la cantidad de frutos que genera cada árbol, así como sobre el número de semillas que se esperan por cada fruto. Es fundamental tener en cuenta que estos datos pueden variar dependiendo de la localidad donde se encuentre la especie y la temporada de recolección.

También es importante considerar un porcentaje de pérdida de semillas colectadas, el cual dependerá de la especie, el clima, el tiempo de dedicación a la colecta, las herramientas usadas, el medio de transporte, los recipientes para transporte y almacenamiento, entre otros factores que pueden poner en riesgo la viabilidad de las semillas.

Planificación de la colecta

Definido lo anterior, se debe iniciar la planificación de la colecta, para lo cual es importante tener en cuenta los siguientes aspectos:

- **Recurso humano:** la calificación y cantidad de la mano de obra necesaria se definirá según la metodología de colecta a implementar procurando hacer la colecta en el menor tiempo posible. Es recomendable que haya colaboradores con certificación de trabajos en alturas.
- **Herramientas básicas:** verificar lapiceros, baterías, GPS, brújula, binoculares, mapas físicos y digitales de la zona, vías de acceso identificadas, cámara fotográfica, machete, clinómetros o hipsómetros, cintas métricas o diamétricas, formatos de registro y el material para la marcación de los árboles.
- **Recipientes de almacenamiento temporal:** hay que considerar el tamaño de los frutos o semillas y el contenido de humedad, ya que es el factor más influyente en su viabilidad. Por esta razón, los recipientes deben permitir el tránsito de aire en su interior para evitar la presencia de hongos e impedir corrientes de aire que causen excesiva desecación. Para esto también hay que considerar el material del recipiente de almacenamiento temporal; por ejemplo, para jornadas largas de colecta no se recomienda usar bolsas plásticas. Además, cada recipiente debe ir rotulado con la información del árbol de procedencia (figura 10).

Figura 10. Recipiente para transporte de semillas colectadas en campo.

Foto: Andrés Felipe Ardila F.

La selección del método de recolección dependerá de:

- Las características del fruto
- El tipo de árbol
- Las características del rodal
- Las características del sitio
- El volumen de semillas a recolectar
- El equipo y personal disponibles
- Las condiciones de seguridad
- Las condiciones del clima

Técnicas de recolección de semillas

Recolección desde el suelo: es la práctica que requiere menos recursos para su ejecución y que permite la recolección de semillas maduras más fácilmente, ya que normalmente se emplea con frutos grandes. En caso de especies con semillas pequeñas, se puede utilizar rastrillo y tamiz. Para seleccionar la técnica de recolección de semillas de tangare se tuvo en cuenta que sus frutos son dehiscentes y pesados, lo que facilita su recolección al

caer al suelo. Sin embargo, no es recomendable recoger semillas del suelo porque pueden ser portadoras de patógenos o plagas que afecten el lote o haber caído en una posición que posiblemente deformará su raíz (figura 11).

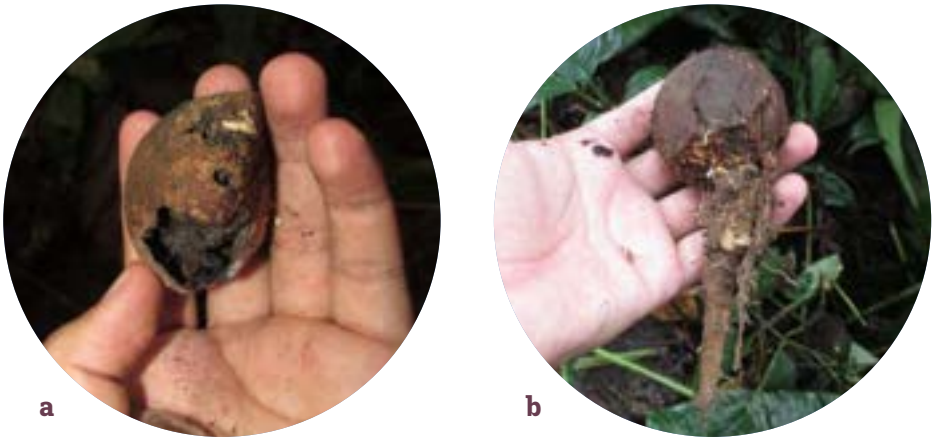

Figura 11. Semillas de tangare (*C. guianensis* Aubl) recogidas directamente del suelo **a.** Semilla descartada por afectación de plagas; **b.** Semillas germinadas prematuramente con raíz deforme.

Fotos: Andrés Felipe Ardila F.

Por las razones expuestas, se seleccionó la técnica de instalar trampas de recolección (figura 12) para evitar que los frutos se dañaran en la caída, estuvieran expuestos al deterioro en el suelo, tuvieran una germinación prematura o fueran vulnerables al ataque de plagas y enfermedades. Dependiendo de la disposición de los árboles y la trampa, la identificación del árbol de procedencia puede ser más sencilla.

Para esta especie también se deben considerar las pérdidas de las semillas que caen fuera de la trampa y los frutos que puedan estar afectados en el árbol (figura 13).

Figura 12. Trampas de recolección de semillas de tangare (*C. guianensis* Aubl). **a.** Trampas bajo la copa del árbol; **b.** Trampas rodeando el fuste del árbol; **c.** Semillas colectadas en trampa.

Fotos: Andrés Felipe Ardila F.

Figura 13. Frutos de tangare (*C. guianensis*) en árbol. **a.** Fruto sano; **b.** Fruto dañado.

Fotos: Andrés Felipe Ardila F.

Además de lo descrito anteriormente, con los frutos dehiscentes se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Los primeros frutos en caer normalmente son de baja calidad.
- Algunas especies pierden la viabilidad de la semilla rápidamente luego de la caída.
- No hay confiabilidad sobre el árbol madre.
- Según Doran et al. (1983), se pueden instalar redes, lonas, láminas plásticas, embudos, etc., para recoger la semilla, aunque su efectividad apenas alcanza el 50 %.

» **Sacudido manual:** se puede sacudir el árbol o las ramas bajas con la mano. Las ramas altas se pueden sacudir utilizando una vara con un gancho o una cuerda.
» **Recolección de copas de árboles caídos:** se deben evitar aquellos que fueron derribados por vientos fuertes.
» **Recolección mediante trepa a copas de árboles en pie:** la trepa suele ser la única forma práctica de efectuar la recolección en árboles de gran altura a los que no es posible cortarles las ramas o los frutos. En estos casos se usa un aparejo de poleas para subir a una persona hasta la copa y, posteriormente, realizar la poda de ramas mediante una sierra o desjarretadera de tijera (Oliva et al., 2014). Por ejemplo, las cápsulas dehiscentes del cedro (*C. odorata*) o del vainillo (*Jacaranda copaia* Aubl.) dispersan sus semillas por medio del viento antes de caer al suelo, casos en los que se debe recurrir a herramientas que faciliten la cosecha desde la copa del árbol de gran altura. Ahora bien, en todos los casos es recomendable que el equipo de trabajo se encuentre capacitado para realizar trabajos en alturas (figura 14).

Implementar una u otra metodología dependerá del recurso financiero y humano disponible, siempre y cuando se cumplan los objetivos de cosecha eficiente y segura. Además, cabe destacar que las técnicas usadas suelen complementarse con las actividades de cosecha de semillas. Para profundizar en técnicas de recolección de semillas pueden consultarse los aportes de Oliva et al. (2014).

Figura 14. Técnica de recolección de semillas mediante trepa a copa de árboles en pie de ocobo (*Tabebuia rosea* Bertol).

Fotos: Andrés Felipe Ardila F.

Manipulación de los frutos y semillas colectados

Para manipular los frutos y semillas colectados se deben preparar adecuadamente las zonas de acopio y registrar los datos en campo. Es imprescindible escribir la identificación básica con tinta indeleble en etiquetas internas y externas, las cuales deben contener la siguiente información:

- Especie
- Localización: departamento, municipio, vereda, finca y propietario
- Número de lote (asignado por el recolector según consecutivo)
- Identificación del árbol
- Coordenadas del árbol obtenidas mediante GPS
- Fuente
- Fecha
- Peso
- Número de empaques utilizados (ejemplo: 1 de 4, 2 de 4...)

Dado que la mayoría de las semillas de especies forestales tropicales son recalcitrantes o intermedias, es importante manipular las semillas correcta y ágilmente para evitar pérdidas de viabilidad (Di Sacco et al., 2020). Hay que tener en cuenta que los frutos se encuentran en un proceso de respiración que hace que la temperatura y la humedad incrementen en su recipiente. Por eso, se aconseja reducir el tiempo de apilamiento de los frutos y no usar empaques impermeables, ya que estos facilitan el aumento de la temperatura en su interior.

Una vez transportados al lugar de almacenamiento, los frutos se deben ubicar en un sitio con buena ventilación, aislados de posibles predadores o plagas que puedan ocasionar pérdidas. También se debe evitar su exposición a condiciones ambientales extremas como el sol o la lluvia. Además, se recomienda no extenderlos directamente en el suelo o en sitios donde se puedan transmitir hongos, enfermedades o plagas. En casos en los que los frutos o semillas se mezclan con impurezas como ramas, hojas, insectos u otros materiales, se deben limpiar lo más pronto posible para evitar la contaminación.

El secado es un proceso común para facilitar la extracción de las semillas del interior de los frutos carnosos y, posteriormente, acondicionarlas a la humedad, debido a que estas pueden deteriorarse por el proceso de fermentación que inicia en la cubierta pulposa (Di Sacco et al., 2020). Cabe destacar que también hay semillas que pueden sembrarse sin ser extraídas previamente de su fruto.

Capítulo IV

Calidad de las semillas y tratamientos pregerminativos

Dada la importancia de disponer de semillas de calidad para el sector forestal, parámetros como la pureza y la germinación son utilizados para evaluar la calidad de las semillas (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza [Catie], 2000). No obstante, también se ha llevado a cabo la medición de otros componentes que garantizan la calidad de las semillas, como la sanidad, la pureza genética y el vigor. A este respecto, se ha determinado que la calidad de las semillas se ve afectada, en gran parte, por la mala selección, la mala procedencia y por los tratamientos pregerminativos inadecuados, situación que ha recalcado la importancia de estandarizar los protocolos según la especie y la capacidad de producción.

Estandarización de protocolos

Para que los resultados sean significativos, es necesario tener en cuenta la representatividad del ensayo. En ese sentido, que la cantidad de semillas sea una muestra representativa dependerá de la producción y de las características de las semillas de cada especie. A la cantidad de semillas que sea física y únicamente identificable se le asigna el nombre de lote de semillas (International Seed Testing Association [ISTA], 2016), de donde se derivan las siguientes definiciones.

Muestra

La cantidad total de la semilla de cada especie y de cada fuente semillera o procedencia debe mezclarse para obtener un lote de semilla homogéneo. Luego, se extraen submuestras para evaluar la calidad y el porcentaje de germinación. Para dicho fin, se sugiere usar como mínimo tres muestras para cada prueba, con el objetivo de comparar los resultados.

Prueba de pureza

Se determina la composición en peso de la submuestra a analizar mediante la separación de semillas puras, semillas de otros cultivos y material inerte, teniendo en cuenta que la suma de todos los componentes debe ser 100 %. Una muestra de trabajo para un ensayo de pureza puede consistir de 10 a 1.000 gramos, dependiendo del tamaño de la semilla. Si el resultado de un componente es nulo, se expresará como 0,0 en el espacio que le corresponda.

Si bien un ensayo de pureza es sencillo, puede no ser tan exacto como otros ensayos para evaluar la calidad. Uno de los problemas que se enfrentan al ejecutar un ensayo de pureza es el criterio de quien esté ejecutando la separación al momento de diferenciar la semilla pura de la impura (figura 15).

a **b**

Figura 15. Muestra de semillas de sajo (*Campnosperma panamensis* Standl). **a.** Muestra con impurezas; **b.** Muestra de semillas puras.

Fotos: Andrés Felipe Ardila F.

Variables de calidad de las semillas

El número adecuado de cifras decimales para calcular los porcentajes con una cifra decimal se indica en la tabla 1.

Tabla 1. Estandarización de los datos

Peso de la muestra de trabajo en gramos	Número de decimales
Menos de 1	4
1 a 9,999	3
10 a 99,999	2
100 a 999,999	1
1.000 o más	0

Fuente: Elaboración propia con base en ISTA (2016)

Para registrar las diferentes variables de las semillas, es necesario contar con herramientas idóneas para la medición, además de la respectiva calibración vigente (figura 16).

a **b**

Figura 16. Registro de variables en laboratorio de semillas de tangare (*C. guianensis* Aubl). **a.** Diámetro; **b.** Peso.

Fotos: Andrés Felipe Ardila F.

Para el cálculo de los porcentajes se utilizan las siguientes fórmulas:

% de semillas puras: $X = \frac{Pp*100}{Pt}$

Donde:

- **Pp =** Peso de las semillas puras
- **Pt =** Peso total de la muestra

% de semillas de otras especies: $Y = \frac{Poe*100}{Pt}$

Donde:

- **Poe =** Peso de las semillas de otras especies
- **Pt =** Peso total de la muestra

% de semillas de materia inerte: $$Z = \frac{Pmi*100}{Pt}$$

Donde:

- **Pmi =** Peso de la materia inerte
- **Pt =** Peso total de la muestra

Cantidad de semilla por unidad de peso

Para determinar el número de semillas por unidad de peso, se toman al menos tres muestras al azar del lote de semillas, por ejemplo, de 100 gramos. Se obtiene, entonces, el número y el peso de semillas puras y llenas.

Cantidad de semilla pura por kilo: $$SP = \frac{Pmi*1000}{Pt}$$

Donde:

- **Pmi =** Peso de la materia inerte
- **Pt =** Peso total de la muestra

Especies con semillas grandes, como el tangare, presentan menos inconvenientes para la extracción de impurezas. Las semillas pequeñas tienden a mezclarse con impurezas, aunque es posible emplear algunos tipos de tamizaje para facilitar la separación.

Según Bacca et al. (2020), el peso de las semillas de tangare tiene un amplio rango de variabilidad que podría estar asociado a la no domesticación de la especie.

Ensayos de viabilidad

El procedimiento general para practicar un ensayo de viabilidad se describe a continuación:

Se inicia con el estudio morfológico de la semilla, teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

a. Características de la envoltura.
b. Corte transversal y longitudinal: de esta forma se obtiene información sobre la viabilidad del lote y, por lo tanto, sobre su máxima capacidad germinativa, que sirve para descartar posibles muertes de semillas debido a las condiciones del ensayo.
c. Tipo y posición del embrión.

A continuación, se debe:

- Retirar del lote de semillas puras al menos tres muestras.
- Abrir cada semilla por la mitad con un cuchillo o aplastar la cáscara de la semilla con un martillo pequeño.
- Observar y anotar la cantidad de semillas que tienen un endospermo y embrión sano, bien desarrollado y completo. Para estas observaciones resultan de utilidad las lupas o estereoscopios.

El porcentaje de semilla completa se calcula de la siguiente forma:

$$Porcentaje\ de\ semilla\ plena = \left(\frac{Cantidad\ de\ semillas\ plenas, sanas\ y\ bien\ desarrolladas}{Cantidad\ total\ de\ semillas\ de\ la\ muestra}\right) * 100$$

Algunos ensayos permiten evaluar visualmente la viabilidad de las semillas con tetrazolio, sin embargo, con este método la interpretación visual de la tinción es subjetiva y requiere experiencia, especialmente en semillas pequeñas.

Para obtener un mayor conocimiento de los procedimientos técnicos para el muestreo y análisis de calidad de semillas, es necesario referirse a las reglas que dicta ISTA (2016).

Aplicación de tratamientos pregerminativos

La mayoría de las especies forestales del bosque húmedo tropical no presentan ningún tipo de latencia. El momento de germinación de estas especies está condicionado, principalmente, por los diferentes disturbios naturales o antrópicos a los que están expuestos los bosques constantemente y que cambian las condiciones de luz, temperatura, oxígeno y humedad (Smith et al., 2010).

En este sentido, los tratamientos pregerminativos son usados para romper la latencia de algunas semillas, pero también para disminuir el tiempo de germinación y homogeneizarlo, con lo cual se obtiene uniformidad en la germinación y el desarrollo de las plántulas. De esta forma se facilitan los procesos de manejo en vivero y establecimiento en campo, siempre y cuando el tratamiento elegido produzca la mayor cantidad de plantas a un menor costo.

Para autores como Pantoja (2007) y Acosta & Mora (2020) y algunos de los productores locales (Óscar Klinger, comunicación personal), la especie tangare no presenta problemas con la emergencia o germinación inicial, ya que sus semillas pueden alcanzar un porcentaje de germinación de 88 a 94 %.

Sin embargo, esta puede ocurrir en un lapso de 2 a 3 meses, lo que puede significar una gran variación en las alturas de las plantas resultantes. El grosor de su testa es el factor más limitante para obtener semillas germinadas en menor tiempo. En este sentido, uno de los tratamientos con mejor resultado es la escarificación mecánica de la testa de las semillas, con la cual se logra disminuir el tiempo y mantener el porcentaje de germinación (Acosta & Mora, 2020; Pantoja, 2007).

Esto coincide con los resultados obtenidos en el Centro de Investigación El Mira, donde se compararon diferentes tratamientos pregerminativos con el manejo convencional, cuyo mejor desempeño consistió en una germinación de 61 % a los 42 días. En este caso, se disminuyó la impermeabilidad de la semilla mediante la escarificación mecánica con esmeril y, posteriormente, con una hidratación en agua a temperatura ambiente por 24 horas (Bacca et al., 2020) (figura 17).

Según esos resultados, es importante seguir probando estrategias para unificar el tiempo y la cantidad de germinación; por ejemplo, se puede hacer un seguimiento de la germinación en muestras diferenciadas por su peso.

Figura 17. Tratamiento pregerminativo para tangare (*C. guianensis* Aubl).
a. Escarificación mecánica con esmeril; **b.** Semillas escarificadas; **c.** Semillas en hidratación por 24 horas.

Fotos: Andrés Felipe Ardila F.

Ahora bien, teniendo en cuenta que algunas especies no cuentan con suficiente información sobre el manejo de sus semillas, se sugiere tomar como referencia los tratamientos aplicados en especies pertenecientes taxonómicamente al mismo género o familia. También se deben considerar las recomendaciones según el tipo de latencia que se pudiese presentar por las características de la semilla, como lo indica la tabla 2.

Tabla 2. Tratamientos pregerminativos según tipos de latencia

Tratamiento	Latencia				
	Física	Química	Mecánica	Fisiológica	Morfológica
Cambios de temperatura	X	X	X		
Hidratación		X		X	X
Escarificación mecánica	X	X	X	X	X
Escarificación química	X		X		
Aplicación ácidos/ hormonas				X	X

Fuente: Elaboración propia con base en Triviño & Torres (2009)

En este sentido, de forma general, la evaluación de los tratamientos pregerminativos puede aplicarse de la siguiente forma:

- **Testigo:** sin ningún tipo de tratamiento pregerminativo a las semillas.
- **Hidratación:** las semillas se depositarán en un recipiente plástico y se cubrirán con agua limpia a temperatura ambiente por un lapso de 12 horas si la semilla es pequeña, 24 si es mediana, 48 si es grande y hasta 72 horas (con cambio de agua diario) si es de testa muy gruesa. Después de retirarlas del agua, se deben sembrar en los germinadores.

- **Escarificación:** las semillas de testa dura y brillante serán sometidas a escarificación mecánica o lijado hasta que la testa de la semilla quede totalmente porosa y opaca. Posteriormente, se deben sembrar las semillas en los germinadores.
- **Escarificación e hidratación:** las semillas de testa dura y brillante serán sometidas a escarificación mecánica o lijado hasta que la testa de la semilla quede totalmente porosa y opaca. Posteriormente, será sumergida en agua durante 24 horas. Finalmente, las semillas se deben retirar del agua y sembrarlas en los germinadores.
- **Cambios de temperaturas:** el objeto de someter las semillas a tratamientos a base de cambios de temperaturas (es decir, calentamiento) es reblandecer el tegumento y evitar en lo posible la capa inhibitoria con que cuentan algunas semillas forestales. Para este fin, la semilla se podrá sumergir durante 5 minutos en agua caliente a 80 °C con una bolsa de tela permeable. Luego, se debe dejar por 24 horas en agua a temperatura ambiente. Posteriormente, las semillas se retirarán del agua y se sembrarán en los germinadores.
- **Ácidos o álcalis:** el propósito de agregar algún ácido o álcali al agua para la germinación es reblandecer el tegumento y evitar, en lo posible, la capa inhibitoria con que cuentan algunas semillas forestales. Para este fin se podrá usar ácido nítrico, ácido fosfórico, ácido sulfúrico, cloro o hidróxido de calcio en concentraciones recomendadas en la literatura y en la etiqueta de cada producto.

Porcentaje de germinación

Generalmente, una plántula normal debe tener una raíz y un tallo bien desarrollados. Las “plántulas anormales” pueden originarse por la edad de la semilla o por malas condiciones de almacenamiento, así como por deficiencia de minerales, sobredosis de fungicidas, materiales tóxicos presentes en el sustrato o en el agua de riego, daños mecánicos, afectaciones causadas por insectos o enfermedades u ocasionados por las heladas.

En el caso del tangare, la mayoría de las semillas germinadas resultaron en plántulas normales (figura 18a); sin embargo, hubo descartes de plantas que después presentaron deformaciones en la raíz y el tallo (figura 18b y 18c, respectivamente).

Figura 18. Germinación de semillas de tangare (*C. guianensis* Aubl). **a.** Planta con germinación normal; **b.** Semillas descartadas por defectos en la germinación; **c.** Semillas descartadas por defectos en la germinación.

Fotos: Andrés Felipe Ardila F.

Al final de la prueba de las semillas se debe tener la cantidad de plántulas normales, plántulas anormales, semillas duras, semillas frescas o en letargo y semillas muertas o en putrefacción. El porcentaje de germinación se determina con el promedio de las plántulas normales germinadas de todas las repeticiones al final del ensayo. Se debe evaluar el tiempo total (días), la primera germinación (días) y la última germinación (días), el número de plantas y la altura promedio de cada semana hasta que la planta alcance entre 40 y 50 cm de altura y pueda ser llevada a campo.

Capítulo V

Recomendaciones en vivero

Determinado el tratamiento pregerminativo que favorezca la emergencia de los primeros órganos de la planta, es necesario preguntarse cuál es el sustrato que favorecerá su desarrollo.

Sustratos

Se recomienda que los sustratos sean desinfectados previamente antes de llenar los germinadores o recipientes a utilizar. Es posible emplear diferentes tipos de sustrato y mezclarlos entre ellos dependiendo de su disponibilidad en cada localidad. Entre los tipos de sustrato a usar están la arena fina, la tierra, la cascarilla de arroz, el mantillo, la lombricomposta, el abono, la materia orgánica, entre otros. Estos sustratos podrán ser desinfectados con agua caliente, solarización, retostado, productos químicos (formol, basamit, ridomil, furadan) o productos biológicos (*Trichoderma* spp.), entre otros. Cabe aclarar que, por lo general, los sustratos comerciales no requieren desinfección.

En el estudio del Centro de Investigación El Mira se probaron sustratos de tierra y arena fina, así como la mezcla entre estos. Los resultados determinaron que no hay diferencias en la germinación de la especie tangare con respecto a los sustratos evaluados (Bacca et al., 2020). Por lo anterior, es necesario desarrollar más investigaciones que contemplen las variables importantes del sustrato que también influyen en la germinación de la especie, con el fin de estandarizar técnicas como el uso de la micorrización.

Germinadores

El uso de los germinadores individuales es conveniente, ya que la semilla puede permanecer por más tiempo en el contenedor sin lastimar la raíz, lo cual facilita el trasplante aun cuando este se realice a raíz desnuda, dado que las raíces cuentan con su propio espacio y no se entrelazan con raíces de otra planta. Los germinadores son de medidas distintas y su selección depende de las características de las semillas (figura 19).

Para la siembra se cubrirá la semilla con el sustrato, compactando ligeramente la superficie. Se debe procurar que el sustrato siempre permanezca húmedo y se recomienda aplicar los riegos con aspersores o regaderas de orificios pequeños para evitar movimiento del sustrato y la semilla.

Figura 19. Tipos de germinadores en vivero. **a.** Bandejas con semillas de ocobo (*Tabebuia rosea* Bertol); **b.** Tubetes con semillas de chalviande (*Virola dixonii* Little); **c.** Camas o eras con semillas de tangare (*C. guianensis* Aubl).

Fotos: Andrés Felipe Ardila F.

Las características de las semillas y el resultado de las pruebas de germinación permiten establecer la orientación adecuada de la semilla en el sustrato, de modo que se facilite la emergencia de las primeras partes de la planta. En este sentido, se pueden reconocer dos tipos de germinación de la semilla: germinación epigea y germinación hipogea (Rosabal et al., 2014).

- **Germinación epigea:** son aquellas semillas que presentan crecimiento rápido del tallo y cargan consigo los cotiledones hacia arriba de la superficie del suelo, manteniéndolos unidos al tallo hasta agotar todas sus reservas de alimento (figura 20a).

- **Germinación hipogea:** estas semillas tienen un crecimiento rápido de la raíz y sus cotiledones se mantienen bajo el sustrato (figura 20b).

a **b**

Figura 20. Tipos de germinación. **a.** Germinación epigea de la especie chalviande (*V. dixonii* Little); **b.** Germinación hipogea de la especie tangare (*C. guianensis* Aubl).

Fotos: Andrés Felipe Ardila F.

El tipo de germinación de las semillas de tangare es hipogea. Según información del productor local Óscar Klinger, se debe poner la zona ovalada de las semillas hacia arriba para facilitar el crecimiento de su raíz en dirección al sustrato.

Manejo diferenciado

Según Villota et al. (2020), en un vivero en el que se propaguen especies silvestres se deben considerar las fases de vivero y los gremios ecológicos a los que pertenece la especie para garantizar una mejor adaptación y desarrollo de estas.

Fases en vivero

Se han determinado cuatro fases de manejo en vivero: germinación, trasplante, crecimiento y rustificación o endurecimiento. Con el seguimiento de la altura de las plantas, se busca determinar el tiempo de cada fase de desarrollo para cada especie (figura 21).

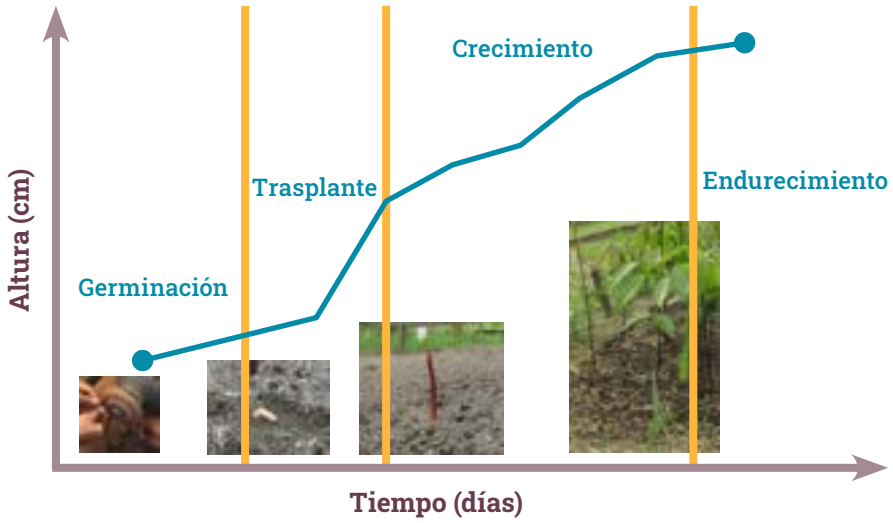

Figura 21. Esquema del modelo de desarrollo de plántulas en vivero en el cual se diferencian las cuatro fases de propagación.

Fuente: Elaboración propia
Fotos: Andrés Felipe Ardila F.

Gremios ecológicos

Según Finegan (1993), las especies de bosque natural se pueden clasificar según la tolerancia a la sombra en sus primeras etapas de desarrollo, lo que se conoce como gremios ecológicos, los cuales se describen a continuación.

- **Heliófitas o heliófitas efímeras:** son especies pioneras de rápido crecimiento y madurez precoz, reproducción abundante y colonización acelerada de espacios abiertos con alta radiación. Generalmente tienen semillas ortodoxas.
- **Semiheliófitas o heliófitas durables:** son especies que difícilmente crecen a la sombra. Generalmente tienen semillas intermedias.

- **Esciófitas:** son especies que toleran diferentes grados de sombra. Su crecimiento es lento y desarrollan primordialmente estructuras que favorecen una vida prolongada. Generalmente tienen semillas recalcitrantes.

Producción en vivero

Según lo anterior, se debe tener claro el gremio de la especie y adecuar las condiciones en vivero para realizar un manejo diferenciado de la sombra. En este sentido, Zani (2006) aporta una estrategia de producción que puede presentar particularidades de manejo en las diferentes fases de desarrollo en vivero (tabla 3).

Tabla 3. Manejo diferencial por gremio para cada fase de desarrollo en vivero

Fases de desarrollo	Germinación	Trasplante	Crecimiento	Endurecimiento
Tiempo (meses)	0,5 a 2: Heliófitas 1 a 2: Semiheliófitas 1 a 5: Esciófitas	1: Heliófitas 1 a 2: Semiheliófitas 2 a 3: Esciófitas	2 a 3: Heliófitas 2 a 4: Semiheliófitas 3 a 8: Esciófitas	0,5 a 1: Heliófitas 2: Semiheliófitas 2: Esciófitas
Sombrío	80 %: todos los gremios	80 %: todos los gremios	47 %: Heliófitas 65 %: Semiheliófitas 80 %: Esciófitas	N/A: Heliófitas 47 %: Semiheliófitas 65 %: Esciófitas
Crecimiento	3 a 6 cm	3 a 6 cm	25 a 40 cm	8 a 12 cm
Descartes	60 a 70 %	60 a 70 %	15 a 25 %	10 a 20 %

Fuente: Elaboración propia con base en Villota et al. (2020)

Igualmente, Zani (2006) propone un esquema de la distribución operacional del vivero con base en la información de la tabla 3 (figura 22).

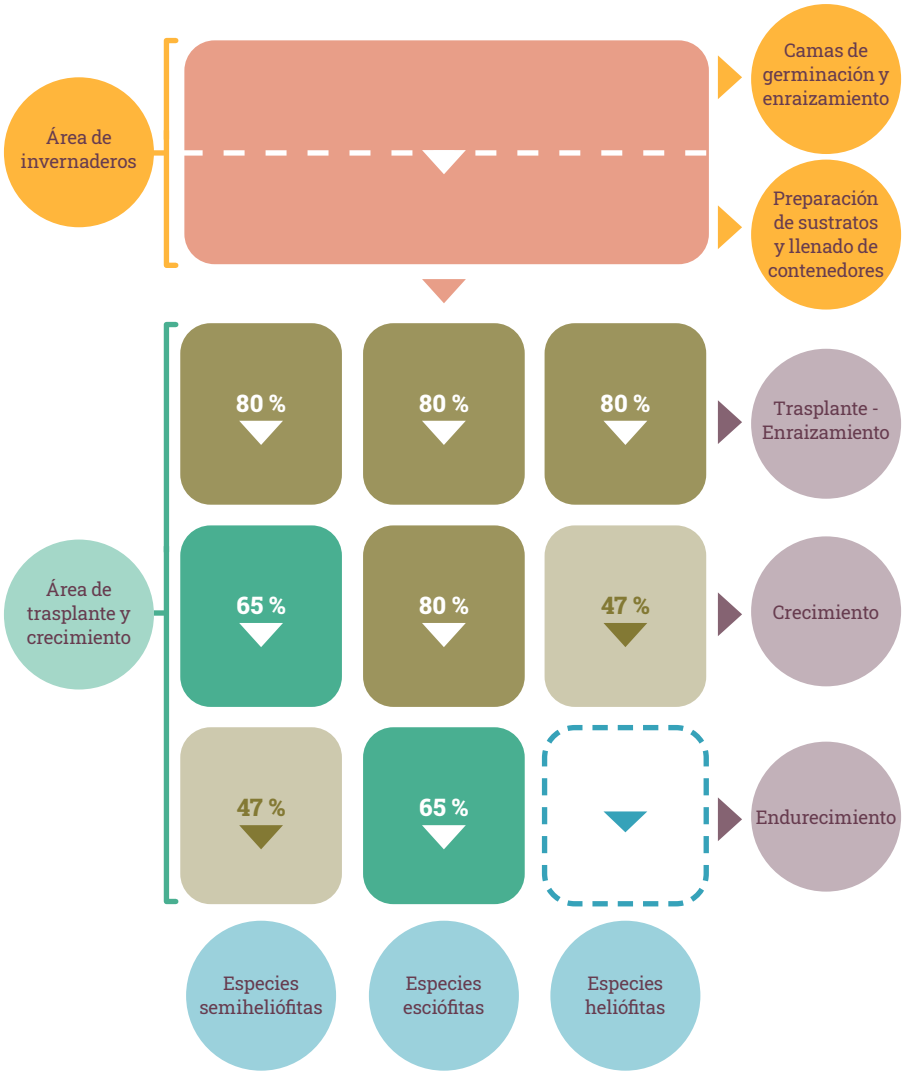

Figura 22. Esquema conceptual de la distribución operacional de un vivero de especies silvestres.

Fuente: Zani (2006)

Si se aplican estas técnicas al manejo de especies forestales neotropicales, es posible construir protocolos para la reproducción de material vegetal de calidad, como se expone en la figura 23. La información generada en este proceso es primordial para registrar a los productores y al vivero ante

el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) y cumplir con los requerimientos descritos en la Resolución 0780006 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".

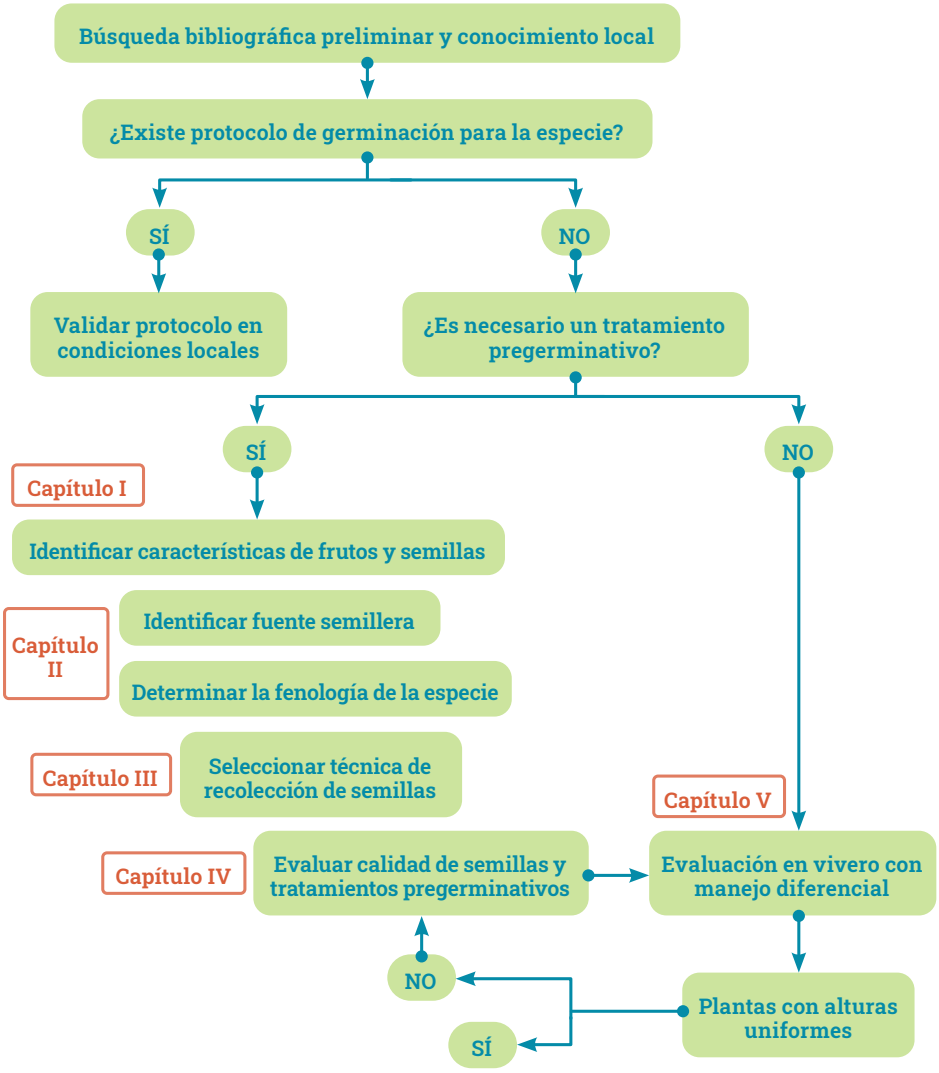

Figura 23. Protocolo de producción de especies forestales neotropicales.

Fuente: Elaboración propia

Referencias

Acosta, L., & Mora, K. (2020). *Revisión silvicultural de tres especies nativas asociadas a bosques del Pacífico Colombiano.* [Tesis de grado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. Repositorio Universidad Distrital. https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/25377

Arriaga, V., Cervantes, V., & Vargas. A. (1994). Manual de reforestación con especies nativas: colecta y preservación de semillas, propagación y manejo de plantas. [Manual de asistencia técnica]. Instituto Nacional de Ecología.

Bacca, P., Zuluaga, J., Pérez, J., & Palacio, M. (2020). Evaluación de tratamientos pregerminativos en *Carapa guianensis* Aubl. *Revista de Ciencias Agrícolas, 37*(2), 56-66. https://doi.org/10.22267/rcia.203702.138

Blanco, J. (2020). *Caracterización de las 30 especies forestales maderables más movilizadas en Colombia provenientes del bosque natural.* En *Consolidación de la gobernanza forestal en Colombia - Fase IV.* Ministerio de Ambiente y Desarrollo Rural (MADR).

Camacho, R., & Montero M. (2005). Manual de identificación de especies forestales en bosques naturales con manejo certificable por comunidades [Manual de asistencia técnica]. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (Sinchi). https://www.sinchi.org.co/files/publicaciones/publicaciones/pdf/Manual_identificacion.pdf

Cameron, R. (2017). *Quercus humboldtii* in Bogotá. [Fotografía]. https://www.internationaloaksociety.org/content/quercus-humboldtii-bogot% %C3% %A1

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza [Catie]. (2000). *Técnicas para la germinación de semillas forestales*. [Manual de asistencia técnica N° 39]. https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/4186/Tecnicas_para_la_germinacion% %20de_semillas_forestales.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ceballos-Freire, Á., & López-Ríos, J. (2007). Conservación de la calidad de semillas forestales nativas en almacenamiento. *Cenicafé*, *58*(4), 265-292.

Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia [Corantioquia]. (1996). *Curso taller sobre semillas forestales*. https://www.corantioquia.gov.co/ciadoc/FLORA/AIRNR_CN_845_1997_1.pdf

Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal [Conif]. (2001). *Recolección y procesamiento de semillas forestales*. [Serie técnica N° 34].

Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal [Conif]. (1999). *Investigación en Semillas Forestales*. [Serie Técnica N° 43].

Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal [Conif]. (2004). *Programa de Investigación en Semillas Forestales de Especies Nativas (Insefor)*. [Informe final convenio 059/02 - Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural]. http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/6703/2/016.pdf

De Camino, R. (2005). ¿Especies nativas o exóticas? Ese es el dilema. *Ambientico*, *1*(141), 7-8. https://www.researchgate.net/publication/250310374_Especies_nativas_o_exoticas_Ese_es_el_dilema

Del Amo, S., Vergara, M., Ramos, J., & Saiz, C. (2009). *Germinación y manejo de especies forestales tropicales*. Universidad Veracruzana. http://libros.uv.mx/index.php/UV/catalog/view/FC130/121/381-1

Di Sacco, A., Way, M., León Lobos, P., Suárez Ballesteros, C. I., & Díaz Rodríguez, J. V. (2020). *Manual de recolección, procesamiento y conservación de semillas de plantas silvestres*. Royal Botanic Gardens Kew; Instituto Humboldt. https://doi.org/10.34885/175

Doria, J. (2010). Revisión bibliográfica. Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. *Cultivos Tropicales*, *31*(1), 74-85. http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v31n1/ctr11110.pdf

Ellis, R., Hong, T., & Roberts, E. (1990). ¿An intermediate category of seed storage behavior? I. Coffee. *Journal of Experimental Botany*, *41*(9), 1167-1174. https://doi.org/10.1093/jxb/41.9.1167

Finegan, B. (1993). Bases ecológicas de la silvicultura. En *Sexto curso intensivo internacional de silvicultura y manejo de bosques naturales tropicales*. Catie. https://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/3973/Silvicultura_y_manejo_de_bosques_naturales_v2.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Flores, E. (1995). *Morfofisiología, comportamiento y germinación de semillas forestales. Tema 4: Fisiología de la germinación de semillas forestales. Avances en la producción de semillas forestales en América Latina* [Memorias de simposio]. Catie.

García, H. (2012). *Deforestación en Colombia: retos y perspectivas*. Fundación para la Educación Superior y el Desarrollo (Fedesarrollo). https://www.repository.fedesarrollo.org.co/handle/11445/337

Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas [Sinchi]. (2016). *Fichas técnicas de especies de uso forestal y agroforestal de la Amazonía colombiana*. https://bit.ly/3gQIHmn

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [Ideam]. (2021). *Monitoreo de Bosques y Carbono-SMByC. Reporte de deforestación*.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC]. (s. f.). *Cinco países latinoamericanos fortalecen sus conocimientos forestales en Corea del Sur*. https://igac.gov.co/es/noticias/cinco-paises-latinoamericanos-fortalecen-sus-conocimientos-forestales-en-corea-del-sur

Instituto para la Innovación Tecnológica en Agricultura [Intagri]. (2017). Frutos climatéricos y no climatéricos. *Serie postcosecha y comercialización, 14*.

International Seed Testing Association [ISTA]. (2016). *Introducción a las reglas ISTA*. https://vri.umayor.cl/images/ISTA_Rules_2016_Spanish.pdf

Marcó, M. (2005). Conceptos generales del mejoramiento genético forestal y su aplicación a los bosques de la Argentina. En *Mejores árboles para más forestadores* (pp. 9-18). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos de Argentina. https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/89125/mod_resource/content/1/marco.pdf

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MADR]. (2021). *Boletín Estadístico Forestal*. https://www.forestalmaderero.com/wp-content/uploads/2021/11/BOLETIN_FORESTAL_SEPTIEMBRE_COLOMBIA.pdf

Moreira, I., & Arnáez, E. (1995). *Fenología y su utilidad en domesticación de especies. Tema 3: Fenología de Especies Forestales. Avances en la producción de semillas forestales en América Latina*. [Memorias de simposio]. Catie.

Oficina Nacional de Bosques de Francia [ONF] & Global Green Growth Institute [GGGI]. (2018). *Barreras y oportunidades para el sector forestal. Estudio en el marco de la misión de crecimiento verde* [Informe Final Componente 4]. Departamento Nacional de Planeación (DNP).

Oliva, M., Vacalla, F., Pérez, D., & Tucto, A. (2014). *Recolección de semillas de especies forestales nativas: experiencia en Molinopampa* [Manual de asistencia técnica]. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP). https://www.itto.int/files/itto_project_db_input/2993/Technical/1%20Manual%20colecta%20semillas.pdf

Food and Agriculture Organization [FAO]. (1991). *Guía para la manipulación de semillas forestales*. https://www.fao.org/3/ad232s/ad232s00.htm#TOC

Pantoja, T. (2007). *Descrição morfológica e análise da variabilidade genética para caracteres de frutos, sementes e processo germinativo associado à produtividade de óleo em matrizes de Carapa guianensis* Aublet*., uma meliaceae da Amazônia*. [Tesis de maestría, Universidade Estadual Paulista]. Repositorio Universidade Estadual Paulista. https://bv.fapesp.br/pt/bolsas/100840/descricao-morfologica-e-analise-da-variabilidade-genetica-para-caracteres-de-frutos-sementes-e-proc/

Rangel-Ch, J. (2015). La biodiversidad de Colombia: significado y distribución regional. Ciencias Naturales. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, *39* (151), 176-200. https://raccefyn.co/index.php/raccefyn/article/view/136

Rodríguez, J. & Nieto, V. (1999). *Investigación en semillas forestales nativas* [Serie técnica N° 43]. Conif.

Rosabal, L., Martínez, L., Reyes, Y., Dell'Amico, J., & Núñez, M. (2014). Aspectos fisiológicos, bioquímicos y expresión de genes en condiciones de déficit hídrico. Influencia en el proceso de germinación. *Cultivos Tropicales*, *35*(3), 24-35. redalyc.org/pdf/1932/193232155003.pdf

Smith, M., Wang, B., & Msanga, H. (2010). Dormancia y germinación. En *Manual de semillas de árboles tropicales* (pp. 157-182). FAO.

Triviño, T., & Torres, F. (2009). *Manual práctico, manejo de semillas y viveros agroforestales.* Centro de Producción Agroforestal (CPA). https://www.researchgate.net/publication/298787103_Manual_Practico_Manejo_de_Semillas_y_Viveros_Agroforestales

Trujillo, E. (1995). *Manejo de semillas forestales: guía técnica para el extensionista forestal*. [Manual de asistencia técnica N° 17]. Catie. http://www.sidalc.net/REPDOC/A4145E/A4145E.PDF

Varela, S., & Aparicio, A. (2011). *Aspectos básicos sobre semillas y frutos de especies forestales. Recomendaciones para su cosecha*. [Cuadernillo N°1]. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_aspectos-delfrutoysemilla.pdf

Varela, S. & Arana, V. (2011). *Latencia y germinación de semillas. Tratamientos pregerminativos*. [Cuadernillo N° 3]. INTA. https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_latencia.pdf

Venegas, L. (1976). *Metodología para observaciones fenológicas*. Proyecto Investigaciones y Desarrollo Industrial Forestal.

Villalba, M. (2022). Árboles y semillas para la región cafetera del norte de los Andes. Universidad del Cauca.

Villota, L., Torres, F., Rodríguez, E., Sánchez, J., & Muñoz, A. (2020). *Domesticación de plantas nativas empleadas en procesos de restauración ecológica. Un nuevo enfoque para la propagación y el viverismo*. Fundación Natura; Enel-Emgesa. https://bit.ly/3XLI668

Zani, J. (2006). *Produção de mudas florestais via sexuada*. Agriflora Mudas Foreistas. http://www.tume.esalq.usp.br/simp/arquivos/ProducaoMudas.pdf

Los autores

Andrés Felipe Ardila Fernández

aardila@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0003-3636-4546

Ingeniero forestal de la Universidad del Cauca, especialista en Sistemas de Información Geográfica de la Universidad de Manizales y magíster en Agroforestería y Agricultura Sostenible del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (Catie). Tiene experiencia en la selección, colecta y propagación de especies forestales nativas del Pacífico colombiano y ha participado en el seguimiento y evaluación de especies forestales nativas multipropósito establecidas en lotes experimentales y en sistemas asociados con cacao. Actualmente es profesional de apoyo a la investigación adscrito a la Red de Cultivos Permanentes en el Centro de Investigación El Mira de AGROSAVIA.

Vanessa Moncayo Calvache

vanesamoncayo18@outlook.com
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-2639-543X

Ingeniera agroforestal de la Universidad de Nariño con experiencia en cultivos permanentes como palma de aceite, chontaduro, cacao y forestales, captura de datos espaciales, creación de sistemas de información geográficos y elaboración de mapas base y temáticos. En AGROSAVIA se desempeñó como profesional de apoyo a la investigación en el Centro de Investigación El Mira, y como miembro de la Red de Cultivos Permanentes tuvo a cargo los bancos de germoplasma de chontaduro, palma nolí e híbrido interespecífico OxG. En el CI El Mira también hizo parte del equipo de Sistemas de Información Geográfica, donde colaboró en proyectos de seguimiento y evaluación de las especies forestales nativas multipropósito allí establecidas.

Beto Alonso Moreno Caicedo

bmorenoc@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-8283-5970

Profesional en Ingeniería Agroforestal y estudiante de maestría en Ciencias Agrarias. Trabaja en AGROSAVIA desde marzo de 2012 y actualmente es Profesional de Apoyo a la Investigación de la Dirección de Investigación del Centro de Investigación El Mira. Maneja e investiga sistemas productivos de cacao basados en sistemas agroforestales y es conocedora del proceso de obtención y producción de semilla del híbrido OxG. Además de sus conocimientos sobre cultivos tradicionales de la costa Pacífica, está familiarizada con el establecimiento y el manejo de otros viveros.

Este libro usa las fuentes
IBM Plex Sans para el cuerpo
de texto y Roboto Slab
para los títulos.

Se terminó
de diagramar en Bogotá
durante el mes de febrero
del año 2023

MINISTERIO DE AGRICULTURA
Y DESARROLLO RURAL

La mitad del territorio colombiano está cubierta de bosques, a los cuales aporta en gran parte la región Pacífica, considerada una de las más biodiversas del planeta, ya que conserva múltiples especies de flora y fauna. Sin embargo, no todas las comunidades que conviven con estos ecosistemas tienen acceso a los conocimientos técnicos generados para manejar y aprovechar los recursos naturales de forma sostenible, y muchas de ellas han transformado el uso del suelo por alternativas productivas de alto impacto ambiental. Ante esta realidad, el presente manual aporta una metodología que facilita la toma de decisiones en los procesos de propagación sexual de semillas de especies forestales bajo las condiciones de los bosques húmedos tropicales del Pacífico, mediante recomendaciones de manejo e información relevante para la generación de conocimiento, con miras a estandarizar procesos de propagación y formalización de la producción, de acuerdo con lo establecido por el ICA. La experiencia y los resultados de los proyectos forestales desarrollados con apoyo de la Red de Innovación de Cultivos Permanentes y el Departamento de Semillas de AGROSAVIA en el Centro de Investigación El Mira, en Tumaco, constituyen la base de este documento en el que los autores sugieren adoptar una estrategia de manejo en vivero teniendo en cuenta conceptos agroecológicos de las especies provenientes de bosques. La aplicación de este manual entre la comunidad técnica fomentará la generación y el rescate de conocimiento de diversas especies provenientes de los bosques del Pacífico, lo que permitirá impulsar el uso sostenible de los recursos del bosque y, en últimas, activará la bioeconomía de la región para el beneficio de las comunidades y sus territorios.

30 AÑOS
AGROSAVIA
Corporación colombiana de investigación agropecuaria