



AGROSAVIA
EDITORIAL

Colección Prácticas Agropecuarias

ESPECIES ARBÓREAS CON POTENCIAL DE USO FORESTAL Y AGROFORESTAL EN TOLIMA, CESAR Y META

Jhon Jairo Zuluaga Peláez
Milton Rivera Rojas
Albert Julesmar Gutiérrez Vanegas
Diana Catalina Cervera Bonilla
Jaime Andrés Arias Rojas
Jessica Moreno Barragán
Natalia Flórez Tuta



ESPECIES ARBÓREAS CON POTENCIAL DE USO FORESTAL Y AGROFORESTAL EN TOLIMA, CESAR Y META

Jhon Jairo Zuluaga Peláez
Milton Rivera Rojas
Albert Julesmar Gutiérrez Vanegas
Diana Catalina Cervera Bonilla
Jaime Andrés Arias Rojas
Jessica Moreno Barragán
Natalia Flórez Tuta

Colección Prácticas Agropecuarias

Especies arbóreas con potencial de uso forestal y agroforestal en Tolima, Cesar y Meta. / Jhon Jairo Zuluaga Peláez [y otros seis] - Mosquera, (Colombia): AGROSAVIA, 2024.

92 páginas (Colección Prácticas Agropecuarias)

Incluye referencias bibliográficas, ilustraciones y gráficos.

ISBN: 978-958-740-743-3

ISBN e-Book: 978-958-740-744-0

1. Agroforestería 2. Crecimiento forestal 3. Árbol forestal 4. Biomasa 5. Organismo nativo 6. Tolima (Colombia)

7. Cesar (Colombia) 8. Meta (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 Nataima, Kilómetro 9 vía Espinal, Ibagué-Tolima. Código postal 733520.

Centro de Investigación Motilonia, Kilómetro 5 vía Becerril, Agustín Codazzi, Cesar. Código postal 202050, Colombia.

Centro de Investigación La Libertad, Kilómetro 17, vía Puerto López, Meta. Código postal 502007, Colombia.

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

Esta publicación forma parte de los resultados del proyecto “Evaluación de especies arbustivas y arbóreas para uso múltiple en diferentes agroecosistemas de Colombia”, enmarcado dentro del macroproyecto “Estrategias de planificación y manejo forestal en Colombia”, desarrollado por la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).

Colección: Prácticas Agropecuarias

Tipología: Cartilla

Fecha de recepción: 21 de septiembre de 2023

Fecha de evaluación: 22 de noviembre de 2023

Fecha de aceptación: 15 de abril de 2024

Primera edición: 280 ejemplares

Impreso en Bogotá, Colombia, agosto de 2024

Autores

Jhon Jairo Zuluaga Peláez

Milton Rivera Rojas

Albert Julesmar Gutiérrez Vanegas

Diana Catalina Cervera Bonilla

Jaime Andrés Arias Rojas

Jessica Moreno Barragán

Natalia Flórez Tuta

Preparación editorial

Editorial AGROSAVIA

editorial@agrosavia.co

Líder editorial: Astrid Verónica Bermúdez Díaz

Edición: Verónica Barreto Riveros

Adecuación pedagógica: Andrea Montoya Carvajal

Corrección de estilo: Sebastián Montero Vallejo

Diseño: Mónica Cabiativa Daza

Diagramación: Jaime Wilches Cañón

Impresión: DGP Editores

Fotos de portada: Diana Catalina Cervera y Milton Rivera Rojas

Citación sugerida: Zuluaga-Peláez, J. J., Rivera-Rojas, M. Gutiérrez-Vanegas, A. J., Cervera-Bonilla, D. C. Arias-Rojas, J. A., Moreno-Barragán, J., & Flórez-Tuta, N. (2024). *Especies arbóreas con potencial de uso forestal y agroforestal en Tolima, Cesar y Meta*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). <https://doi.org/10.21930/agrosavia.nbook.7407440>

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

Línea de atención al cliente: 018000121515

atencionalcliente@agrosavia.co

www.agrosavia.co



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



Los autores	5
Agradecimientos	6
Introducción	9
Glosario	11

Capítulo I

Metodologías para evaluar algunas variables forestales	12
Evaluación del crecimiento de un árbol	13
Medición de la altura de los árboles	14
Generación de modelos alométricos para predecir el crecimiento en altura en especies forestales	18
Biomasa y longitud de raíces finas	19
Evaluación de la sombra de la copa	21
Determinación de la biomasa aérea y captura de carbono	23
Determinación de la interceptación del agua lluvia	25

Capítulo II

Descripción de las especies forestales nativas estudiadas	28
Iguá (<i>Albizia guachapele</i> [Kunth] Dugand)	30
Caracolí (<i>Anacardium excelsum</i> [Botero ex Kunth] Skeels)	36

Roble, ocobo, flor morado (<i>Tabebuia rosea</i> [Bertol.] Bertero ex A.DC.)	40
Camajón (<i>Sterculia apetala</i> [Jacq.] H.Karst.)	46
Guayacán (<i>Bulnesia arborea</i> [Jacq.] Engl.)	51
Carreto (<i>Aspidosperma polyneuron</i> Müll.Arg.)	56
Machaco (<i>Simarouba amara</i> Aubl.)	61
Cañafístola (<i>Cassia moschata</i> Kunth)	64
 Capítulo III	
Resultados para las especies evaluadas	66
Estudio del crecimiento de las especies	66
Modelos alométricos generados para las especies forestales nativas estudiadas	72
Biomasa y longitud de raíces finas	73
Sombra generada por la copa de las especies evaluadas	75
Biomasa aérea y captura de carbono en especies forestales nativas .	77
Interceptación del agua lluvia de algunas especies nativas	88
 Referencias	89



Los autores

Jhon Jairo Zuluaga Peláez

Investigador PhD Asociado
Centro de Investigación Nataima
jzuluaga@agrosavia.co

Milton Rivera Rojas

Investigador Máster
Centro de Investigación Motilonia
mrivera@agrosavia.co

Jaime Andrés Arias Rojas

Profesional de Apoyo a la Investigación
Centro de Investigación Motilonia
jarias@agrosavia.co

Albert Julesmar Gutiérrez Vanegas

Investigador Máster
Centro de Investigación La Libertad
agutierrez@agrosavia.co

Jessica Moreno Barragán

Profesional de Apoyo a la Investigación
Centro de Investigación La Libertad
jmorenob@agrosavia.co

Diana Catalina Cervera Bonilla

Profesional de Apoyo
Centro de Investigación Nataima
dcervera@agrosavia.co

Natalia Flórez Tuta

Investigadora Máster
Sede Central
nflorez@agrosavia.co



Los autores manifiestan su agradecimiento al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) por la financiación del proyecto “Evaluación de especies arbustivas y arbóreas para uso múltiple en diferentes agroecosistemas de Colombia”, enmarcado dentro del macroproyecto “Estrategias de planificación y manejo forestal en Colombia”, el cual ha permitido la participación de un equipo técnico de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), que unió esfuerzos para ejecutar la investigación forestal y obtener los resultados presentados en esta publicación de acceso abierto a los interesados en temas forestales.



Presentación

Durante décadas, **los procesos de reforestación en Colombia se han realizado principalmente utilizando especies exóticas o introducidas**, como acacia (*Acacia mangium* Willd.), eucalipto (*Eucalyptus* sp.), melina (*Gmelina arborea* Roxb.), pino (*Pinus* sp.) y teca (*Tectona grandis* L.f.). Con esto se busca potencializar el desarrollo forestal del país y usar estas especies tanto en plantaciones comerciales como en proyectos de recuperación de áreas degradadas. Aunque existen investigaciones acerca de algunas especies nativas, su representatividad en áreas plantadas en el país aún no es alta, a pesar de su importancia como recurso genético para Colombia.

La Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal (Conif) ha realizado investigaciones en temas de propagación, establecimiento y manejo de especies forestales nativas como cedro (*Cedrela odorata*), nogal cafetero (*Cordia alliodora*), flormorado (*Tabebuia rosea*), aliso (*Alnus acuminata*), abarco (*Cariniana pyriformis*), iguá (*Albizia guachapele*), cedro negro (*Juglans neotropica*) y caoba (*Swietenia macrophylla*). De esta manera, se ha abierto el camino del recurso genético para Colombia, dada la alta diversidad de especies nativas que podrían convertirse en alternativa socioeconómica para los productores y, además, contribuir a la adaptación y mitigación de la variabilidad y el cambio climático, así como a la recuperación del paisaje natural, la cultura y las tradiciones de los territorios.

Actualmente, hay mayor interés en usar otras especies para reforestación que incluyan especies nativas. Sin embargo, la información es limitada o no hay suficientes datos disponibles sobre el comportamiento silvicultural de las especies, su adaptación y su crecimiento en asocio con cultivos agrícolas bajo sistemas agroforestales y bajo sistemas silvopastoriles para promover así el desarrollo forestal en el país, lo que dificulta su implementación.

Investigadores forestales de AGROSAVIA se han dedicado en los últimos años a evaluar silviculturalmente y a caracterizar especies forestales nativas, distribuidas en colecciones forestales establecidas en 11 de sus centros de investigación. Allí se han realizado evaluaciones de variables dendrométricas, como el diámetro a la altura del pecho (D_{AP}) —medido a 1,30 m sobre el nivel del suelo—, altura total del árbol (H_T) y diámetro de copa (D_C). Estas han sido útiles, entre otras razones, en la generación de modelos alométricos para predecir el crecimiento en altura. Esta publicación incluye resultados obtenidos en los centros de investigación Nataima (departamento del Tolima), Motilonia (departamento del Cesar) y La Libertad (departamento del Meta).

Actualmente, la demanda de información sobre silvicultura de árboles nativos hace oportuna esta publicación, que presenta información de crecimiento; modelos alométricos para estimación de altura, biomasa y longitud de raíces finas; opacidad del dosel; interceptación del agua lluvia; biomasa aérea, y captura de carbono, para las especies forestales caracolí (*Anacardium excelsum*), iguá (*Albizia guachapele*), ocobo o roble (*Tabebuia rosea*), camajón (*Sterculia apetala*), guayacán (*Bulnesia arborea*), carrito (*Aspidosperma polyneuron*), machaco (*Simarouba amara*) y cañafístola (*Cassia moschata*). **La información contenida en la presente cartilla está dirigida a productores, técnicos y profesionales del sector, así como a académicos y demás interesados en temas forestales.**

Jhon Jairo Zuluaga Peláez
Ingeniero forestal PhD
Líder del proyecto



En Colombia se ha intensificado considerablemente el interés por conservar los bosques (principalmente en lo relacionado con la diversidad biológica) y por establecer plantaciones con especies forestales nativas que puedan desempeñar un papel importante en la legalidad forestal, en la **recuperación de la diversidad florística de los ecosistemas tropicales degradados y su correspondiente estructura y riqueza, y en la mitigación de la variabilidad climática y el cambio climático**, que cada vez más evidencia sus efectos negativos en algunas regiones del país. Para minimizar esta problemática, diferentes sectores, entre estos el forestal, han abordado los temas relacionados con la restauración ecológica y la conservación de bosques.

En 2017 se expidió la Política Nacional de Cambio Climático (PNCC) por parte del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), que establece como objetivo general “incorporar la gestión del cambio climático en las decisiones públicas y privadas para avanzar en una senda de desarrollo resiliente al clima y baja en carbono, que reduzca los riesgos del cambio climático y permita aprovechar las oportunidades que este genera” (MADS, 2017).

Los efectos negativos a nivel ambiental, económico, institucional y social relacionados con el aprovechamiento y el comercio ilícitos de los productos forestales, especialmente la madera, los productos forestales no maderables (PFNM) y la guadua requieren especial atención. Así, es necesario **articular acciones para hacerle frente a la ilegalidad forestal y para minimizar la presión sobre los bosques naturales, al reforestar con especies nativas e introducidas**, y adelantar procesos de investigación que permitan conocer mejor el potencial de estas especies.

Con respecto a la guadua, en el Acuerdo de Competitividad de la Cadena de la Guadua/Bambú y su agroindustria (2020-2030), el MADR (Resolución 000009 de 2021) afirma que no existe un estudio que indique cifras del sector. Sin embargo, allí se considera que el Valle del Cauca y el Eje Cafetero son las regiones con mayor aprovechamiento de esta especie. Por esta razón, el Gobierno, mediante la Ley 2206 del 22 de mayo de 2022, incentiva el uso productivo de la guadua y el bambú, así como su sostenibilidad ambiental en el territorio nacional.

Igualmente, de acuerdo con la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA), el país cuenta con un área apta para reforestación comercial superior a 24,8 millones de hectáreas (ha), de las cuales el 29,3 % (7.258.442 ha) presenta aptitud alta; el 25,0 % (6.217.697 ha), aptitud media, y el 45,7 % (11.329.715 ha), aptitud baja (UPRA, 2014). Esto indica que **Colombia tiene un alto potencial para desarrollar programas de reforestación comercial, y para conservar y proteger áreas estratégicas.**

Este documento tiene como objetivo brindar al lector información sobre los resultados de las investigaciones realizadas por AGROSAVIA en los centros de investigación Nataima, Motilonia y La Libertad. Dichos resultados se expresan en la caracterización de ocho especies forestales nativas, en modelos alométricos para la predicción del crecimiento en altura, y en la determinación de biomasa aérea, raíces finas, sombra de la copa, interceptación de agua lluvia y captura de carbono, para las especies caracolí (*Anacardium excelsum*), iguá (*Albizia guachapele*), ocobo o roble (*Tabebuia rosea*), camajón (*Sterculia apetala*), guayacán (*Bulnesia arborea*), carreto (*Aspidosperma polyneuron*), machaco (*Simarouba amara*) y cañafístola (*Cassia moschata*).

Glosario

Durante el recorrido de esta cartilla se abordarán estos conceptos clave. Consúltelos cuando lo requiera, para apropiarlos.

Biomasa de raíces

Cantidad de materia seca de raíz en una determinada área o profundidad de muestreo, que se estima mediante el peso seco con el uso de balanzas de precisión y se expresa en gramos.

Biomasa aérea

Se refiere a la cantidad de masa de material vegetal vivo arriba del suelo y se expresa en toneladas por hectárea.

Captura de carbono

Proceso en que los árboles almacenan dióxido de carbono (CO_2) a través de la fotosíntesis y que les permite capturar este compuesto presente en la atmósfera durante todo su crecimiento.

Índice de área foliar

Es el área foliar por unidad de área de superficie de suelo. Se trata de una cantidad adimensional que caracteriza la copa de las plantas (área de las hojas de un cultivo), expresada en metros cuadrados (m^2) y el área del suelo sobre el cual se encuentra establecido el cultivo, también expresada en m^2 .

Interceptación del agua lluvia

Volumen de agua (expresado en milímetros [mm] o litros por unidad de superficie) atrapado por los árboles en sus hojas, ramas y tallos.

Longitud de raíces

Medida que denota el largo de una raíz en una determinada área o profundidad de muestreo, expresada en centímetros (cm) o metros (m).

Modelo alométrico

Ecuaciones que permiten estimar una variable midiendo otra variable de fácil cuantificación.

Opacidad del dosel

Sombra proyectada por la copa de los árboles. Cada copa puede tener su propio grado de opacidad. En términos generales, es el porcentaje de la superficie total del suelo o de un cultivo cubierta por la proyección vertical de las copas de los árboles.

Capítulo I

Metodologías para evaluar algunas variables forestales

Para implementar la metodología en diferentes regiones, se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos:

Para la selección de las especies:

- La importancia económica, social y medioambiental en cada región.
- Las necesidades tecnológicas para su producción.
- El potencial de utilización y aceptación por parte de los productores rurales.
- El potencial de uso en sistemas forestales, agroforestales y silvopastoriles.
- La posibilidad de la erosión genética de sus poblaciones naturales por amenaza de extensión.

Para la priorización, se aplicó a cada uno de los criterios antes mencionados una puntuación, así: 1: prioridad baja; 2: prioridad media, y 3: prioridad alta. Entre 2013 y 2014 se establecieron colecciones forestales de trabajo (arboretum) en diferentes centros de investigación de agrosavia.

Evaluación del crecimiento de un árbol

Para realizar las mediciones en altura de un árbol, es importante conocer los siguientes aspectos (figura 1):

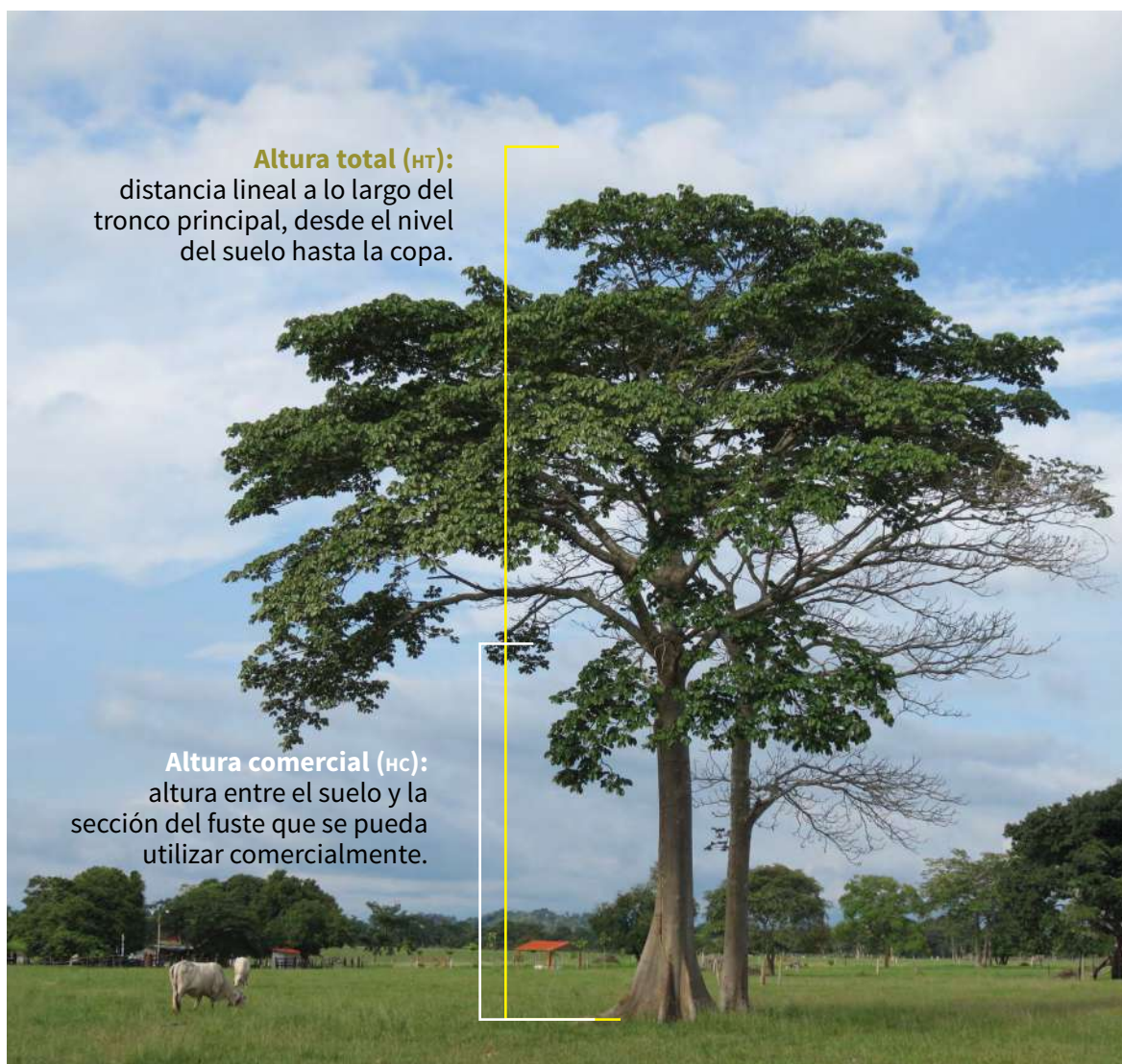


Figura 1. Altura total (H_T) y comercial (H_C) de un árbol.
Fuente: Elaboración propia

Medición de la altura de los árboles

Se lleva a cabo en árboles en pie, por medio de equipos como **clinómetros o hipsómetros**, en árboles que superen los 3 m de altura (figura 2) (Prodan et al., 1997).

Equipos usados para determinar el ángulo de árboles, edificios, postes, entre otros, con respecto a su vertical.



Hipsómetro



Clinómetro



Foto: Albert Julesmar Gutiérrez

Figura 2. Medición de altura de árboles con clinómetro o hipsómetro.
Fuente: Elaboración propia

Otra opción para medir la altura del árbol es la pértiga graduada (vara recta con regleta métrica), la cual se ubica desde el suelo hasta la yema terminal en cada árbol plantado (figura 3).



Figura 3. Medición de altura con pértiga graduada.

Fotos: Albert Julesmar Gutiérrez

En caso de no contar con estos instrumentos para medir la altura de los árboles, se pueden utilizar las ecuaciones alométricas reportadas en la literatura para la especie requerida o de su interés. Tal es el caso de algunas medidas obtenidas a partir de investigaciones realizadas por AGROSAVIA (2024) y que se presentan en una sección posterior de esta cartilla.

Diámetro: es una medida tomada a la altura del pecho (DAP) del árbol, es decir que la medida se realiza a 1,30 m sobre el nivel del suelo, usando para esto la cinta diamétrica o la forcípula (figura 4). Si no se cuenta con ellas, se puede utilizar la cinta métrica. En este caso, el registro será de la circunferencia a la altura de pecho (CAP), cifra que será dividida por π (3,1416) para obtener el diámetro.



A partir de las mediciones en campo se generan y analizan las bases de datos. Así, con el fin de generar modelos alométricos para predecir el crecimiento en altura, se prueban diferentes modelos matemáticos de tipo lineal y no lineal.

Figura 4. Medición del DAP. a. Medición con cinta diamétrica; b. Medición con forcípula.
Fotos: Diana Catalina Cervera

Diámetro de copa (dc): corresponde a la **medida de la extensión de la copa del árbol** y se expresa en metros. Se recomienda tomar dos medidas de diámetros, una en sentido norte-sur y la otra en sentido oriente-occidente, las cuales se denominan D1 y D2 (figura 5). Estas mediciones se promedian para estimar la cobertura de copa de cada individuo.

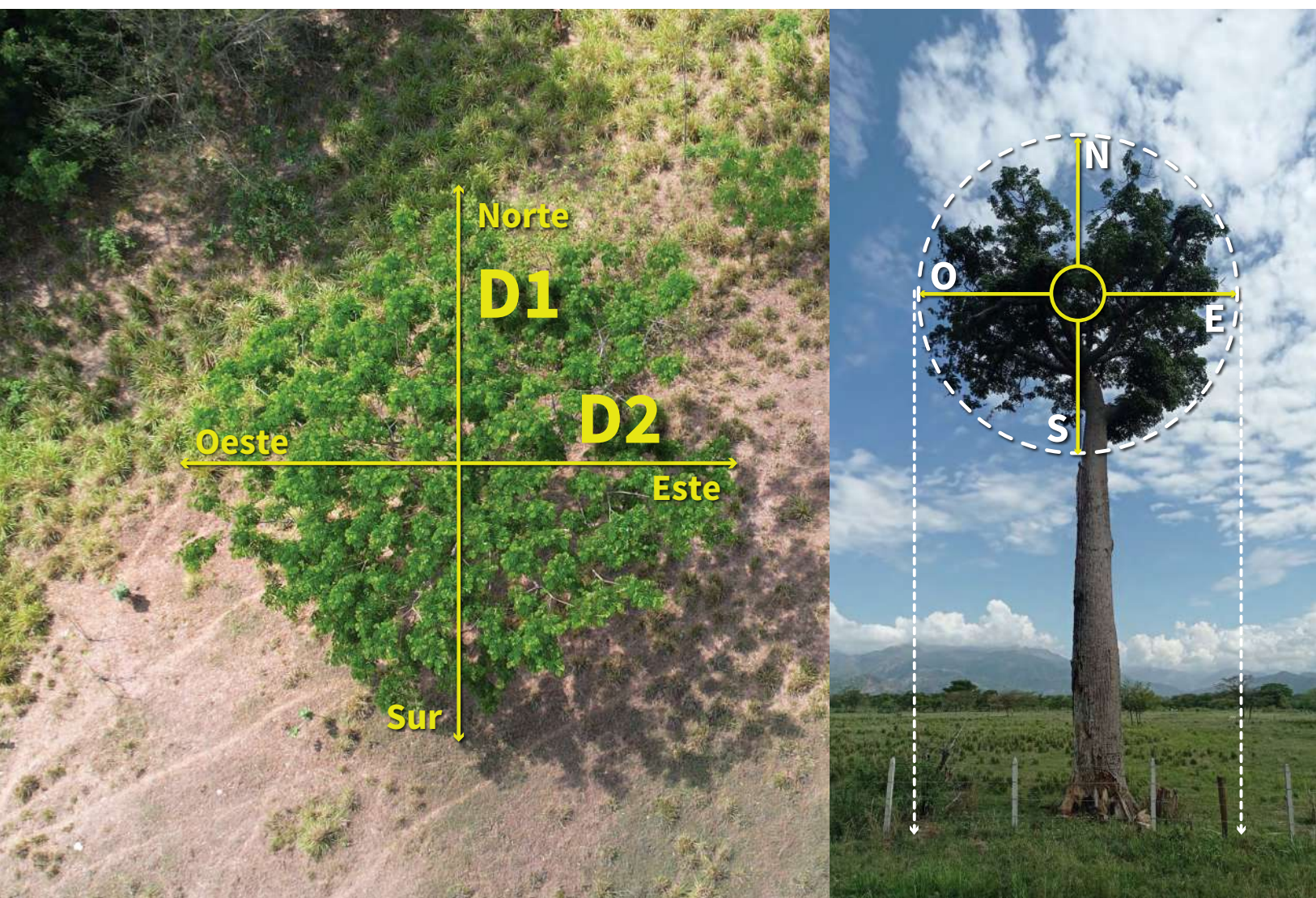


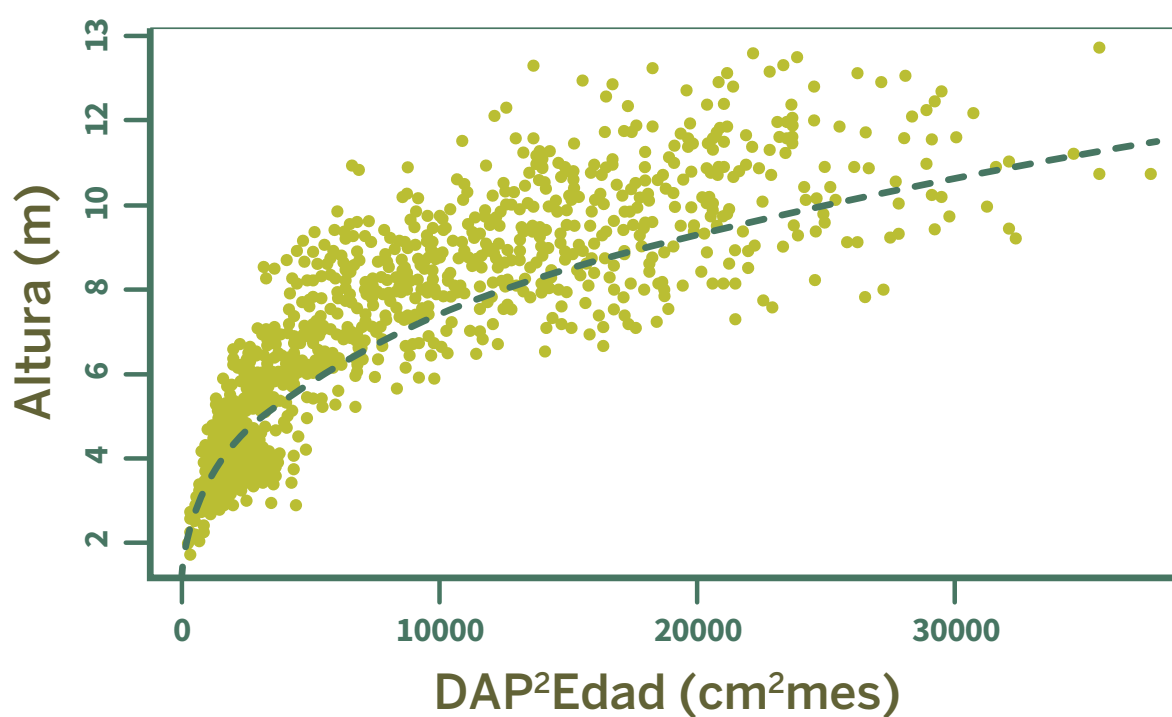
Figura 5. Diámetros de la copa de los árboles.

Fuente: Elaboración propia

Fotos: Jaime Arias

Generación de modelos alométricos para predecir el crecimiento en altura en especies forestales

Schmidt et al. (2009) indican que las ecuaciones alométricas (figura 6) describen una línea curva que simboliza la relación entre variables como biomasa, diámetro o altura de una planta. Para generar dichas ecuaciones, se realizan **mediciones repetidas** de diámetros y alturas a través del tiempo, en parcelas permanentes de crecimiento establecidas en la plantación.



$$\text{Altura total} = 0,3303178 (\text{DAP}^2 \cdot \text{Edad})^{0,3365}$$

Figura 6. Ejemplo de modelo alométrico para predecir altura (H) a partir del DAP y de la edad (E) para *Simaruba amara* en el C. I. La Libertad (Villavicencio, Meta).
Fuente: Elaboración propia

Para seleccionar los mejores modelos alométricos, estos se comparan usando medidas de bondad de ajuste, como el **criterio de Akaike** (AIC) (Akaike, 1969) y el **bayesiano de Schwarz** (BIC) (Akaike, 1979), o las medidas de desempeño predictivo, como el **error medio absoluto** (MAE), la **raíz cuadrada del error cuadrático medio** (RCME) y la **eficiencia** (EF), definidas por Stauffer y Seaman (1990) y Pielke (2001).

Biomasa y longitud de raíces finas

Para estimar cuánta biomasa (**gramos de materia seca**) hay en la profundidad del muestreo, se utiliza la **biomasa radical**, que a su vez es un parámetro para **estimar la fijación de carbono en el ecosistema** (Morales, 1997; Arnáez & Moreira, 2006).

La longitud de la raíz (cm) varía mucho en las especies leñosas y está directamente relacionada con la productividad primaria, la acumulación de carbono en suelo, la fertilidad de este, entre otras variables (Herrera-Gorocica, 2014). **La longitud del sistema radical de la planta es de esencial importancia, dado que de esta depende la adquisición de agua y nutrientes.**

Muestreo radicular: a partir de las particularidades físicas del suelo, se caracteriza la distribución de la biomasa y la longitud de raíces finas, para lo cual, siguiendo la metodología propuesta por Arnáez y Moreira (2006), se seleccionan diferentes árboles de la especie forestal de interés (repeticiones), se demarca una línea desde el tronco del árbol hasta el perímetro de la copa, en cada transecto se muestrean diferentes puntos y, a su vez, en cada uno de estos se toman muestras a diferentes profundidades, según sea el interés del muestreo (figura 7).

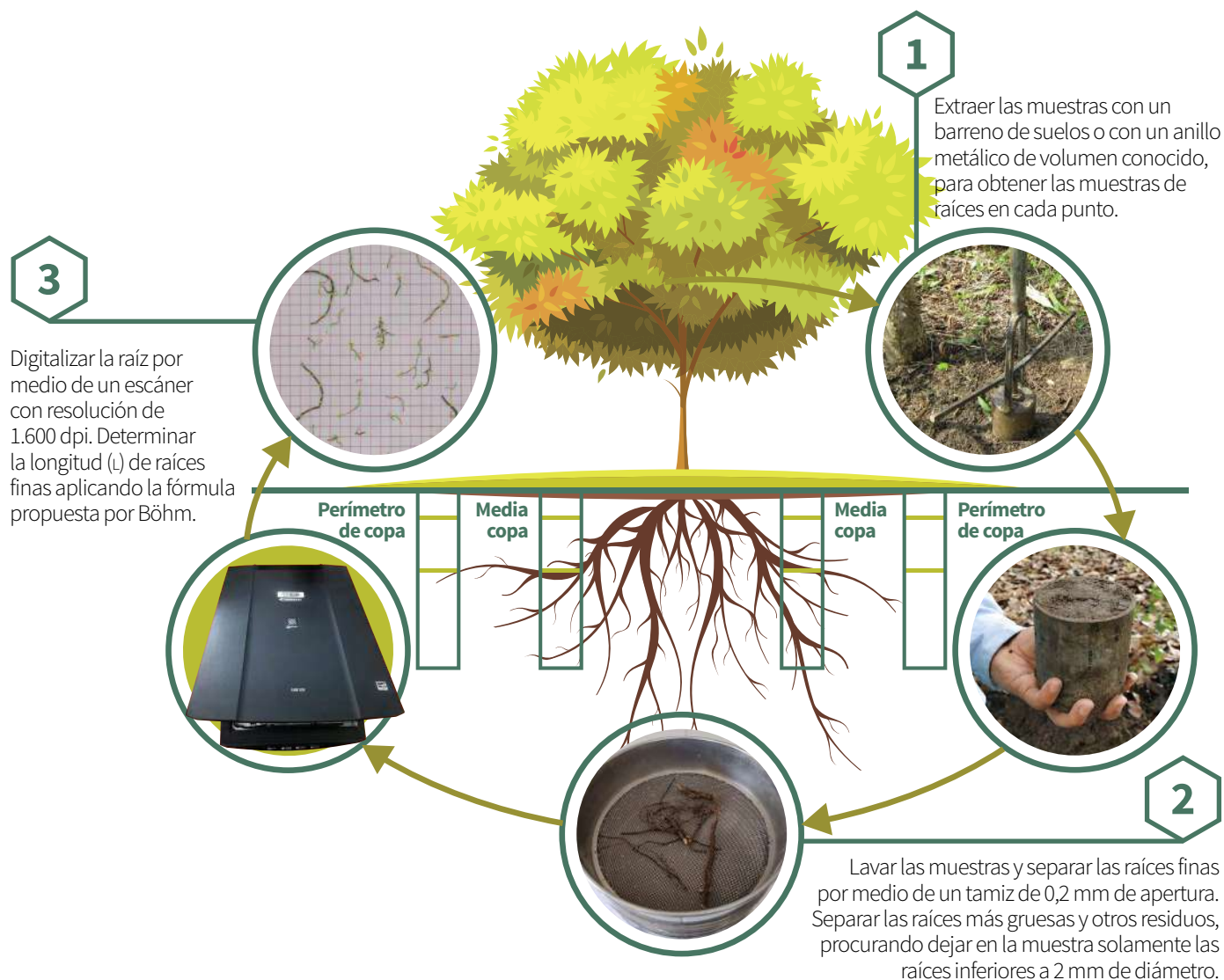


Figura 7. Muestreo radicular y procesamiento de raíces finas en una plantación forestal.

Fuente: Elaboración propia
Fotos: Jhon Jairo Zuluaga Peláez

La biomasa de raíces finas se estima mediante el peso seco, con el uso de balanzas de precisión. La longitud de raíces se calcula implementando la metodología propuesta por Böhm (1979), en la cual se disponen las raíces en una bandeja plana transparente con una cuadrícula de dimensiones conocidas trazada sobre un acetato. Posteriormente, se escanea para obtener una imagen y luego se relaciona el número de intersecciones de las raíces. Se crea así una imagen digital con las raíces y una plantilla de cuadrículas de 1 cm², para luego marcar los puntos de intersección entre las raíces y las líneas horizontales y verticales de la cuadrícula, y determinar la longitud de las raíces con la ecuación 1:

Ecuación 1

L = longitud de raíces (cm)

0,7857 = valor constante

$$L = 0,7857 \times 1 \times N$$

1 = 1 cm, tamaño de la cuadrícula

N = número de puntos de intercepción de raíces con las líneas de la cuadrícula

Evaluación de la sombra de la copa

Conocer **el grado de luz que atraviesa la copa de una especie forestal puede ser determinante y decisivo en la planificación forestal y agroforestal**. La elección del componente arbóreo para sombrío en sistemas agroforestales depende, en gran medida, del porcentaje de luz que pasa a través de su copa, bien sea para el asocio con una especie transitoria en sistemas agroforestales o bien para el aporte en el confort térmico de animales en sistemas silvopastoriles. En la figura 8 se presentan los pasos para determinar la cantidad de luz que pasa a través de la copa de los árboles.

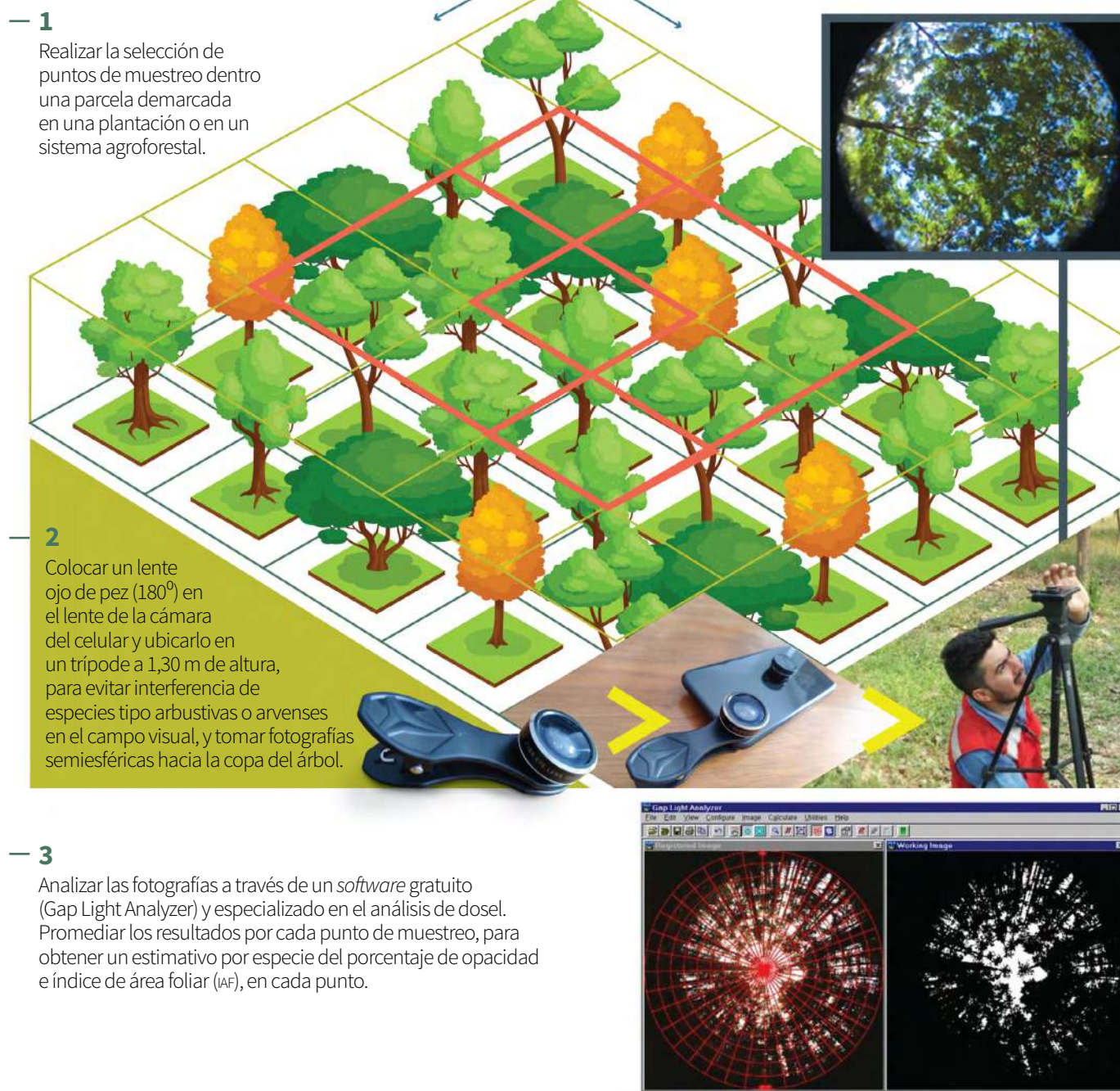


Figura 8. Toma de fotografías con lente semiesférico y procesamiento de las imágenes.

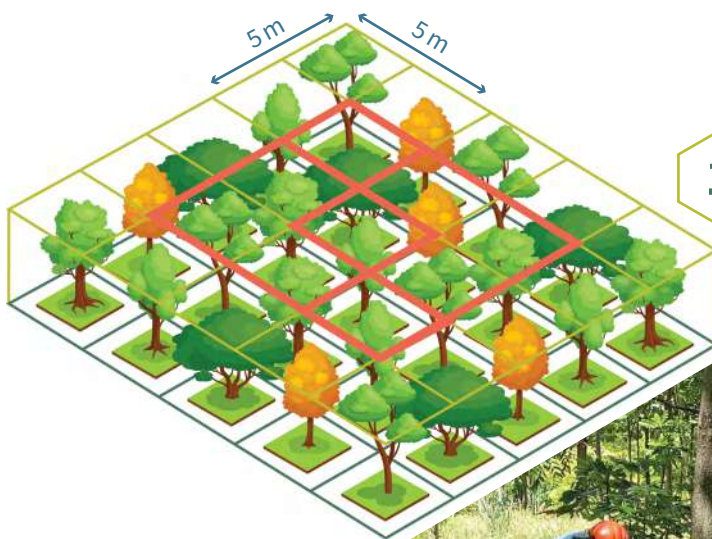
Fuente: Elaboración propia

Fotos: Jhon Jairo Zuluaga Peláez

Determinación de la biomasa aérea y captura de carbono

A partir de métodos indirectos y directos se puede estimar la biomasa aérea de los árboles (expresada en kg). En el **método indirecto se utilizan ecuaciones generadas para cada especie reportadas en la literatura**, y que se ajusten a las características ecológicas y biofísicas de la región. En caso de no existir estudios, se pueden generar modelos en los que se relacione la biomasa aérea con el DAP , la HT o la densidad de la madera de las especies (ρ) (Lombo et al., 2023).

Para determinar la biomasa por el **método directo, se derriban los árboles y se estima el peso húmedo en campo de cada una de sus partes** (tallo, hojas, ramas, corteza, raíz, flores y fruto), para luego tomar muestras de cada una y determinar su peso húmedo y seco (figura 9). Una vez secas las muestras, se envían al laboratorio para determinar el contenido de carbono en una forma más precisa o, si se quiere un valor estimado, se multiplica la biomasa seca por 0,5, valor propuesto por el Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2006).



1

Seleccionar puntos de muestreo en una plantación forestal.

2

Derribar el árbol seleccionado y realizar el proceso de corte del tronco.



3

Separar la biomasa por componentes (hojas, tronco, frutos, ramas).

4

Determinar el peso húmedo en campo y el peso seco de cada una de las muestras de las diferentes partes del árbol.



Figura 9. Muestreo de biomasa aérea y determinación del peso húmedo y seco de cada componente del árbol.

Fuente: Elaboración propia / Fotos: Jhon Jairo Zuluaga Peláez

Determinación de la interceptación del agua lluvia

Este tipo de estudios permite evaluar los principales aspectos hidrológicos de las especies forestales, como la precipitación abierta, interna y efectiva, la interceptación y el escurrimiento por el tronco, con el fin de **determinar la interceptación y la transferencia de agua al suelo** y su importancia en el manejo forestal, **para contribuir a la sostenibilidad hidrológica**. Para ello, se utilizan diferentes tipos de pluviómetros y recipientes colectores de agua (Rivera et al., 2023).

Los instrumentos más frecuentemente utilizados para medir la precipitación en una medición directa son los **pluviómetros y los pluviógrafos**, los cuales se usan en una zona limitada, cuyo tamaño depende de la extensión del periodo de acumulación, la homogeneidad fisiográfica de la región, la topografía local y los procesos que intervienen en la producción de la precipitación (Organización Meteorológica Mundial [OMM], 2008).

Para determinar la **precipitación en abierto** (P_A), se emplean generalmente tres pluviómetros (repeticiones) de aproximadamente 20 cm de diámetro (figura 10a), los cuales se instalan entre 50 y 100 m de distancia de la plantación forestal, de manera que no se presente interferencia por los árboles. Los pluviómetros deben estar nivelados y posicionados a 1,50 m del nivel del suelo (Zuluaga, 2014), acoplados individualmente a recipientes plásticos para almacenar hasta 5 L de agua. Para obtener la precipitación en abierto, se calcula la media aritmética de los valores del agua medida en los pluviómetros.

El agua que escurre por el tronco de los árboles, expresada como la variable E_{Tr} , es colectada por medio de pluviómetros corticales. Estos son confeccionados con mangueras plásticas de 1 pulgada (2,54 cm) y son fijados al tronco en forma de espiral, utilizando espuma de poliuretano y silicona (figura 10b). Generalmente, son instalados a 1,30 m del suelo, para lo cual se seleccionan tres árboles representativos de la especie (repeticiones), dentro de la parcela forestal. Los

pluviómetros corticales pueden elaborarse de acuerdo con la metodología propuesta por Zuluaga (2014).

La extremidad inferior de la manguera desemboca en una caneca plástica con suficiente capacidad para almacenar el agua lluvia. La cantidad de agua escurrida por el tronco se determina a partir del promedio del agua escurrida por el tronco de los tres árboles. Para la conversión de valores a mililitros, se utiliza el área de la copa del árbol, conforme a la ecuación 2:

Ecuación 2

ETr (mm) = escurrimiento por el tronco

ET (ml) = volumen total de agua de los colectores del

$$ETr = \left(\frac{ET/100}{A} \right)$$

A = área de la copa del árbol en m^2

Para el **estudio de la interceptación y de la distribución de la lluvia**, se establecen parcelas de monitoreo hidrológico en plantaciones forestales, con el fin de cuantificar la precipitación interna (P_i), es decir, la lluvia que cae al suelo. Esta se compone por la lluvia directa y por aquellas gotas de lluvia que no son interceptadas por la vegetación y que escurren por la cobertura del dosel. Para su medición se instalan, preferiblemente, pluviómetros lineales (figura 10c), elaborados de acuerdo con la metodología propuesta por Zuluaga (2014), colocados en dos posiciones: en la línea entre árboles y entre las líneas de los árboles.



Figura 10. Pluviómetros para cuantificar la precipitación en plantaciones forestales. a. Pluviómetro en abierto; b. Pluviómetro cortical; c. Pluviómetro lineal. Fotos: Jhon Jairo Zuluaga Peláez

La interceptación (I) es obtenida a partir de la diferencia entre la precipitación efectiva (precipitación interna + escurrimiento por el tronco) y la precipitación en abierto, mediante la ecuación 3:

Ecuación 3

I (mm) = interceptación

PA(mm) = precipitación en abierto

$$I = PA - (PI + ETr)$$

PI (mm) = precipitación interna

ETr (mm) = escurrimiento por el tronco

Capítulo II

Descripción de las especies forestales nativas estudiadas

En esta sección se presenta una descripción general de las especies caracolí (*Anacardium excelsum*), iguá (*Albizia guachapele*), ocobo o roble (*Tabebuia rosea*), camajón (*Sterculia apetala*), guayacán (*Bulnesia arborea*), carrito (*Aspidosperma polyneuron*), machaco (*Simarouba amara*) y cañafístola (*Cassia moschata*), evaluadas en las investigaciones realizadas por AGROSAVIA en los centros de investigación Nataima (Tolima), Motilonia (Cesar) y La Libertad (Meta). Así, parte de la información corresponde a las observaciones y experiencias con las especies, y se complementa con información secundaria.

Los nombres científicos reportados fueron revisados en la plataforma World Flora Online (<https://about.worldfloraonline.org/>), un servicio de información consolidada global sobre la flora del mundo, desarrollado en el marco del Convenio sobre la Diversidad Biológica de las Naciones Unidas. Por su parte, los nombres comunes hacen referencia a las denominaciones dadas en las regiones donde se encuentran estas especies.

Especies forestales nativas estudiadas

 Iguá (<i>Albizia guachapele</i> [Kunt] Dugand)	 Caracolí (<i>Anacardium excelsum</i> [Botoero ex Kunth] Skeels)	 Roble, Ocobo, flor morado (<i>Tabebuia rosea</i> [Bertol.] Bertero ex A.DC)	 Camajón (<i>Sterculia apetala</i> [Jacq.] H.Karst)
 Guayacán (<i>Bulnesia arborea</i> [Jacq.] Engl)	 Carreto (<i>Aspidosperma polyneuron</i> Müll.Arg)	 Machaco (<i>Simarouba amara</i> Aubl)	 Cañafístola (<i>Cassia Moschata</i> Kunth)

De cada especie podrá conocer la siguiente información



Sinónimo



Nombres comunes



Familia



Distribución



Zona de vida según Holdridge



Descripción botánica



Floración y fructificación



Semillas

Tecnología de semillas



Colecta



Tratamiento pregerminativo



Almacenamiento



Propagación



Productos y usos

Iguá

(*Albizia guachapele* [Kunth] Dugand)



Sinónimo:

Pseudosamanea guachapele (Kunth) Harms.



Nombres comunes: falso samán, genízaro, iguá, iguá amarillo, masaguaro, nauno, sanaguaro, tabaca y cedro amarillo.



Familia: Fabaceae.



Distribución: de forma natural, desde México hasta Ecuador y las islas del Caribe. Se adapta entre los 0 y 1.500 m s. n. m. Así, en Colombia se encuentra especialmente en el valle del río Magdalena, la región Caribe y el piedemonte del Orinoco. Según Cordero y Boshier (2003), esta especie es rústica (pionera), crece rápidamente y se halla de forma abundante en el bosque seco secundario.

Árbol de iguá (*A. guachapele*) en el C. I. Nataima.

Foto: Diana Catalina Cervera



Zona de vida según Holdridge: el iguá se puede encontrar en las zonas de vida del bosque seco tropical (bs-T), bosque húmedo tropical (bh-T), bosque húmedo premontano (bh-PM) y bosque muy húmedo premontano (bmh-PM) (Holdridge, 1967).



Descripción botánica: en cuanto a su altura, puede alcanzar los 25 m, con diámetros entre 50 cm y 1 m, en árboles adultos. Poseen buen porte, con copa amplia de forma aparasolada, con grandes ramas y follaje disperso. Según Gómez y Toro (2008), **el tronco de esta especie tiende a ser irregular**, su ramificación se da por lo general a baja altura y, dependiendo del ambiente en el que se desarrolle, presenta pequeñas raíces tabulares. **La corteza viva es de color amarillo cremoso**, mientras que la corteza externa es gris claro con grietas verticales que forman placas irregulares relativamente anchas. **La madera que se obtiene de esta especie es medianamente pesada** (peso específico 0,58 g/cm³), fácil de trabajar, se seca fácilmente al aire libre, presenta algunas grietas en los extremos y, recién cortada, presenta un color castaño anaranjado que, al secarse, se torna castaño amarillento, con un lustre dorado. No tiene olor o sabor particulares. **Se caracteriza por ser resistente al comején y a la pudrición por hongos.**



Floración y fructificación: La floración del iguá ocurre durante los meses secos del año. Las flores están dispuestas en racimos, es decir, en umbelas, en las que los péndulos florales tienen casi la misma longitud y nacen de un mismo punto del tallo, lo que da a la inflorescencia un aspecto de sombrilla de color crema. La fructificación se presenta desde enero a febrero y de agosto a septiembre. La formación y desarrollo de los frutos dura entre 3 y 4 meses, y alcanza frutos maduros de enero a marzo y de agosto a noviembre (Gómez & Toro, 2008; Gómez et al., 2013).



Semillas: en el iguá, **la producción de semillas es abundante**. Estas se dan dentro de una vaina (legumbre) alargada, la cual madura muy rápido, momento en que se abre y libera las semillas. Son ovadas, aplanadas y en cada vaina pueden encontrarse entre 8 y 15 de ellas en promedio. **Las semillas son ortodoxas**, es decir que **deben ser secadas hasta obtener un contenido de humedad bajo** y el almacenamiento debe hacerse a temperaturas muy bajas, sin afectar su viabilidad. Un kilogramo contiene entre 22.000 y 26.480 semillas (Gómez et al., 2013). Estas germinan entre los 3 y 8 días después de la siembra (DDS), y finalizan este estado a los 28 DDS (Trujillo, 2013).

Tecnología de semillas



Colecta: de acuerdo con la experiencia obtenida en los experimentos realizados por AGROSAVIA, **se recomienda recolectar los frutos del iguá directamente del árbol**, cuando hayan iniciado su proceso de secamiento, pero antes de su dehiscencia (abertura natural del pericarpio del fruto para dar salida a la semilla). Una vez colectados, y para facilitar la extracción de la semilla, cuando los frutos comiencen a abrirse, se colocan sobre mallas y se exponen al sol para completar la abertura y la liberación de las semillas.



Tratamiento pregerminativo: este tipo de procesos favorece la tasa de germinación de las semillas, al pasar de 20-35 % a 90-95 %. Uno de los métodos recomendados es **la escarificación manual**, que consiste en lijar un lado de las semillas hasta que pierdan su brillo natural y adquieran un aspecto poroso (Cordero & Boshier, 2003; Trujillo, 2013; Rincón et al., 2022). Otro método que favorece tasas de germinación de hasta un 80 % consiste en **sumergir durante 2 minutos las semillas en agua a 70 °C** y, posteriormente, dejarlas en agua fría por 24 horas (Rincón et al., 2022).



Productos y usos: el iguá es una especie usada como sombra en pasturas, para forraje de alta calidad en bovinos, como madera de aserrío, para vigas, horcones (como soporte de vigas), tablas, tablones, pisos y durmientes en construcción, así como en ebanistería. Igualmente, se usa como producto ornamental, elaboración de artesanías, hábitat de fauna silvestre, en procesos de restauración ecológica y en recuperación de suelos y áreas degradadas.



Foto: Diana Catalina Cervera

Esta especie es utilizada en procesos de restauración ecológica de los bosques secos tropicales. En el norte del Tolima se consolidó el convenio de cooperación n.º 21-21-0210-211CE entre la Corporación de Educación del Norte del Tolima y el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt (2021), para la siembra de 20.000 árboles en bosques secos del departamento. **En la zonificación de sitios de restauración se priorizaron las áreas afectadas por el incendio forestal del año 2019** y sitios de interés local, y se consolidaron acuerdos de siembra con 13 predios (12 de propiedad privada y 1 de propiedad pública), localizados en las veredas Caimital, El Tambor, El Triunfo, Guacimal, el kilómetro 42 del municipio de Honda y la vereda El Hato, del municipio de Armero-Guayabal.

Se seleccionaron 38 especies a partir de los siguientes criterios: 1) alianza con viveros locales y disponibilidad de material vegetal, 2) aspectos ecológicos y 3) aspectos sociales o de uso.



Foto: Diana Catalina Cervera

Los escenarios de restauración contemplaron pastizales y pastos arboreados afectados por el incendio de 2019 y también algunos no afectados; bosques simplificados y rastrojos (arbustales) afectados y no afectados, y bordes de quebrada y cuerpos de agua afectados y no afectados, que incluyeron 5 estrategias de restauración: nucleación, enriquecimiento bajo dosel y claros, siembra bajo nodrizas, ampliación de borde y ampliación de cercas vivas. **Se estableció un total de 20.012 plántulas, distribuidas en 38 especies pertenecientes a 18 familias.**

Las legumbres y las hojas del iguá son usadas como **alimento para los animales**, lo que convierte a este árbol, durante los meses de escasez de alimento, en un recurso forrajero complementario (Calle & Murgueito, 2020). Gracias a su **aporte nutricional al suelo por la caída de hojarasca**, es utilizado como sombra en sistemas agroforestales con café y cacao, y también ha sido incorporado en sistemas silvopastoriles como cercas vivas y como árboles asilados dentro de potreros (Farfán, 2016).

Caracolí

(*Anacardium excelsum* [Botoero ex Kunth] Skeels)



Nombres comunes: aspavé, caracolí blanco, caracolí amarillo, marañón de monte, merey, oreja de burro.



Familia: Anacardiaceae



Distribución: se extiende en forma natural desde Honduras hasta Ecuador y las Guayanas, y en plantaciones en Honduras, Panamá, México, Colombia, Ecuador y Venezuela (Cordero & Boshier, 2003). En Colombia se encuentra entre los 0 y 1.100 m s. n. m., en los departamentos de Antioquia, Atlántico, Bolívar, Boyacá, Caldas, Cesar, Chocó, Cundinamarca, La Guajira, Huila, Magdalena, Quindío, Santander, Tolima y Valle del Cauca (Bernal et al., 2017; Mitchell, 2023).

Árboles de caracolí (*A. excelsum*) en el C. I. Nataima.

Foto: Diana Catalina Cervera



Zona de vida según Holdridge: el caracolí se puede encontrar en las zonas de vida del bosque seco tropical (bs-T) y del bosque húmedo tropical (bh-T).



Descripción botánica: se caracteriza por su **robustez**, pues alcanza hasta 40 m de altura y 3 m de diámetro. **Tiene una corteza externa de color grisáceo**, con fisuras longitudinales. Dentro de la corteza presenta un leve **exudado resinoso** que fluye lentamente. Las **hojas son grandes y coriáceas**, simples, alternas, de 5 a 12 cm de ancho y de 14 a 30 cm de largo, y están agrupadas al final de las ramas. Las **flores son pequeñas, de color amarillo claro** y van dispuestas en panículas terminales de 15 a 35 cm de largo, aproximadamente. La **madera del caracolí es blanda y liviana**, fácil de trabajar, de color marrón claro; sin embargo, no presenta un buen acabado. Además, es una madera susceptible a la pudrición y a los ataques de las termitas (Morales, 2020).



Floración y fructificación: el inicio de la floración se da en febrero y llega a su punto máximo en marzo. Por su parte, la fructificación inicia en marzo y su máxima producción de frutos se obtiene en mayo, con una pequeña cosecha en junio y agosto. Se destaca la sincronía entre individuos en fases fenológicas reproductivas (Berdugo & Rangel, 2015).



Semillas: el caracolí tiene semillas grandes, de 2,0 a 2,5 cm de largo y de 1,0 a 1,5 cm de ancho, las cuales tienden a ser tóxicas cuando están crudas (Cordero & Boshier, 2003). El número de semillas por kilogramo es de 250 a 370. El porcentaje de germinación es de 40-98 % cuando están frescas (Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga [CDMB], 1989). Según Trujillo (2013), **las semillas del caracolí no suelen almacenarse, porque pierden** rápidamente la viabilidad, aunque afirma que, si se almacenan en bolsas plásticas y se guardan en nevera, se pueden conservar a una temperatura menor de 6 °C hasta por 60 días.

Tecnología de semillas



Colecta: los frutos se colectan directamente del árbol cuando estos se encuentran maduros o cuando han caído al suelo, siendo necesario procesarlos rápidamente para que las semillas no pierdan viabilidad.



Tratamiento pregerminativo: no se requiere realizar tratamientos pregerminativos, sin embargo, para lograr una germinación uniforme, se recomienda sumergir la semilla en agua por 24 horas (Trujillo, 2013). También se recomienda sumergir las semillas durante 10 minutos en agua recién hervida, o por 12 horas en agua a temperatura ambiente (Cordero & Boshier, 2003).



Productos y usos: la madera **se usa en construcción**, para fabricar canoas, postes, pulpa, utensilios, muebles y cajas. Esta especie se encuentra comúnmente en **sistemas ganaderos, como cercas vivas**, y en cultivos, como sombrío. Es muy **usada como barrera rompevientos**, también para la recuperación de suelo o de áreas degradadas, y para uso ornamental. Además, su madera se utiliza **como alimento** para la avifauna y también en la producción de carbón vegetal y leña.

Roble, ocobo, flor morado

(*Tabebuia rosea* [Bertol.]
Bertero ex A.DC.)



Nombres comunes: roble, ocobo, flor morado, guayacán rosado.



Familia: Bignoniaceae.



Distribución: esta especie es nativa en México, América Central y el norte de Suramérica (Brasil, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela) (Cordero & Boshier, 2003; Varón & Morales, 2013). Esta especie se adapta a suelos calcáreos, arcillosos y cenagosos, de textura franca a franca arcillosa y con cualquier tipo de pH. Se desarrolla entre los 100 y los 1.700 m s. n. m., sin embargo, es posible encontrarla en altitudes mayores (Gómez & Toro, 2007). En relación con los factores climáticos, es exigente en luz desde temprana edad, se desarrolla adecuadamente en zonas con precipitación entre 1.100 y 3.000 mm/año, tiene un periodo seco marcado hasta de 3 meses y temperatura anual entre 20 y 27 °C; en su desarrollo no es tolerante a temperaturas inferiores a los 16 °C (Ospina et al., 2008).

Árbol de ocobo o roble (*T. rosea*) en el C. I. Motilonia.

Foto: Milton Rivera



Zona de vida según Holdridge: el roble se puede encontrar en las zonas de vida del bosque seco tropical (bs-T), bosque húmedo tropical (bh-T) y bosque muy húmedo tropical (bmh-T) (Cordero & Boshier, 2003; Gómez & Toro, 2007).



Descripción botánica: en ecosistemas naturales **puede superar los 35 m de altura y los 50 cm de diámetro**; en zonas urbanas no excede los 18 m de altura. Tiene fuste recto, ligeramente acanalado y con aletones en la base, pobremente desarrollados o inexistentes. Su altura comercial disminuye considerando que comúnmente el tallo se ramifica o bifurca cerca de la base. La ramificación se concentra al final del fuste y no presenta dominancia apical definida. La corteza externa presenta color pardo-grisáceo a negruzco, es áspera, con grietas verticales y escasos poros (lenticelas). Su copa es bien desarrollada, con una amplitud de 12 a 15 m, densa, siendo más larga que ancha (forma oblonga), y se torna suboblonga en la adultez.



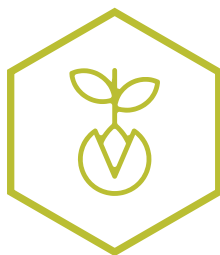
Foto: Jaime Arias

La ramificación de esta especie presenta bifurcación sucesiva del brote principal (simpódica), es estratificada e irregular, y se concentra al final del fuste. Las ramas son cilíndricas y ascendentes, relativamente delgadas y livianas, y presentan poda natural. Su sistema radicular es profundo. **En el inicio de la floración pierde totalmente su follaje** (Gómez & Toro, 2007; Ospina et al., 2008).

Las hojas son opuestas, con forma compuesta digitada, constan de cinco folíolos de diferentes tamaños, los cuales presentan forma obovada a lanceolada, un poco elípticos, con ápice de punta aguda (acuminado), base obtusa o sin punta, borde entero y laminar, sin pelos en la superficie (glabro). El color del haz es verde opaco, con el envés verde claro, nervaduras prominentes y cubierto por pequeñas escamas que se ubican al final de un largo peciolo acanalado. Las flores son hermafroditas, de tamaño grande, de color morado, lila claro o rosado y, en ocasiones, blancas, con forma de campana. El cáliz tiene dos o más lóbulos irregulares, corola tubular en forma de embudo, garganta blancuzca o amarilla, con cinco lóbulos llamativos de apariencia crespada, con cinco estambres, de los cuales uno es infértil y los otros cuatro se ubican en dos pares, y con flores que se reúnen en pequeñas panículas terminales, atractivas para las abejas. Los frutos son cápsulas cilíndrico-lineales, largas y angostas, de superficie áspera e inicialmente presentan coloración verde que, al madurar, se vuelve marrón o café. **Al finalizar el proceso de maduración, el fruto se abre a partir de dos suturas que presenta a los lados** (dehiscencia). Las semillas son blandas, comprimidas, en forma de disco y permeables; presentan coloración parda clara y su cobertura o testa es blanca, alada y membranosa; **tienen una vida útil corta**, considerando que el alto contenido de lípidos que presentan se deteriora rápidamente por oxidación, lo que afecta la semilla (Gómez & Toro, 2007; Ospina et al., 2008).



Floración y fructificación: al disminuir la precipitación, se favorece el inicio de la floración, con el desarrollo de botones florales, principalmente entre enero y marzo, con valores que van del 40 al 80 % de toda la copa. La polinización natural se da por medio de colibríes, abejas y otros insectos. Al finalizar la floración, se inicia la fructificación, que alcanza un volumen de frutos inferior al volumen de flores producido, considerando que muchas de las flores no alcanzan a ser polinizadas antes de caer del árbol. La formación de frutos se realiza de febrero a abril y de septiembre a noviembre, con máximos de producción en marzo y septiembre, respectivamente. Entre la formación de frutos y la madurez hasta la dehiscencia no transcurren más de tres meses. Hacia el final de noviembre y mayo se presenta la mayor caída de follaje, siendo esto variable de un año a otro, ya que este factor se asocia tanto con la época de floración como con la época de menor precipitación (Gómez, 2010; Cárdenas-Henao et al., 2015).



Semillas: dependiendo del contenido de humedad, el peso de 1.000 semillas de roble u ocobo (*T. rosea*) oscila entre 20 y 22 g. Entretanto, 1 kg contiene de 35.000 a 49.500 semillas (Cordero & Boshier, 2003; Gómez & Toro, 2007; Ospina et al., 2008).

Tecnología de semillas



Recolección: al llegar a la madurez, se pueden **cosechar los frutos directamente del árbol**, antes de la dehiscencia, **o se pueden recoger aquellos que están en el suelo**, teniendo la precaución de coleccionar solo aquellos que se encuentren en buen estado fitosanitario. Las vainas son llevadas a un lugar techado, con buena ventilación, para dejarlas secar a la sombra sobre lonas o periódico, por un tiempo aproximado de 3 días hasta que se abran, para extraer las semillas manualmente después de 2 o 3 días de la apertura del fruto. Una vez colectadas, las semillas se secan hasta que alcancen entre 7 y 10 % de humedad, momento en que están listas para ser sembradas o almacenadas, procurando hacerlo prontamente para evitar que pierdan su viabilidad. **Las semillas que caen al suelo deben ser descartadas, pues probablemente ya no son viables** (Cordero & Boshier, 2003; Gómez & Toro, 2007; Ospina et al., 2008).



Almacenamiento: en esta especie, las condiciones óptimas para el almacenamiento de las semillas se relacionan con un contenido de humedad entre 7 y 8 %, y temperatura entre 4 y 6 °C. Almacenar semillas en condiciones ambientales normales y con contenidos de humedad superiores al 10 % puede reducir su viabilidad hasta en un 85 % después de 8 días. Se recomienda **empacar las semillas en bolsas plásticas** calibre 3, las cuales se deben sellar herméticamente y guardar en recipientes de vidrio herméticos. Bajo estas condiciones, después de un año de almacenamiento, la semilla puede llegar a alcanzar porcentajes de germinación superiores al 50 % (Ospina et al., 2008).



Tratamiento pregerminativo: esta especie no requiere tratamiento pregerminativo, sin embargo, se puede realizar hidratación de las semillas por 12 o 24 horas (Cordero & Boshier, 2003; Gómez & Toro, 2007; Trujillo, 2013).



Propagación: la germinación es epigea (cuando los cotiledones de la semilla se quedan sobre el suelo), inicia al quinto día y termina alrededor de los 25 días, con porcentajes de 70 a 90 %, cuando la semilla posee buen vigor y viabilidad. **El trasplante se debe realizar cuando aparezcan las primeras hojas verdaderas y la plántula alcance una altura de 5 a 10 cm;** su tiempo en vivero oscila entre 3 y 4 meses (Gómez Restrepo & Toro Murillo, 2007; Ospina et al., 2008; Trujillo, 2013).



Productos y usos: la especie *T. rosea* es usada en **carpintería** fina, ebanistería, elaboración de pisos, construcción liviana y botes. También para la **elaboración de embalajes**, partes de vehículos, chapas decorativas, tableros contrachapados y de partículas, mangos de herramientas, y para estructuras y artesanías. En cuanto al uso en sistemas agroforestales, se emplea, entre otros, para el **sombrío en café y cacao, el mejoramiento del suelo y la recuperación de terrenos degradados**. Además, provee alimentación de abejas para producción melífera y es ornamental, por su llamativa floración (Trujillo, 2013).

Camajón

(*Sterculia apetala* [Jacq.] H.Karst.)



Nombres comunes: camajón, camajorú, camoruco, piñón.



Familia: Malvaceae.



Distribución: *S. apetala* se distribuye desde el sur de México, por América Central, hasta Brasil, Bolivia y Perú. Crece en bajas elevaciones, desde 0 a 800 m s. n. m., con un desarrollo óptimo en climas húmedos a secos con verano fuerte, precipitaciones anuales entre los 800 y 3.000 mm, y suelos profundos con diferentes tipos de textura (aunque se desarrolla bien en suelos superficiales) (Cordero & Boshier, 2003). Crece rápidamente, siendo capaz de establecerse en la sucesión primaria y secundaria de áreas en regeneración, o en claros naturales del bosque, por lo que se considera una especie de gran importancia en procesos de regeneración y restauración de ecosistemas (Fajardo, 2013).

Árbol de camajón (*S. apetala*) en el C. I. Motilonia.

Foto: Milton Rivera



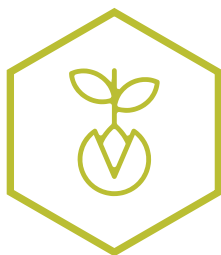
Zona de vida según Holdridge: el camajón se puede encontrar en las zonas de vida del bosque seco tropical (bs-T) (Cordero y Boshier, 2003; Fajardo, 2013).



Descripción botánica: esta especie **alcanza los 25 m de altura**, posee una copa frondosa, densa, amplia, globosa y con pocas ramas verticales. A la vista **es de color opaco y oscuro**, su corteza externa es de color castaño grisáceo y textura lisa. Sin embargo, al cortarse presenta coloración verde o crema, con textura fibrosa y exudado abundante de color ámbar transparente. **Cuando la corteza muere se desprende en escamas**. El tronco es cilíndrico y recto, con raíces de sostenimiento, también conocidas como tablares o bambas (Devia et al., 2014). Las hojas son simples y están ubicadas de manera alterna y subopuesta, y se agrupan al final de las ramas; están divididas por lóbulos, como una palma o mano (palmado-lobadas), con dos estípulas libres triangulares. **Las ramas jóvenes, por su parte, tienen pelos color castaño rojizo**. En la inflorescencia axilar se encuentran las flores organizadas en panículas: **no tienen** pétalos, solo sépalos color amarillo con puntos de color violeta en la parte interna y la externa está cubierta por pelos densamente agrupados. Los frutos están conformados por tres a cinco folículos más largos que anchos (oblongos), con pedúnculo que alcanza los 30 cm de longitud. Los folículos tienen entre 3 y 6 cm de longitud y de 6 a 12 cm de ancho, y su coloración es verde amarillento ocre, recubiertos por un sinnúmero de pelos ramificados que se astillan fácilmente al contacto con la piel. Generalmente, contienen un promedio de **5 semillas por fruto** —en algunos casos, entre 2 y 8 semillas— (Devia et al., 2014).



Floración y fructificación: esta especie tiene flores hermafroditas y flores únicamente masculinas al tiempo. Dependiendo del clima y el tipo de suelo en el que se desarrolle, **la fructificación se presenta cuando el árbol tiene entre 20 y 30 años** o entre 15 y 25 m de altura. En la mayor parte de América tropical, la producción de semillas es anual y en época seca (febrero a marzo) (Janzen, 1972; Dvorak, 1998). De acuerdo con Crawley (2000), la fructificación de *S. apetala* es alterna, con altas producciones intercaladas con la obtención de pocos frutos y semillas (Fajardo, 2013).



Semillas: su contenido de humedad inicial varía entre 16 y 19 % (Fajardo, 2013) y 1 kg oscila entre 400 y 900 semillas (Cordero & Boshier, 2003; Román et al., 2012; Devia et al., 2014; Fajardo, 2013).

Tecnología de semillas



Recolección: el momento óptimo para la cosecha de los frutos está dado por la dehiscencia o apertura del fruto, dentro del cual se encuentran las semillas. Se recomienda **recolectar los frutos directamente del árbol, pues los que caen al suelo son rápidamente afectados por insectos.** El uso de anteojos protectores, filtros respiratorios y guantes es necesario al momento de cosechar los frutos y semillas, y durante su secado y limpieza, con el fin de evitar heridas producidas por los abundantes pelos erectos y muy finos que tiene el fruto y que se clavan fácilmente en la piel (Cordero & Boshier, 2003).



Almacenamiento: las semillas pueden ser conservadas manteniendo su viabilidad hasta por dos años, lo que reduce su contenido de humedad al 6 u 8 %, almacenándolas en cámaras frías a 4 °C (ortodoxas); si se almacenan en condiciones ambientales, su viabilidad se mantiene por seis a ocho meses (Salazar, 2000).



Tratamiento pregerminativo: hidratación en agua durante 48 horas (Fajardo, 2013) o sin tratamiento (Román et al., 2012).



Propagación: con el tratamiento pregerminativo descrito, **la germinación se da sobre el suelo** (epigea), inicia entre 9 a 14 dds y finaliza de 15 a 18 días después. Utilizando como sustrato arena previamente desinfectada, se siembran las semillas en germinadores, colocándolas a una profundidad de 1 a 1,5 cm, y se cubren con una capa fina de tierra o arena. Dos a tres semanas después del inicio de la germinación, se realiza el primer **trasplante**, y **cuatro a cinco meses después de la siembra, o cuando las plántulas alcancen una altura de 25 a 35 cm**, se considera que están listas para sembrarse en el sitio definitivo (Salazar, 2000; Cordero & Boshier, 2003).



Productos y usos: es una planta melífera. **Sus hojas y corteza son usadas medicinalmente** para tratar la malaria, el reumatismo y prevenir la caída del cabello. Las flores, por su parte, son usadas para evitar el insomnio y mitigar algunos problemas respiratorios. **Las ramas jóvenes son usadas para construir cercas vivas**. Como su madera es liviana, es útil para construcciones ligeras en interiores y para la fabricación de canoas. Desafortunadamente, **hoy en día es una de las especies más taladas en los bosques amazónicos de várzea** (ecosistema forestal de la cuenca amazónica). Es una planta ornamental y es comúnmente plantada en parques y plazas (Salazar, 2000; Guerra, 2009; Da Silva et al., 2010).

Guayacán

(*Bulnesia arborea* [Jacq.] Engl.)



Nombres comunes: guayacán, guayacán de bola



Familia: Zygophyllaceae.



Distribución: especie originaria de Suramérica que se distribuye en el norte de Colombia y Venezuela. En Colombia se encuentra desde 0 a 600 m s. n. m., en los departamentos de Antioquia, Atlántico, Bolívar, Cesar, Córdoba, La Guajira, Magdalena y Sucre.

Árbol de guayacán (*B. arborea*) en el C. I. Motilonia.

Foto: Milton Rivera





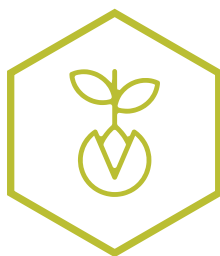
Zona de vida según Holdridge: el guayacán es una especie propia de la zona de vida del bosque seco tropical (bs-T).



Descripción botánica: alcanza hasta 25 m de altura y 40 a 50 cm de diámetro. No presenta fustes rectos y tiene copa amplia, frondosa y redondeada. La corteza es rugosa y fisurada. Es una especie altamente valorada por la dureza de su madera y la belleza del árbol al momento de florecer. Se encuentra reportada en estado de amenaza en el *Libro rojo de plantas de Colombia* (Cárdenas & Salinas, 2007). Las hojas son opuestas, compuestas y pinnadas, y su raquis termina en un foliolo (imparipinnadas). Los foliolos son alternos (10-16), asimétricos y redondeados en el ápice, con margen entero. Las flores son de color amarillo-anaranjado, agrupadas en racimos de 5 pétalos.



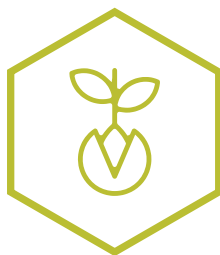
Fruto: en cápsulas, verdes, con 5 alas y 5 semillas por fruto.



Semillas: son pequeñas, de 1,4 x 1,1 cm, en forma de *u*, color café. Cada ala contiene una semilla.



Floración y fructificación: de acuerdo con lo expresado por el grupo técnico forestal del C. I. Motilonia de AGROSAVIA, la **floración** de *B. arborea* para la zona del valle del río Cesar **aparece con la disminución de la precipitación y la llegada de las épocas secas** (entre enero y marzo), y alcanza valores del 70 al 90 % de toda la copa. Entre los meses de junio a agosto, cuando la lluvia disminuye, algunos individuos logran florecer y fructificar. La mayor parte de los frutos se obtienen entre febrero y abril, y en menor proporción entre julio y agosto. **La maduración de los frutos es acelerada:** entre su formación y dehiscencia no transcurren más de dos meses.



Semillas: no se cuenta con reportes del número de semillas por kilogramo de guayacán. Sin embargo, estudios observacionales realizados por técnicos y profesionales de AGROSAVIA, en el C. I. Motilonia, reportan hasta 11.000 semillas/kg.

Tecnología de semillas



Recolección: cuando los frutos alcanzan el estado de maduración, y antes de su desprendimiento, **se cosechan directamente** desde el árbol. Los frutos que han caído al suelo se pueden cosechar, teniendo precaución de que su estado fitosanitario sea bueno. Posteriormente, **se transportan en sacos o bolsas a un lugar aireado**, donde se disponen sobre lonas o periódicos para que se sequen y sea posible extraer las semillas manualmente. Para evitar la pérdida de viabilidad de las semillas, **se recomienda sembrarlas o almacenarlas** rápidamente.



Almacenamiento: con el fin de garantizar que el porcentaje de germinación, después de un año de almacenamiento, sea del 50 %, se recomienda almacenar las semillas con un contenido de humedad entre el 7 y 8 % y una temperatura que oscile entre 4 y 6 °C. Las semillas se empaquetan en bolsas plásticas calibre 3, selladas herméticamente, que a su vez se guardan en recipientes herméticos de vidrio.



Tratamiento pregerminativo: no requiere tratamiento pregerminativo, sin embargo, se puede realizar hidratación de las semillas por 12 o 24 h.

Figura 11. Germinación del guayacán (*B. arborea*).

Foto: Milton Rivera



Propagación: la germinación (figura 11) es epigea, inicia alrededor de los 5 días y termina alrededor de los 25 días, con porcentajes de 80 a 90 % cuando posee buen vigor y viabilidad. El trasplante se debe realizar cuando aparezcan las primeras hojas verdaderas y la plántula alcance una altura de 5 a 10 cm. Su tiempo en vivero oscila entre 3 y 4 meses.



Productos y usos: es una especie muy **usada en construcciones**. La madera se trabaja recién cortada, pues cuando se seca adquiere gran dureza y ya no es aprovechable. También se utiliza **para postes** y trabajos de ebanistería, así como para leña y carbón, y es reconocida como símbolo cultural-religioso. La madera de *B. arborea* es muy resistente y una de las más finas del mundo; **se usa como elemento ornamental en calles, parques y avenidas**.

Desde el año 2007, esta especie fue incluida en el *Libro rojo de plantas de Colombia* (Cárdenas & Salinas, 2007), dentro de la categoría “en peligro”. Actualmente, ha sido confirmada en esta condición según la Resolución 0126 del 6 de febrero de 2024 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS).

No se reportan plantaciones de esta especie en el país, sin embargo, suelen encontrarse árboles de guayacán al borde de las carreteras, caminos y ríos, o en ecosistemas áridos, poco diversos (subxerofíticos) y espinosos.

Carreto

(*Aspidosperma polyneuron* Müll.Arg.)



Nombres comunes: carrito, cumulá, quimulá.



Familia: Apocynaceae.



Distribución: se da en el noroccidente de Suramérica (Colombia, Venezuela y Perú) y en el suroriente del continente (Argentina, sur de Brasil y Paraguay). En Colombia se encuentra en la Costa Atlántica, en el valle del río Magdalena y en el piedemonte magdalenense de las cordilleras Oriental y Central, en los departamentos de Bolívar, Boyacá, Cesar, Córdoba, Cundinamarca, La Guajira, Magdalena, Santander, Sucre y Tolima.

Árbol de carrito (*A. polyneuron*) en el C. I. Motilonia.
Foto: Milton Rivera



Foto: Milton Rivera Rojas



Zona de vida según Holdridge: el carrito es una especie típica de la zona de vida del bosque seco tropical (bs-T) (Cordero & Boshier, 2003; Fajardo, 2013).



Descripción botánica: en su madurez, los árboles alcanzan hasta 40 m de altura y 90 cm de diámetro. Su corteza es rugosa con fisuras, de color gris y segrega un látex acuoso y escaso. Las hojas son simples y, por su posición, alternas, y de color verde brillante y borde entero. La copa es ovalada simple. Las flores son pequeñas, de color amarillento, en panículas terminales o axilares. El fruto consiste en un par de folículos de color verde, que luego se torna de color marrón, antes de liberar las semillas, que son pequeñas y aladas (Devia et al., 2014).



Floración y fructificación: presenta flores hermafroditas con simetría radial (actinomorfas), pequeñas, por lo general menores a 1 cm, de color blanco amarillento y con un aroma característico. El fruto se encuentra en una cápsula de uno o dos folículos de forma cilíndrica, color verde, los cuales se secan adheridos en pares opuestos. Las semillas son pequeñas, entre 3 cm de largo y 1 cm de ancho. A esta especie **se le ha encontrado con flores en febrero y noviembre, y con frutos en abril y agosto** (Cárdenas & Salinas, 2007).



Semillas: se recomienda que las semillas se **sequen al sol y luego sean puestas directamente en los germinadores**, aunque, si se prefiere, se pueden dejar en agua fría entre 8 y 24 horas. Las semillas son pequeñas, entre 3 cm de largo y 1 cm de ancho. En ensayos observacionales en el C. I. Motilonia, se han encontrado en promedio 9.000 semillas/kg.

Figura 12. Frutos de *A. polyneuron* en fase de secamiento.

Foto: Milton Rivera



Tecnología de semillas



Recolección: cuando los frutos se tornan de **color marrón es un buen momento para la recolección** (figura 12), ya que la semilla quedará desprendida, lo que favorece la cosecha. Se recomienda recolectar los frutos del árbol, ya que si caen al suelo muy seguramente las semillas ya se desprendieron y habrán sido arrastradas por el viento.



Almacenamiento: las semillas son ortodoxas. Experiencias en el C. I. Motilonia, donde se almacenaron en cámaras frías de 4 a 6 °C de temperatura, y registrando contenidos de humedad de alrededor del 10 %, señalan una alta viabilidad de las semillas hasta por dos años.



Tratamiento pregerminativo: las semillas pueden ser sembradas directamente en los germinadores o, si se prefiere, es posible aplicar un tratamiento de hidratación en agua entre 18 y 36 horas. Si las semillas tienen buena viabilidad, no se presentaría una gran diferencia entre aplicar o no un tratamiento pregerminativo.



Propagación: la germinación es epigea, se inicia alrededor de los 10 DDS y finaliza de 15 a 20 días después. La siembra se realiza en germinadores, utilizando como sustrato arena previamente desinfectada. Las semillas se colocan a una profundidad de 1 a 1,5 cm, cubiertas por una fina capa de arena. El trasplante se realiza 2 a 3 semanas después del inicio de la germinación, cuando los plantines tienen de 3 a 4 hojas verdaderas. Es una especie de lento crecimiento en la fase de vivero. **Las plantas pueden estar listas para ser llevadas al sitio definitivo entre los 5 y 6 meses posteriores al trasplante**, cuando alcanzan entre 25 y 35 cm de altura.



Productos y usos: es una especie que tiene gran importancia por la **calidad y la durabilidad de su madera**, usada principalmente para construcciones, postes muertos, trabajos de ebanistería, leña y carbón. Es la especie comercialmente más importante del género y los lugares donde se ha registrado han sido considerados como regiones de intensa explotación. Por esta razón, en el 2007 fue incluida en *El libro rojo de plantas de Colombia*, dentro la **categoría “en peligro”** (Cárdenas & Salinas, 2007), y ratificada recientemente en la misma condición según la Resolución 0126 del 6 de febrero de 2024 del MADS.

Machaco

(*S. amara* Aubl.)



Sinónimos:

Quassia simaruba L.f., *Simarouba amara* var. *opaca* Engl., *Simarouba amara* var. *typica* Cronquist, *Simarouba glauca* DC., *Simarouba opaca* (Engl.) Radlk. ex Engl., *Zwingera amara* (Aubl.) Willd.



Nombres comunes: machaco, cocornoco, marupa, tara (Amazonia colombiana); amargo, amaro, chiriguamo (Bolivia); capulli, cedro amargo, cuña (Ecuador); caixeta, marupa (Brasil); cedro blanco, simaruba (Venezuela).



Familia: Simaroubaceae.



Distribución: su distribución natural se da en Centroamérica, Bolivia, Brasil, Colombia, Perú, Surinam y Venezuela. En Colombia se adapta desde los 0 a los 500 m s. n. m., en clima cálido, especialmente en la Orinoquía colombiana.

Machaco (*S. amara*).

Foto: Albert Julesmar Gutiérrez



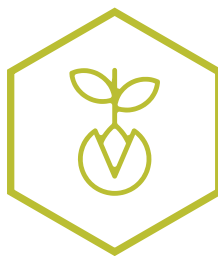
Descripción botánica: es una especie dioica, en la que hay individuos machos e individuos hembra. Alcanza hasta 30 m de altura y entre 40 y 50 cm de DAP (1,30 m desde el suelo). Posee un follaje verde oscuro, fuste recto y cilíndrico, y su corteza externa es agrietada (Camacho & Cárdenas, 2002; Acero, 2005; Carvajal et al., 2007). La madera de esta especie tiene un peso específico de 0,37 g/cm³, por lo que se considera una madera liviana de fácil manipulación. Recién cortada es de color castaño anaranjado y, cuando se seca (rápida y fácilmente al aire libre), torna a castaño amarillento con un lustre dorado. Se considera una especie **resistente al comején y a la pudrición por hongos**, sin embargo, presenta algunas rajaduras en los extremos cuando se seca.

Según un estudio realizado en una colección de trabajo en el Piedemonte llanero, *S. amara* presenta fuste cilíndrico, con rectitud variable. Su ramificación es predominantemente erecta y tiene lugar en el tercio inferior, sin presentar bifurcación. El tronco tiene coloración amarillo rojizo, con fructificación en toda la copa.

Los foliolos de esta especie son oblongos, con ápice obtuso, base atenuada y hojas de color verde-amarillo (Castañeda-Garzón et al., 2021). Las flores son amarillas con matices verdes o rojos, y se encuentran agrupadas en racimos terminales. Los frutos son drupas ovoides de aproximadamente 2 cm de largo y 1,5 cm de ancho, de color verde, que al madurar se tornan rojas amarillentas o anaranjadas (Carvajal et al., 2007; Acero, 2005)



Foto: Albert Julesmar Gutiérrez



Semillas: están contenidas en los frutos y tienen aproximadamente 1,5 cm de largo (Camacho & Cárdenas, 2002).



Productos y usos: se emplea en molduras y arreglos de interiores. En Costa Rica, esta especie es usada en la recuperación de suelos y en postes de cerca, así como para uso medicinal y ornamental.

Cañafístola

(*Cassia moschata* Kunth)



Sinónimos:

Cathartocarpus moschatus (Kunth) G. Don



Nombres comunes: cañafístula, cañofístula, cañofístol



Familia: Fabaceae.



Distribución: Se distribuye naturalmente en México, Panamá, Costa Rica, Belice, Guatemala, Colombia y Venezuela. En Colombia se adapta entre los 0 y 500 m s. n. m., en clima cálido, especialmente en la Orinoquía colombiana. Para descriptores cualitativos evaluados en una colección de *C. moschata* en la Orinoquía colombiana, las categorías predominantes, de acuerdo con Castañeda-Garzón et al. (2021), fueron las siguientes: forma del árbol extendida (90,4 %), hábito de crecimiento del árbol extendido (100 %), forma del fuste cónica (96,2 %), rectitud del fuste con algunas curvaturas en más de un plano (44,2 %), ramificación del árbol acodillada (98,1 %), altura de ramificación en el tercio medio (55,8 %), número de ramas principales (dos) (57,7 %), altura de bifurcación en el tercio inferior (63,5 %), dominancia en el eje principal parcial del eje inicial sobre las ramas laterales (100 %), forma de la copa irregular (perfil vertical, 84,6 %), forma de la copa (principalmente rebrotes) (perfil horizontal, 40,4 %), densidad de la copa alta (53,85 %), tipo de corteza surcada vertical (100 %) y forma de la hoja oblonga (92,7 %).

Árbol de la especie cañafístola (*C. moschata*).

Foto: Albert Julesmar Gutiérrez

T50 es el número de días transcurrido para llegar al **50 %** de la germinación total de las semillas obtenidas al final del ensayo de germinación.



Tratamiento pregerminativo: en un ensayo de germinación para la especie *C. moschata* se implementaron los siguientes tratamientos pregerminativos: 1) Sin tratamiento (T0); 2) Tratamiento mecánico, corte de semilla (T_M); 3) Remojo en agua 24 horas (R), y 4) Lijado (Li). A cada uno de los tratamientos pregerminativos se le evaluaron tres tipos de sustratos: 1) Arena (A) 100 %; 2) 50 % arena + 50 % tierra negra (AT), y 3) Tierra negra (T) 100 %. El tratamiento mecánico y la siembra en arena y tierra ($T_M^* AT$) obtuvieron un 90,5 % de germinación. El tiempo medio de germinación (T50) fue de 5 Dds. El porcentaje de germinación mayor al 90 % para la especie (*C. moschata*) fue alto comparado con semillas de especies forestales introducidas y mejoradas, cuyos porcentajes de germinación fueron: 80 % para acacia (*Acacia mangium*), 70 % para melina (*Gmelina arborea*), y 60 % para pino (*Pinus caribaea*) y teca (*Tectona grandis*) (Gutiérrez et al., 2020), respectivamente.



Productos y usos: esta especie posee propiedades aprovechadas en medicina tradicional; además, **aporta una importante cantidad de materia orgánica al suelo y tiene gran capacidad para fijar nitrógeno**. Es usada en la recuperación de suelos, para leña, en la fabricación de postes y con fines ornamentales en parques.

Capítulo III

Resultados para las especies evaluadas

Estudio del crecimiento de las especies



Estas dos especies nativas fueron evaluadas en el Centro de Investigación Nataima de AGROSAVIA, ubicado en el municipio de Espinal (Tolima), a 323 m s. n. m., con temperaturas que varían entre 23 y 40 °C y precipitación promedio (AP) de 1.467 mm/año. En la tabla 1 se muestra el desarrollo en diámetro a la altura del pecho (DAP) y la altura total (HT) de las dos especies a los 115 meses de evaluación.

Tabla 1. Crecimiento del iguá (*A. guachapele*) y del caracolí (*A. excelsum*) bajo las condiciones del C. I. Nataima

Nombre común	Nombre científico	DAP (cm)	HT (m)	IMA_DAP (cm/año)	IMA_HT (m/año)
Caracolí	<i>A. excelsum</i>	32,0	20,4	3,33	2,13
Iguá	<i>A. guachapele</i>	23,3	16,2	2,43	1,69

DAP: Diámetro a la altura de pecho; HT: Altura total; IMA_DAP: incremento medio anual del DAP; IMA_HT: incremento medio anual en HT.

Fuente: Elaboración propia

A la edad de 9,6 años, el iguá (*A. guachapele*) alcanzó una altura de 16,2 m y un DAP de 23,3 cm, en contraste con lo encontrado por Suatunce et al. (2009) en evaluaciones realizadas con esta especie bajo condiciones de bosque húmedo tropical (bh-T), altitud de 90 m s. n. m., precipitación de 2.178 mm/año, temperatura media diaria de 24,5 °C, en la localidad de Quevedo (Ecuador). A la edad de 11 años, el iguá obtuvo un DAP de 12,50 cm y una HT de 13,82 m. Lo anterior demuestra que el iguá se adapta a las condiciones climáticas del bosque seco tropical (bs-T), lo cual podría hacer de esta especie una **alternativa para ser incluida en sistemas agroforestales, silvopastoriles y programas de reforestación.**

Por su parte, el **caracolí (*Anacardium excelsum*)**, bajo las condiciones del Centro de Investigación Nataima, tuvo un desarrollo de DAP de 32,0 cm y una HT de 20,4 m, a los 9,6 años de evaluación. La especie presentó un incremento medio anual del DAP (IMA_DAP) de 3,3 cm/año y un incremento medio anual en altura (IMA_HT) de 2,13 m/año. En un ensayo realizado en plantaciones en Pérez Zeledón (Costa Rica), 10 años después de plantado, el caracolí alcanzó una altura de 12,4 m y un incremento en el DAP de 15,7 cm (Cordero & Boshier, 2003). Lo anterior demuestra que esta es una **especie adaptada al bosque seco tropical** debido a su buen desarrollo.

En un estudio realizado por Morales (2020) en parcelas ubicadas en los municipios de Mariquita, Alvarado, Venadillo e Ibagué (Tolima), se observó que la tasa de crecimiento diamétrico promedio de la especie *A. excelsum* era de 1,40 cm/año, en los bosques naturales del departamento del Tolima, es decir que, para obtener un diámetro aprovechable de 40 cm, puede tardar entre 20 a 25 años.



La investigación para estas cuatro especies se desarrolló en el Centro de Investigación Motilonia de AGROSAVIA, ubicado en Agustín Codazzi (Cesar), a 10°00'09.03 latitud Norte, 73°14'55.88 longitud Oeste, a 103 m s. n. m., con temperatura media anual de 29 °C y precipitación promedio de 1.581 mm/año. En la tabla 2 se muestra el desarrollo bajo estas condiciones de las especies roble (*T. rosea*), camajón (*S. apetala*), guayacán (*B. arborea*) y carreto (*A. polyneuron*).

Tabla 2. Crecimiento del roble (*T. rosea*), camajón (*S. apetala*), guayacán (*B. arborea*) y carreto (*A. polyneuron*) bajo las condiciones del C. I. Motilonia

Nombre común	Nombre científico	DAP (cm)	HT (m)	IMA_DAP (cm/año)	IMA_HT (m/año)
Roble	<i>T. rosea</i>	16,5	11,60	1,7	1,2
Camajón	<i>S. apetala</i>	13,6	20,5	2,2	1,43
Guayacán	<i>B. arborea</i>	10,9	7,6	1,2	0,9
Carreto	<i>A. polyneuron</i>	10,7	7,4	1,3	0,9

DAP: diámetro a la altura del pecho; HT: altura total; IMA_DAP: incremento medio anual del DAP; IMA_HT: incremento medio anual en HT.

Fuente: Elaboración propia

Bajo las condiciones del C. I. Motilonia, el roble (*T. rosea*) tuvo un DAP de 16,5 cm y una HT de 11,6 m a los 9,5 años de evaluación. Estos resultados se encuentran en el rango de crecimiento reportado por Cordero y Boshier (2003): entre 0,8 y 2,6 cm por año en DAP, y entre 0,7 y 2,2 m por año en HT, con base en diferentes estudios realizados en Centroamérica. La experiencia que se tiene en plantaciones con camajón (*S. apetala*) es muy limitada, sin embargo, en ensayos realizados en Zambrano, en el departamento de Bolívar (Colombia), con materiales provenientes de tres localidades (Local, Cofradía, Tiquisate), se obtuvieron incrementos medios en HT de 1,77, 1,5 y 1,4 m/año, respectivamente (Cordero & Boshier, 2003), los cuales concuerdan con los resultados obtenidos en el C. I. Motilonia. Lo anterior demuestra que **el camajón presenta una gran capacidad de adaptación y crecimiento inicial** en condiciones climáticas de bosque seco tropical (bs-T) (presencia de temporada seca) y que podría tomarse como una alternativa para sistemas agroforestales, programas de reforestación protectora y comercial, en proyectos de carbono y de reducción de las emisiones de la deforestación (REDD+).

Bajo las condiciones del C. I. Motilonia, el guayacán (*B. arborea*) exhibió un desarrollo en DAP de 10,9 cm y una HT de 7,6 m a los 8,7 años de evaluación. Por su parte, la supervivencia alcanzó el 92 %, lo que demuestra su **gran adaptación**. No existen otros reportes de crecimiento de esta especie en la zona,



Foto: Diana Catalina Cervera

sin embargo, la tasa de crecimiento sugiere que el guayacán se adapta a las condiciones climáticas del bosque seco tropical (bs-T) (Pizano & García, 2014), razón por la que podría tomarse como alternativa para ser incluida en sistemas agroforestales, silvopastoriles y programas de reforestación.

El carrito (*A. polyneurum*) no es una especie comúnmente plantada, lo que impide tener una referencia sobre su crecimiento en plantaciones. Bajo las condiciones del C. I. Motilonia, mostró un desarrollo en DAP de 10,7 cm y una HT de 7,4 m a los 8,7 años de evaluación, con supervivencia superior al 90 %, lo que evidencia su gran adaptación. El incremento medio anual de 0,9 m sugiere que el carrito es de **lento crecimiento**. La densidad de su madera reportada para la región Caribe es de $0,735 \text{ g/cm}^3$ (Álvarez et al., 2013), lo que la convierte en una especie con **madera dura y fibras más densas**, propias de las plantas con hojas caducas. La alta sobrevivencia, mayor al 80 %, representa una capacidad de adaptación a las condiciones climáticas del bosque seco tropical (bs-T), por lo que podría tomarse como una alternativa para ser incluida en sistemas agroforestales, silvopastoriles y programas de reforestación.



Machaco

(*Simarouba amara* Aubl.)

Cañafístola

(*Cassia moschata* Kunth)

Estas dos especies fueron evaluadas en el Centro de Investigación La Libertad de AGROSAVIA, ubicado en el municipio de Villavicencio (Meta), a una altura de 336 m s. n. m., con temperaturas que varían entre 22 y 31 °C, y una precipitación media multianual de 4.936 mm/año. **El ensayo con el que se establecieron estas especies contó con suelos de terraza alta de origen aluvial**, en donde el relieve es ligeramente plano, con pendientes predominantes de 1-3 %, moderadamente profundos y moderadamente bien drenados. Estos suelos presentan, en casi todos sus horizontes, una textura moderadamente fina, con un grado de acidez en el rango de muy fuerte a fuertemente ácido, con baja fertilidad (IGAC, 1973).

Bajo las condiciones agroclimáticas del C. I. La Libertad, el machaco (*Simarouba amara*) presentó, como resultado del seguimiento de 113 meses (9,4 años), un desarrollo en HT de 13,1 m y 25,5 cm de DAP (1,30 m del suelo). Asimismo, un incremento medio anual en altura (IMA_{HT}) de 1,39 m/año y en diámetro del tallo (IMA_{DAP}) de 2,71 cm/año (tabla 3), con una sobrevivencia del 82,3 %.

Lo anterior demuestra que **el machaco presenta una gran capacidad de adaptación a las condiciones climáticas del bosque húmedo tropical** (bh-T), por lo que podría ser una alternativa en sistemas agroforestales, silvopastoriles y programas de reforestación.

Por su parte, la cañafístola (*C. moschata*), a una edad de 113 meses, presentó un desarrollo de 5,7 m de HT y 10,1 cm de DAP (1,30 m del suelo), un incremento medio anual en altura (IMA_HT) de 0,66 m/año y en diámetro del tallo (IMA_DAP) de 1,07 cm/año (tabla 3), y una sobrevivencia del 32,6 %. Esto se debió a que en sus estados juveniles de desarrollo los árboles fueron consumidos por venados (*Odocoileus virginianus*), así como a sucesivos ataques de defoliadores.

Tabla 3. Crecimiento de las especies machaco (*S. amara*) y cañafístola (*C. moschata*) bajo las condiciones del C. I. La Libertad

Nombre común	Nombre Científico	DAP (cm)	HT (m)	IMA_DAP (cm/año)	IMA_HT (m/año)
Machaco	<i>S. amara</i>	25,5	13,1	4,6	1,39
Cañafístola	<i>C. moschata</i>	10,1	5,7	1,07	0,66

DAP: diámetro a la altura del pecho; HT: altura total; IMA_DAP: incremento medio anual del DAP; IMA_HT: incremento medio anual en HT.

Fuente: Elaboración propia

Modelos alométricos generados para las especies forestales nativas estudiadas

Los modelos alométricos **buscan estimar el crecimiento en altura de una especie**, por lo que se convierten en una herramienta básica y precisa para determinar el desarrollo por sitio para cada una. Asimismo, estos modelos constituyen una guía práctica para productores, estudiantes, técnicos e investigadores, pues se generan a partir de variables de fácil medición, como el DAP (cm), el diámetro de copa (DC) (m) y la edad del árbol (meses). En la tabla 4 se presentan las ecuaciones alométricas construidas para las especies estudiadas y la edad hasta la que pueden ser usadas.

Tabla 4. Modelos alométricos para estimar la altura de las especies nativas estudiadas

Especie	Ecuación alométrica	Edad (meses)	Ubicación geográfica
Caracolí (<i>A. excelsum</i>)	$HT = -0,8762(DAP^2 \times Edad)^{0,33397}$	61	Espinal, Tolima C. I. Nataima
Iguá (<i>A. guachapele</i>)	$HT = 0,5823(DAP^2 \times Edad)^{0,3029}$	80	
Roble (<i>T. rosea</i>)	$HT = 0,3925 + 0,3472(DAP) + 0,07356(Edad)$	77	Agustín Codazzi, Cesar C. I. Motilonia
Camajón (<i>S. apetala</i>)	$HT = 1,2154 \times DAP^{0,1892} \times (DAP^2)^{0,2045}$	77	
Guayacán (<i>B. arborea</i>)	$HT = 0,8438(DAP^2 \times Edad)^{0,2349}$	84	
Carreto (<i>A. polyneuron</i>)	$HT = 0,8662(DAP^2 \times Edad)^{0,2301}$	61	Villavicencio, Meta C. I. La Libertad
Machaco (<i>S. amara</i>)	$HT = 0,3303(DAP^2 \times Edad)^{0,3365}$	68	
Cañafistola (<i>C. moschata</i>)	$HT = 1,2048 \times DAP^{0,993} \times DAP^{-0,2368}$	83	

HT: altura total en metros; DAP: diámetro a la altura del pecho en centímetros; Edad: edad de la especie en meses.

Fuente: Elaboración propia

Biomasa y longitud de raíces finas

El estudio de biomasa y longitud de raíces finas se realizó a profundidades de 0 a 15 cm y de 15 a 30 cm. Los resultados mostraron que **las raíces se concentran principalmente en los primeros 15 cm de profundidad para todas las especies**. Ello evidencia que los árboles tienen la necesidad de buscar nutrientes en la capa superior del suelo, donde hay una mayor concentración de materia orgánica y donde se presenta la mayor disponibilidad de nutrientes, debido al aporte que hace la hojarasca mediante el proceso de descomposición.

La biomasa y la longitud de raíces finas disminuye a mayor profundidad en el perfil del suelo (figuras 13 y 14). Esto puede deberse a que se trata de especies jóvenes de rápido crecimiento en sus primeras etapas de desarrollo y a que, por tanto, tienen la necesidad de explorar el suelo en busca de nutrientes. Según Flores (1999, citado por Obrador Olán, 2018), **el patrón de distribución del sistema radical de las plantas está directamente relacionado con su profundidad**, que, a su vez, se relaciona con la estructura, densidad aparente y altura del manto freático del suelo.

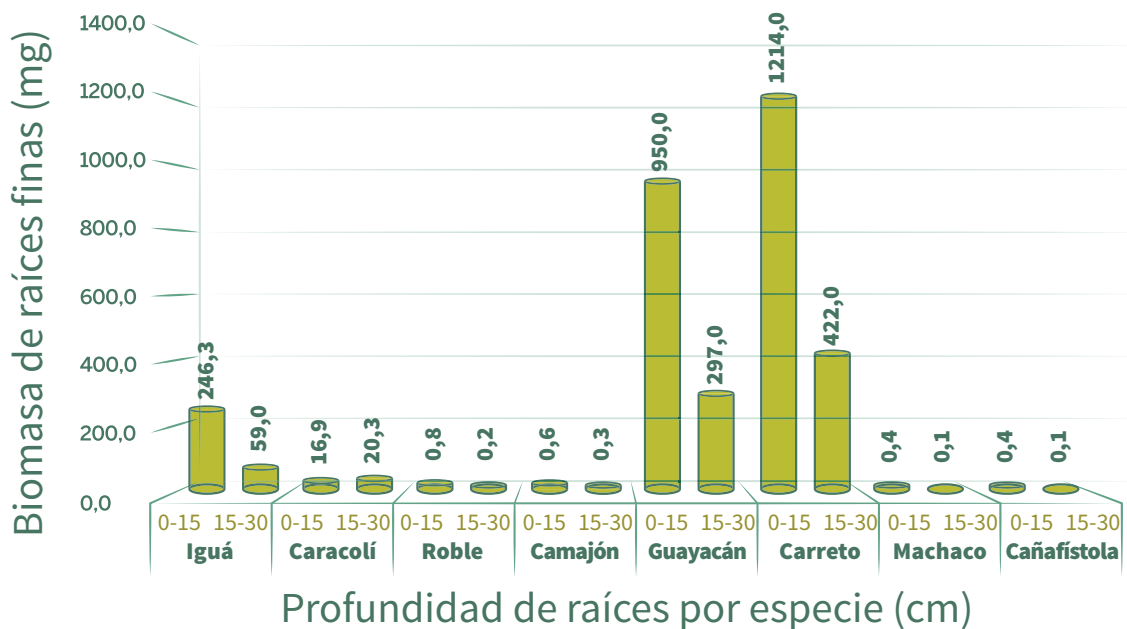


Figura 13. Biomasa de raíces finas a los 0-15 cm y 15-30 cm de profundidad de las especies forestales estudiadas.

Fuente: Elaboración propia

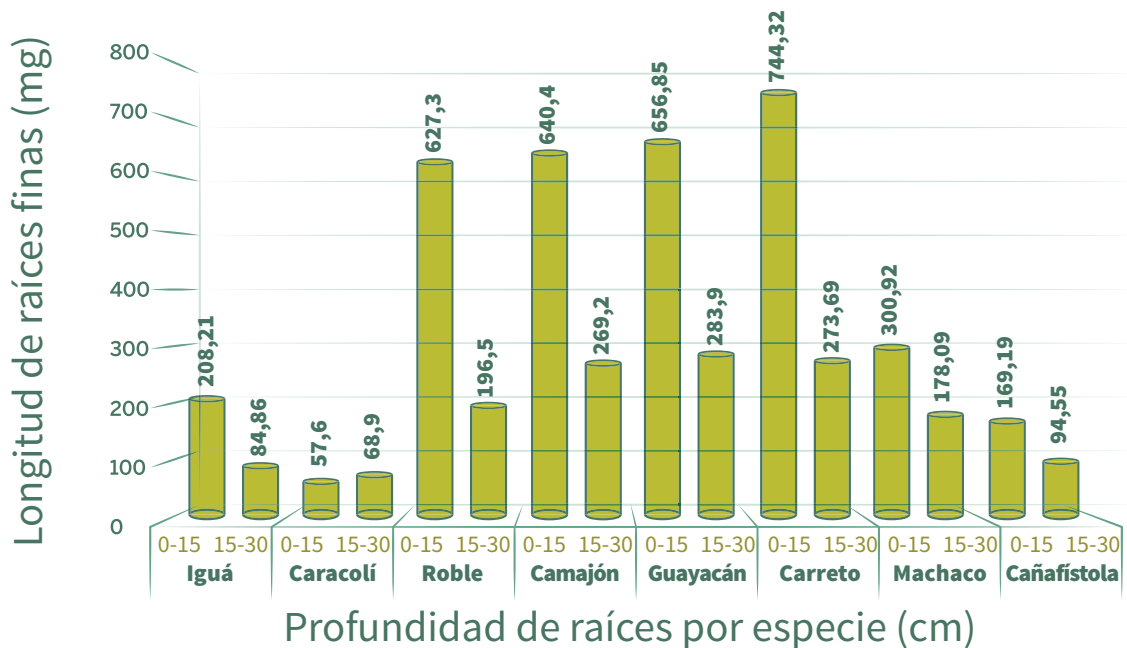


Figura 14. Longitud de raíces finas a los 0-15 cm y 15-30 cm de profundidad de las especies forestales estudiadas.

Fuente: Elaboración propia



Foto: Milton Rivera Rojas

Sombra generada por la copa de las especies evaluadas

Los resultados con respecto a la sombra generada por la copa se pueden observar en la tabla 5. Para tener un estimado del comportamiento de las especies se evaluaron las variables índice de área foliar (LAI), porosidad promedio de la copa (PPC), sombra promedio (SP), sombra mínima (Smin) y sombra máxima (Smáx). Se tomaron registros durante las épocas de sequía y de lluvias. **Especies forestales como el caracolí** (figura 15) **y el machaco generan un alto porcentaje de sombra**, por lo que ejercen mayor interferencia para el paso de radiación fotosintéticamente activa (RAFA). Por otra parte, **especies como cañafístola o roble generan menor sombra**, es decir, una sombra más rala. Estos datos sugieren que, en el momento de establecer un sistema agroforestal o silvopastoril, se debe tener en cuenta el efecto de la sombra del árbol seleccionado sobre los cultivos que se van a asociar en el sistema agroforestal. Serrano et al. (2014) afirman que, para el diseño e implementación de sistemas silvopastoriles que favorezcan la entrada de luz solar al sistema y, por tanto, el adecuado desarrollo de gramíneas presentes bajo el dosel, es importante usar especies leñosas con copas que permitan el mayor ingreso de luz posible, al mismo tiempo que generen sombra. **Para el caso de sistemas agroforestales, se deben tener en cuenta las características de la copa del árbol**, ya que estas determinan la cantidad de luz que entra al sistema. **La copa de un árbol y la luz que atraviesa el dosel son un indicador fotosintético clave** en la productividad forestal y en el funcionamiento del sistema agroforestal establecido.

Tabla 5. Sombra generada por las especies forestales nativas estudiadas

Especie	LAI	PPC (%)	SP	Smin (%)	Smáx (%)
Caracolí (<i>A. excelsum</i>)	2,55	18,50	81,50	70,0	93,0
Iguá (<i>A. guachapele</i>)	2,43	19,0	81,0	70,0	92,0
Roble (<i>T. rosea</i>)	1,35	36,11	63,89	19,64	82,39
Camajón (<i>S. apetala</i>)	1,32	31,66	68,34	55,59	76,53
Guayacán (<i>B. arborea</i>)	2,1	31	69,00	54,91	83,44
Carreto (<i>A. polyneuron</i>)	1,66	27,5	72,50	62,16	82,84
Machaco (<i>S. amara</i>)	2,22	23,5	76,5	64,0	89,0
Cañafístola (<i>C. moschata</i>)	0,74	50,58	48,0	29,0	67,0

LAI: promedio índice de área foliar; PPC: porosidad promedio de la copa; SP: sombra promedio; Smin: sombra mínima época de sequía; Smáx: sombra máxima época de lluvia.

Fuente: Elaboración propia



Figura 15. Entrada de luz a través de la copa del árbol.
Foto: Diana Catalina Cervera



Biomasa aérea y captura de carbono en especies forestales nativas



Los resultados permitieron estimar que la biomasa total de un árbol de iguá (*A. guachapele*), a los 80 meses de edad, con un promedio de altura de 13,64 m y un diámetro promedio de 21,3 cm, bajo las condiciones agroecológicas del C. I. Nataima, es de 148,12 kg. El componente con mayor biomasa seca fue el fuste, con un peso seco promedio de 61,09 kg, lo que representa el 41,2 % del total de la biomasa, seguido por las ramas mayores a 5 cm de diámetro, que pesaron 57 kg, lo que representa el 38,5 % de la biomasa seca de un árbol promedio. Los componentes con menor biomasa o peso seco en un árbol de *A. guachapele* son las hojas (6,26 kg), las ramillas de menos de 1 cm (5,96 kg) y la corteza (0,17 kg) (tabla 6).

La estimación del contenido de nutrientes en los diferentes componentes del árbol en la especie *A. guachapele* indica que los principales elementos presentan una concentración muy baja, con valores totales por debajo de 2.000 g, siendo el nitrógeno (N), con 1.930,2 g, y el calcio (Ca), con 1.228,4 g, los elementos que registran mayores valores, y el fósforo (P) y el magnesio (Mg), los elementos de menor concentración, con 113,12 y 149,3 g, respectivamente. Por su parte, el carbono (C) representa el 48,1 % del peso seco total del árbol de iguá, con 71,3 kg, acorde a la acumulación establecida para materiales de característica leñosa, que es de aproximadamente el 50 % (tabla 6).

La mayor acumulación de los principales nutrientes se encuentra en el fuste (mayor acumulación de carbono) **y las ramas con diámetro superior a los 5 cm** de diámetro (principalmente N, P, K, Ca y Mg).

Tabla 6. Valores medios de biomasa seca y concentraciones de nutrientes de cada componente de la especie *A. guachapele*, a los 80 meses de edad, en el C. I. Nataima

Componente	% del árbol	Peso seco (kg)	N	P	Ca	Mg	K	C (kg)
			(g)					
Ramas 1-5 cm*	11,9	17,64	270,7	27,5	157,2	33,5	147,4	8,5
Hojas	4,2	6,26	250,0	10,3	53,8	18,3	68,9	3,2
Ramillas < 1 cm*	4,0	5,96	93,5	8,6	59,1	12,3	51,9	2,8
Ramas > 5 cm*	38,5	57,00	775,8	46,3	599,5	66,4	323,2	27,0
Fuste	41,2	61,09	536,0	20,2	355,3	18,5	151,4	29,6
Corteza	0,1	0,17	4,1	0,1	3,4	0,3	0,7	0,1
Total	100	148,12	1.930,17	113,12	1.228,35	149,29	743,52	71,27

* Diámetro de ramas y ramillas; N: nitrógeno; P: fósforo; Ca: calcio; Mg: magnesio; K: potasio; C: carbono.

Fuente: Elaboración propia



En la tabla 7 se presentan las concentraciones de los principales nutrientes (C, N, P, K, Ca, Mg), para cada componente de la especie *A. excelsum*, a los 61 meses de edad, en el C.I. Nataima. El peso seco promedio total del árbol fue de 72,8 kg. La mayor biomasa seca para la especie *A. excelsum* se presentó en el fuste, con 46,14 kg, que equivalen al 63,3 % del total de la biomasa seca del árbol, seguido por las ramas de 1 a 5 cm de diámetro, con el 12,51 % (17,2 kg). Las ramas menores a 1 cm de diámetro presentaron la menor biomasa seca, con 2,12 kg, equivalentes al 2,9 % del total del árbol. Las mayores concentraciones de nitrógeno, fósforo, potasio y carbono se presentaron en el fuste, y para calcio y magnesio, en las ramas de 1 a 5 cm de diámetro.



Foto: Jhon Jairo Zuluaga

Tabla 7. Valores medios de biomasa y contenido de nutrientes de cada componente de la especie *A. excelsum*, a los 61 meses de edad, en el C. I. Nataima

Componente	% del árbol	Peso seco (kg)	N	P	Ca	Mg	K	C (kg)
			(g)					
Ramas 1-5 cm*	17,2	12,51	48,8	31,3	275,2	45,0	163,8	5,4
Hojas	10,4	7,60	98,0	12,9	88,9	45,6	82,8	3,4
Ramillas < 1 cm*	2,9	2,12	5,7	5,1	22,0	5,3	27,3	0,9
Ramas > 5 cm*	6,1	4,48	15,7	7,6	13,0	5,4	43,0	2,1
Fuste	63,3	46,14	92,3	73,8	87,7	32,3	286,1	22,0
Total	100	72,84	260,46	130,70	486,72	133,58	603,01	33,84

*Diámetro de ramas y ramillas; N: nitrógeno; P: fósforo; Ca: calcio; Mg: magnesio; K: potasio; C: carbono.
Fuente: Elaboración propia

La madera del fuste es uno de los componentes del árbol que cuenta con las concentraciones más altas de todos los elementos, a excepción del calcio y el magnesio. En la fracción de ramillas menores a 1 cm, por el contrario, se registran los niveles de concentración más bajos de todos los elementos, a excepción del calcio. Los contenidos de nutrientes en la materia seca de la especie *A. excelsum* fueron mayores para carbono, seguido por potasio, calcio, nitrógeno, magnesio y fósforo.

El contenido total de carbono fue de 33,8 kg, lo que significa que el 46,46 % de la materia seca del árbol contiene este elemento. El componente del árbol que más carbono contiene es la madera del fuste, con 22 kg, equivalentes al 47,7 % en 72,84 kg de biomasa seca, seguida de las ramas de 1 a 5 cm de diámetro, con 5,4 kg (43,3 %).





Roble

(*Tabebuia rosea* [Bertol.]
Bertero ex A.DC.)

Los resultados permitieron estimar que la biomasa total de un árbol de roble (*T. rosea*), a los 77 meses de edad, con promedio de altura de 11,15 m y diámetro promedio de 15,4 cm, bajo las condiciones agroecológicas del C. I. Motilonia, es de 66,1 kg. El componente con mayor biomasa seca fue el fuste, con un peso seco promedio de 35,4 kg, lo que representa el 51,7 % del total de la biomasa, seguido por las ramas de 1 a 5 cm de diámetro, que pesaron 17,7 kg y que representan el 27,5 % de la biomasa seca de un árbol promedio. Los componentes con menor biomasa o peso seco en un árbol de *T. rosea* son las ramas mayores a 5 cm (11 kg), las hojas (7,1 kg) y las ramillas menores a 1 cm (2,7 kg) (tabla 8).

Tabla 8. Valores medios de biomasa y concentraciones de nutrientes de cada componente de la especie *T. rosea*, a los 77 meses de edad, en el C. I. Motilonia

Componente	% del árbol	Peso seco (kg)	N	P	Ca	Mg	K	C (kg)
			(g)					
Ramas 1-5 cm*	27,5	17,7	87,0	24,8	223,6	21,3	72,8	8,34
Hojas	7,1	4,5	110,7	14,4	129,6	20,3	111,2	2,01
Ramillas < 1 cm*	2,7	1,9	12,2	4,5	95,2	2,6	26,0	0,85
Ramas > 5 cm*	11,0	6,6	9,9	6,0	73,6	4,0	13,3	3,34
Fuste	51,7	35,4	95,5	38,9	212,1	14,1	95,5	17,72
Total	100	66,1	315,3	88,6	734,1	62,3	318,6	32,26

*Diámetro de ramas y ramillas; N: nitrógeno; P: fósforo; Ca: calcio; Mg: magnesio; K: potasio; C: carbono.
Fuente: Elaboración propia

La estimación del contenido de nutrientes en los distintos componentes del árbol en la especie *T. rosea* permite establecer que los principales elementos presentan concentraciones muy bajas, con valores totales por debajo de 800 g. El calcio, con 734,1 g, y el potasio, con 318,6 g, presentan los mayores valores, mientras que el fósforo y el magnesio tienen menores concentraciones, con un total de 88,6 y 62,3 g, respectivamente (tabla 8).

En cuanto a las concentraciones en las ramas con diámetro de 1 a 5 cm, se presentaron allí las mayores concentraciones de calcio y magnesio. Por su parte, en las hojas, los elementos con mayor concentración fueron nitrógeno y potasio. Finalmente, en el fuste se presentaron las mayores concentraciones de carbono (tabla 8).



Los resultados permitieron estimar que la biomasa total de un árbol de camajón (*S. apetala*), a los 77 meses de edad, con un promedio de altura de 10,47 m y un diámetro promedio de 16,8 cm, bajo las condiciones agroecológicas del C. I. Motilonia en Agustín Codazzi (Cesar), es de 53,2 kg. El componente con mayor biomasa seca fue el fuste, con un peso seco promedio de 37,1 kg, lo que representa el 69,6 % del total de la biomasa, seguido por las ramas de 1 a 5 cm de diámetro, que pesaron 10,4 kg, lo que representa el 20 % de la biomasa seca de un árbol promedio. Los componentes con menor biomasa o peso seco en un árbol de *S. apetala* son las hojas (7,6 kg), las ramas mayores a 5 cm (2,1) y las ramillas menores a 1 cm (0,7 kg) (tabla 9).

Tabla 9. Valores medios de biomasa y concentraciones de nutrientes de cada componente de la especie *S. apetala*, a los 77 meses de edad, en el C. I. Motilonia

Componente	% del árbol	Peso seco (kg)	N	P	Ca	Mg	K	C (kg)
			(g)					
Ramas 1-5 cm*	20,0	10,4	78,8	39,4	204,2	23,8	76,7	4,35
Hojas	7,6	3,9	81,0	11,8	55,1	15,3	21,6	1,86
Ramillas < 1 cm*	0,7	0,3	2,7	1,5	6,6	0,9	3,3	0,14
Ramas > 5 cm*	2,1	1,5	32,2	8,6	119,2	4,5	51,2	1,72
Fuste	69,6	37,1	103,9	70,5	300,5	51,9	148,4	16,81
Total	100	53,2	298,6	131,8	685,6	96,6	301,2	24,9

*Diámetro de ramas y ramillas; N: nitrógeno; P: fósforo; Ca: calcio; Mg: magnesio; K: potasio; C: carbono.

Fuente: Elaboración propia

La estimación del contenido de nutrientes en los diferentes componentes del árbol en la especie *S. apetala* muestra que los principales elementos registran valores totales menores a 700 g, es decir, bajas concentraciones. Los mayores valores corresponden al calcio, con 685,6 g, y al potasio, con 301,2 g, mientras que los menores corresponden a fósforo y a magnesio, con un total de 131,8 y 96,6 g, respectivamente (tabla 9). En el fuste se presentaron las mayores concentraciones de carbono, con 16,81 kg, seguido por las ramas entre 1-5 cm de diámetro, con 4,35 kg.



Los resultados permitieron estimar que la biomasa total de un árbol de guayacán (*B. arborea*) es de 66 kg a los 84 meses de edad, bajo las con-

diciones agroecológicas del C. I. Motilonia, y se distribuye de la siguiente manera: en el fuste, 36,51 %, y en las ramas entre 1 y 5 cm, 30,26 %. Por su parte, las hojas (9,3 %) y las ramillas menores a 1 cm (8,98 %) fueron los componentes que presentaron los menores valores (tabla 10). En cuanto al peso seco del árbol, el análisis de varianza arrojó diferencias estadísticas significativas entre los componentes, siendo el fuste el de mayor valor, con 24,53 kg.

Siguiendo con el análisis de los valores reportados en la tabla 10, se puede decir que el nitrógeno no presentó diferencias estadísticas significativas en los diferentes componentes del árbol. Por su parte, el fósforo presentó diferencias significativas para las ramas de 1 a 5 cm y las hojas. El menor valor de este elemento se encuentra en el fuste.

Tabla 10. Valores medios de biomasa y concentraciones de nutrientes de cada componente en la especie guayacán (*B. arborea*) a los 78 meses de edad, en el C. I. Motilonia

Componente	% del árbol	Peso seco (kg)	N	P	Ca	Mg	K	C (kg)
			(g)					
Ramas 1-5 cm*	30,26	20,22	139,27	33,82	236,7	24,79	119,33	9,23
Hojas	9,33	6,17	92,92	19,68	106,57	16,7	81,88	2,86
Ramillas < 1 cm*	8,98	6,07	26,14	13,44	105,73	8,81	51,15	2,73
Ramas > 5 cm*	14,92	9,49	133,81	15,67	130,79	13,18	64,29	4,41
Fuste	36,51	24,53	66,43	4,47	251,52	13,69	19,62	11,61
Total	100	66,5	458,6	87,1	831,3	77,2	336,3	30,8

* Diámetro de ramas y ramillas; N: nitrógeno; P: fósforo; Ca: calcio; Mg: magnesio; K: potasio; C: carbono.
Fuente: Elaboración propia

Al igual que el nitrógeno, los elementos calcio y magnesio no presentaron diferencias estadísticas significativas en los diferentes componentes del árbol; no obstante, sus mayores valores se presentaron en el fuste y las ramas de 1 a 5 cm, respectivamente. Por su parte, el potasio tuvo una mayor concentración en las ramas de 1 a 5 cm. Finalmente, la mayor concentración de carbono se dio en el fuste, las ramas de 1 a 5 cm y las ramas mayores a 5 cm, con diferencias estadísticas significativas en comparación con las ramillas y las hojas.



En el análisis del carreto (*A. polyneuron*), la biomasa en el árbol presentó una mayor concentración en el fuste, con 47,05 %, seguido de las hojas, con 19,7 %. Por su parte, las ramas de 1 a 5 cm presentaron un aporte del 18,79 % y las ramas menores a 1 cm, del 14,46 %. En cuanto al peso seco promedio del árbol (19,79 kg), el análisis de varianza arrojó diferencias estadísticas significativas entre los componentes, siendo el fuste el de mayor valor, con 9,33 kg. En cuanto al carbono, el carreto presenta la mayor concentración en el fuste, con diferencias estadísticas significativas respecto a los demás componentes del árbol (tabla 11).

Tabla 11. Valores medios de biomasa y concentraciones de nutrientes de cada componente en la especie carreto (*A. polyneuron*) a los 61 meses de edad, en el C. I. Motilonia

Componente	% del árbol	Peso seco (kg)	N	P	Ca	Mg	K	C (kg)
			(g)					
Ramas 1-5 cm*	18,79	3,69	35,22	5,30	27,85	3,44	22,2	1,71
Hojas	19,7	3,91	78,82	11,96	45,00	9,85	34,34	1,97
Ramillas < 1 cm*	14,46	2,86	31,97	5,43	31,24	3,64	22,39	1,32
Fuste	47,05	9,33	30,41	4,66	13,61	2,56	13,62	4,54
Total	100	19,8	176,4	27,4	117,87	19,5	92,6	9,6

* Diámetro de ramas y ramillas; N: nitrógeno; P: fósforo; Ca: calcio; Mg: magnesio; K: potasio; C: carbono.

Fuente: Elaboración propia



Machaco
(*Simarouba amara* Aubl.)

Los resultados permitieron estimar que la biomasa seca total de un árbol de machaco (*S. amara*), a los 68 meses de edad, con un promedio de altura de 12,00 m y un diámetro promedio de 13,6 cm, bajo las condiciones agroecológicas del C. I. La Libertad en Villavicencio (Meta), fue de 88,49 kg. El componente con mayor biomasa seca fue el fuste, con un peso seco promedio de 37,73 kg, lo que representa el 42,6 % del total de la biomasa, seguido por las ramas de 1 a 5 cm de diámetro, que pesaron 27,45 kg, lo que representa el 31,0 % de la biomasa seca de un árbol promedio. Los componentes con menor biomasa o peso seco en un árbol de *S. amara* son las hojas (14,13 %), las ramas mayores a 5 cm (5,60 %) y las ramillas menores a 1 cm (3,58 kg) (tabla 12).

Tabla 12. Valores medios de biomasa y concentraciones de nutrientes de cada componente de la especie *S. amara*, a los 68 meses de edad, en el C. I. La libertad

Componente	% del árbol	Peso seco (kg)	N	P	Ca	Mg	K	C (kg)
			(g)					
Ramas 1-5 cm*	31,0	27,45	183,91	10,98	134,50	30,19	46,66	13,28
Hojas	16,0	14,13	203,47	5,65	72,06	36,74	53,69	7,04
Ramillas < 1 cm*	4,0	3,58	19,68	1,07	10,38	3,22	4,65	1,73
Ramas > 5 cm*	6,3	5,60	59,35	4,48	47,59	11,76	21,84	2,64
Fuste	42,6	37,73	222,63	7,55	177,35	49,05	67,92	17,96
Total	100	88,49	689,0	29,7	441,9	131,0	194,8	42,7

* Diámetro de ramas y ramillas; N: nitrógeno; P: fósforo; Ca: calcio; Mg: magnesio; K: potasio; C: carbono.
Fuente: Elaboración propia

La estimación del contenido de nutrientes en los diferentes componentes del árbol en la especie *S. amara* permite establecer que los principales elementos presentan muy baja concentración, pues los valores no superan los 700 g. El nitrógeno, con 689 g, y el calcio, con 441,9 g, presentan las concentraciones más altas, mientras que el potasio, el magnesio y el fósforo, con 194,8, 131,0 y 29,7 g, respectivamente, presentan las menores concentraciones. El carbono, a su vez, representaría el 48,1 % del peso seco total del árbol de *S. amara*, con 42,65 kg, acorde con la acumulación establecida para materiales de característica leñosa, que es de aproximadamente el 50 % (tabla 12).

La mayor cantidad de nutrientes se encuentra concentrada en el fuste (carbono), las ramas de 1 a 5 cm de diámetro (principalmente nitrógeno, calcio, magnesio, potasio y fósforo) y las hojas (alto contenido de nitrógeno), que en esta especie se caracterizan por presentar un color verde oscuro.



Los resultados permitieron estimar que la biomasa total de tres árboles de cañafístola (*C. moschata*), a los 83 meses de edad, con un promedio de altura de 7,96 m y un diámetro promedio de 12,0 cm, bajo las condiciones agroecológicas del C.I. La Libertad, fue de 84,5 kg. Los componentes con mayor biomasa fueron las ramas de 1 a 5 cm de diámetro y el fuste, con un peso seco promedio de 29,72 y 29,29 kg, respectivamente, que representan el 55,4 % del total de la biomasa, seguidos por las ramillas menores a 1 cm y las ramas mayores a 5 cm de diámetro, que pesaron en conjunto 19,71 kg, (18,5 % de la biomasa seca de un árbol promedio). El componente con menor biomasa o peso seco en un árbol de *C. moschata* son las hojas, con 5,80 kg (tabla 13).



Foto: Albert Julesmar Gutiérrez

La estimación del contenido de nutrientes en los diferentes componentes del árbol en la especie *C. moschata* indica una baja concentración de los principales elementos, con valores totales menores a 700 g. El nitrógeno, con 691,8 g, y el calcio, con 450,7 g, tienen las mayores concentraciones, y el potasio, el magnesio y el fósforos tienen las menores, con 118,9, 51,3 y 46,5 g, respectivamente. El carbono representa el 49,7 % del peso seco total del árbol de *S. amara*, con 42,04 kg, lo que concuerda con la acumulación establecida para materiales leñosos (50 %, aproximadamente) (tabla 13).

Tabla 13. Valores medios de biomasa y concentraciones de nutrientes de cada componente de la especie *C. moschata*, a los 83 meses de edad, en el C. I. La libertad

Componente	% del árbol	Peso seco (kg)	N	P	Ca	Mg	K	C (kg)
			(g)					
Ramas 1-5 cm*	27,9	29,72	243,41	11,73	200,65	21,30	30,71	14,44
Hojas	5,4	5,80	146,28	7,20	38,61	8,46	19,62	3,09
Ramillas < 1 cm*	9,7	10,34	141,88	7,47	87,62	11,89	16,18	5,36
Ramas > 5 cm*	8,8	9,37	66,62	8,77	45,88	5,29	11,09	4,43
Fuste	27,5	29,29	93,61	11,31	78,00	4,30	41,33	14,73
Total	79,4	84,5	691,8	46,5	450,8	51,3	118,9	42,0

*Diámetro de ramas y ramillas; N: nitrógeno; P: fósforo; Ca: calcio; Mg: magnesio; K: potasio; C: carbono.
Fuente: Elaboración propia

Las estructuras en donde se acumula la mayor cantidad de los principales nutrientes son las ramas de 1 a 5 cm de diámetro, las hojas y las ramillas con menos de 1 cm de diámetro. En el fuste se encuentra la mayor acumulación de carbono, mientras que en las ramas de 1 a 5 cm de diámetro se encuentran principalmente nitrógeno, calcio, potasio, magnesio y fósforo (tabla 13).



Interceptación del agua lluvia de algunas especies nativas

La interceptación de la precipitación registrada por cuatro especies nativas establecidas en los centros de investigación Nataima (Espinal, Tolima), Motilonia (Agustín Codazzi, Cesar) y La Libertad (Villavicencio, Meta) se presenta en la tabla 14. En este estudio **se describen los valores y el comportamiento de la interceptación de lluvia por cada especie en diferentes zonas agroecológicas**. Con las mediciones obtenidas, se determinaron los efectos de la copa de las especies sobre la entrada de agua lluvia en el sistema. Para el caso de la especie caracolí (*A. excelsum*), la interceptación de la lluvia representó el 48,7 % en el C. I. Nataima y el 31,3 % en plantaciones de camajón (*S. apetala*) en el C. I. Motilonia. Esto indica que **la copa de los árboles juega un papel importante en el proceso de interceptación**, ya que puede repercutir en el contenido de humedad y en la escorrentía superficial del suelo, lo que ayudaría al sostenimiento y a la funcionalidad de la especie.

En cuanto a la precipitación efectiva, que es el agua que llega al suelo, se observa que, de las especies evaluadas, **el machaco (*S. amara*, establecida en el C. I. la Libertad, es la que más transfiere agua al suelo, lo que la convierte en una especie promisoría para la reforestación en cuencas hidrográficas**, seguida por el roble (*T. rosea*), especie establecida en el C. I. Motilonia.

Tabla 14. Interceptación y transferencia de agua lluvia al suelo para cuatro especies forestales nativas

Especie	PEval (meses)	PA		PI		ET		PE		I	
		(mm)	(%)	(mm)	(%)	(mm)	(%)	(mm)	(%)	(mm)	(%)
Caracolí	10	1.090,1	100	460,7	42,3	98,5	9,0	559,2	51,3	530,8	48,7
Roble	7	1.017,13	100	591,88	58,2	121,96	12,0	713,84	70,2	303,29	29,8
Camajón	7	1.017,13	100	676,28	66,5	22,54	2,2	698,82	68,7	318,31	31,3
Machaco	7	1.956,0	100	1.306,1	66,8	125,5	6,4	1.431,6	73,2	524,4	26,8

PEval: periodo de evaluación; PA: precipitación en abierto; PI: precipitación interna; ET: volumen total de agua de los colectores del escurrimiento por el tronco; PE: precipitación efectiva; I: interceptación.

Fuente: Elaboración propia



Referencias

- Acero, L. E. (2005). *Plantas útiles de la cuenca del Orinoco*. BP Exploration Company; Ecopetrol; Corporinoquia.
- Akaike, H. (1969). Fitting autoregressive models for prediction. *Annals of the Institute of Statistical Mathematics*, 21, 243-247. <https://doi.org/10.1007/BF02532251>
- Akaike, H. (1979). A Bayesian extension of the minimum AIC procedure. *Biometrika*, 66(2), 237-242. <https://doi.org/10.2307/2335654>
- Álvarez, E., Benítez, D., Velásquez, C., & Cogollo, A. (2013). Densidad básica del fuste de árboles del bosque seco en la Costa Caribe de Colombia. *Intropica*, 8, 17-28.
- Arnáez, E., & Moreira, I. (2006). Estudio de raíces en *Hieronyma alchorneoides* Allemao (pilón) en Sarapiquí, Heredia, Costa Rica. *Kurú: Revista Forestal*, 3(9). <https://revistas.tec.ac.cr/index.php/kuru/article/view/503>
- Berdugo, M. L., & Rangel, J. O. (2015). Composición florística del bosque tropical seco del santuario “Los Besotes” y fenología de especies arbóreas dominantes (Valledupar, Cesar, Colombia). *Colombia Forestal*, 18(1), 87-103. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2015.1.a05>
- Bernal, R., Galeano, G., Rodríguez, A., Sarmiento, H., & Gutiérrez, M. (2017). *Nombres comunes de las plantas de Colombia*. <http://www.biovirtual.unal.edu.co/nombrescomunes/>
- Böhm, W. (1979). *Methods of studying root systems*. Springer-Verlag. <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-67282-8>
- Calle, Z., & Murgueitio E., (2020). Árboles nativos para predios ganaderos: especies focales del proyecto Ganadería Colombiana Sostenible. Cipav. https://elti.yale.edu/sites/default/files/rsource_files/arboles_nativos_para_predios_ganaderos.pdf
- Camacho, R. L., & Cárdenas, D. (2002). *Manual de identificación de especies maderables objeto de comercio en la Amazonia colombiana*. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (Sinchi). <https://www.sinchi.org.co/files/publicaciones/publicaciones/pdf/ManualMaderas.pdf>
- Cárdenas, D., & Salinas, N. R. (2007). *Libro rojo de plantas de Colombia*. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (Sinchi). https://sinchi.org.co/files/publicaciones/publicaciones/pdf/LR_MADERABLES.pdf
- Cárdenas-Henao, M., Londoño-Lemos, V., Llano-Almario, M., González-Colorado, Á. M., Rivera-Hernández, K. L., Vargas-Figueroa, J. A., Duque-Palacio, O. L., Torres-González, A. M., Jiménez-Taquinas, A. C., & Moreno-Cavazos, M. P. (2015). Fenología de cuatro especies arbóreas de bosque seco tropical en el Jardín Botánico Universitario, Universidad del Valle (Cali), Colombia. *Actualidades Biológicas*, 37(103), 121-130. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0304-35842015000200001
- Carvajal, L., López, C., Patarroyo, J., Gualdrón, A., Jiménez, M., & Garzón, A. (2007). *Composición florística y estructural del bosque de galería: Puerto López, Meta. Catálogo ilustrado de especies*. Corpomacarena. <https://biblioteca.unimeta.edu.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=5827>
- Castañeda-Garzón S. L., Argüelles-Cárdenas J. H., Zuluaga-Peláez, J. J., & Moreno-Barragán, J. (2021). Evaluación de la variabilidad fenotípica en *Simarouba amara* Aubl., mediante descriptores cualitativos y cuantitativos. *Orinoquia*, 25(1), 67-77. <https://doi.org/10.22579/20112629.656>

- Cordero, J., & Boshier D. H. (2003). *Árboles de Centroamérica: un manual para extensionistas*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (Catie). <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/9730>
- Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga [CDMB]. (1989). *Guía de reforestación*.
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [AGROSAVIA]. (2024). Recomendaciones, protocolos y metodologías (Oferta tecnológica - línea agrícola - cultivos permanentes). <https://www.agrosavia.co/productos-y-servicios/oferta-tecnol%C3%B3gica/l%C3%ADnea-agr%C3%ADcola/cultivos-permanentes/recomendaciones-protocolos-y-metodolog%C3%ADas>
- Corporación de Educación del Norte del Tolima [Coreducación] & Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. (2021). *Plantaciones con fines de restauración ecológica del bosque seco tropical en Honda y Armero-Guayabal, Tolima, realizadas por Coreducación (178 registros)*. http://i2d.humboldt.org.co/ceiba/resource.do?r=rrbb_plantae180ma_nortetolima_2021#anchor-description
- Crawley, M. J. (2000). Seed predators and plant population dynamics. En M. Fenner (Ed.), *Seeds: the ecology of regeneration in plant communities* (pp. 167-182). CABI Publishing. <http://dx.doi.org/10.1079/9780851994321.0167>
- Da Silva, M. T. A., Piedade, M. T. F., & Wittmann, F. (2010). Distribution and population structure of four Central Amazonian high-varzea timber species. *Wetlands Ecology Management*, 18, 665-677. <http://dx.doi.org/10.1007%2Fs11273-010-9186-y>
- Devia, C. A., Moncaleano, A. M., & Niño, L. M. (2014). *Flora del bosque seco de los archipiélagos Islas del Rosario y San Bernardo*. Incoder; Universidad Jorge Tadeo Lozano. <https://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/12/flora-del-bosque-seco-de-los-archipelagos-islas-del-rosario-y-san-bernardo.pdf>
- Dvorak, W. S., Uruena, H., Moreno, L. A., & Goforth, J. (1998). Provenance and family variation in *Sterculia apetala* in Colombia. *Forest Ecology and Management*, 111(2-3), 127-135. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(98\)00316-8](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(98)00316-8)
- Fajardo, F. (2013). *Interacción entre las semillas de Sterculia apetala (Jacq.) H. Karst. y hemípteros del género 'Dysdercus' en el Jardín Botánico Guillermo Piñeres de Cartagena* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Institucional UN. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/51825>
- Farfán, F. F. (2016). Sistemas agroforestales para establecer en la finca cafetera. *Avances técnicos Cenicafé*, 474. <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/4214/1/AVT0474.pdf>
- Gómez, M. L. (2010). *Fenología reproductiva de especies forestales nativas presentes en la jurisdicción de Corantioquia: un paso hacia su conservación* (Vol. I). Corantioquia. <https://www.corantioquia.gov.co/wp-content/uploads/2022/01/fenologia.pdf>
- Gómez, M. L., & Toro, J. L. (2007). *Manejo de las semillas y la propagación de diez especies forestales del bosque húmedo tropical* [Boletín Técnico Biodiversidad n.º 2]. Corantioquia. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/1105>
- Gómez, M. L., & Toro, J. L. (2008). *Manejo de las semillas y la propagación de diez especies forestales del bosque húmedo tropical* [Boletín Técnico Biodiversidad n.º 3]. Corantioquia. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/1106>
- Gómez, M. L., Toro, J. L., & Piedrahíta, E. (2013). *Propagación y conservación de especies arbóreas nativas*. Corantioquia. <https://www.corantioquia.gov.co/wp-content/uploads/2022/01/Arboreas-Nativas.pdf>
- Guerra, C. P. (2009). Historia natural del árbol Panamá, *Sterculia apetala* (Jacq.) H. Karst. *Acta Biológica Panamensis*, 1, 101-106.
- Gutiérrez, A. J., Moreno, J., Camargo, H., Molina, A. M., Correa, D. E., Ostos, M. E., López, F. G., Porcel, M., González, C. E., & Campos, J. C. (2020). *Evaluación de especies arbustivas y arbóreas para uso múltiple en diferentes agroecosistemas de Colombia* [Informe final]. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).

- Herrera-Gorocica, Á. M. (2014). *Longitud específica de las raíces durante la sucesión secundaria en el bosque tropical seco de la costa del Pacífico mexicano* [Tesis de grado, Instituto Tecnológico de Conkal].
- Holdridge, L. R. (1967). *Life zone ecology*. Tropical Science Center.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC]. (1973). *Reconocimiento semidetallado de suelos del C. I. La Libertad*.
- Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC] (2006). *Greenhouse gas inventory reference manual: IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories* (Vol. 3). <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol3.html>
- Janzen, D. H. (1972). Escape in space by *Sterculia apetala* seeds from the bug *Dysdercus fasciatus* in a Costa Rican deciduous forest. *Ecology*, 53(2), 350-361. <https://doi.org/10.2307/1934092>
- Ley 2206 de 2022. “Por medio del cual se incentiva el uso productivo de la guadua y el bambú y su sostenibilidad ambiental en el territorio nacional”. Congreso de la República de Colombia. *Diario Oficial*, n.º 52.037. <https://minvivienda.gov.co/sites/default/files/normativa/ley-2206-de-2022.pdf>
- Lombo, D. F., Burbano, E., Arias, J. A., & Rivera, M. (2023). Carbon storage in tree biomass dispersed in pastures in the arid Caribbean region of Colombia. *Forest Systems*, 32(1), e002. <https://doi.org/10.5424/fs/2023321-18932>
- Mauro-Díaz, G., Lencinas, J. D., & Del Valle, H. (2014). Introducción a la fotografía hemisférica en ciencias forestales. *Madera y Bosques*, 20(1), 109-117. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-04712014000100010
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MADR]. Resolución 000009 de 2021. “Por la cual se reconoce la organización de la cadena nacional de la Guadua/Bambú y su agroindustria bajo la denominación de ‘Consejo Nacional de la Cadena Productiva la Guadua/Bambú y su Agroindustria’”. <https://www.minagricultura.gov.co/Normatividad/Resoluciones/RESOLUCI%C3%93N%20000009%20DE%202021.pdf>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [MADS]. (2017). *Política Nacional de Cambio Climático*. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/01/9.-Politica-Nacional-de-Cambio-Climatico.pdf>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [MADS]. (2024). Resolución 0126 de 2024. “Por la cual se establece el listado oficial de las especies silvestres amenazadas de la diversidad biológica colombiana continental y marino costera, se actualiza el Comité Coordinador de Categorización de las Especies Silvestres Amenazadas en el territorio nacional y se dictan otras disposiciones”. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2024/02/Resolucion-0126-de-2024.pdf>
- Mitchell, J. (2023). *Anacardium excelsum* (Kunth) Skeels. En S. Bernal, R. Gradstein, & M. Celis (Eds.), *Catálogo de plantas y líquenes de Colombia*. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia. <http://catalogoplantasdecolombia.unal.edu.co>
- Morales, A. (1997). *Apuntes metodológicos para el estudio de raíces en plantaciones forestales y bosques naturales* [Ponencia]. Simposio Internacional Posibilidades del Manejo Forestal Sostenible en América Tropical, Santa Cruz de la Sierra, Bolivia, 15 a 20 de julio.
- Morales, G. A. (2020). *Plan de manejo y conservación del caracolí ('Anacardium excelsum') en la jurisdicción CAR*. Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. <https://www.car.gov.co/uploads/files/5b9039167ccba.pdf>
- Obrador, J. (2018). Densidad de longitud de raíces de *Acacia mangium* Willd. en un suelo de sabana. *Agro Productividad*, 9(2), 3-11. <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/713>
- Organización Meteorológica Mundial [OMM]. (2008). *Guía de instrumentos y métodos de observación*, n.º 8. https://library.wmo.int/es/records/item/41613-guia-de-instrumentos-y-metodos-de-observacion?language_id=30&back=&offset=

- Ospina, C., Hernández, R., Gómez, D., Godoy, J., Aristizábal, F., Patiño, J., & Medina, J. (2008). *Guías silviculturales para el manejo de especies forestales con miras a la producción de madera en la zona andina colombiana. El Guayacán Rosado*. Cenicafe. https://www.cenicafe.org/es/index.php/nuestras_publicaciones/cartillas/publicaciones_guias_silviculturales_para_el_manejo_de_especies_foresta1
- Pielke, R. A. (Ed.). (2001). *Mesoscale meteorological modeling* (Vol. 78) (3th ed.). Elsevier Science. [https://doi.org/10.1016/S0074-6142\(02\)X8053-X](https://doi.org/10.1016/S0074-6142(02)X8053-X)
- Pizano, C. & García, H. (Eds.). (2014). *El bosque seco tropical en Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. <https://repository.humboldt.org.co/entities/publication/5afc67e3-9887-43a8-8b37-da0d7e358302>
- Prodan, M., Peters, R., Cox, F., & Real, P. (1997). *Mensura forestal*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). <https://repository.iica.int/handle/11324/15038>
- Rivera, M., Mojica, J. E., Garay, G. A., Cordero, C. C., & Ipaz, C. M. (2023). *Eficiencia hídrica y productividad en dos sistemas silvopastoriles del Caribe seco colombiano*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). <https://editorial.agrosavia.co/index.php/publicaciones/catalog/view/374/407/2085-1>
- Rincón, Á., Pérez, O., Pardo, Ó., Díaz, R. A., Cerinza, Ó. J., Villalobos, M. A., Pérez, N., Orjuela, Ó. E., Carvajal, C. T., & Criollo, D. (2022). *Metodologías para la evaluación de materiales forrajeros*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). <https://doi.org/10.21930/agrosavia.manual.7405750>
- Román, F., De Liones, R., Sautu, A., Deago, J., & Hall, J. S. (2012). *Guía para la propagación de 120 especies de árboles nativos de Panamá y el neotrópico*. Environmental Leadership and Training Initiative (ELTI); Yale School of Forestry Environmental Studies. <https://repository.si.edu/handle/10088/20967>
- Salazar, R. (Ed.). (2000). 'Sterculia apetala' (Jacq.) H. Karst. En *Manejo de semillas de 100 especies forestales de América Latina* (Vol. 1) (pp. 147-148). Catie. <https://repository.catie.ac.cr/handle/11554/2959>
- Schmidt, A., Poulain, M., Klein, D., Krause, K., Peña-Rojas, K., Schmidt, H., & Schulte, A. (2009). Allometric above-belowground biomass equations for *Nothofagus pumilio* (Poepp. & Endl.) natural regeneration in the Chilean Patagonia. *Annals of Forest Science*, 66(5). <https://dx.doi.org/10.1051/forest/2009030>
- Serrano, R., Andrade, C., & Mora, J. (2014). Caracterización de la cobertura arbórea en una pastura del trópico seco en Tolima, Colombia. *Agronomía Mesoamericana*, 25(1), 99-110. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-13212014000100010
- Stauffer, D. R., & Seaman, N. L. (1990). Use of four-dimensional data assimilation in a limited-area mesoscale model. Part I: experiments with synoptic-scale data. *Monthly Weather Review*, 118(6), 1250-1277. [https://doi.org/10.1175/1520-0493\(1990\)118<1250:UOFDDA>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0493(1990)118<1250:UOFDDA>2.0.CO;2)
- Suatunce, P., Díaz, G., & García, L. (2009). Crecimiento de especies arbóreas tropicales en la colección de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo. *Ciencia y Tecnología*, 2(2), 21-27. <https://doi.org/10.18779/cyt.v2i2.82>
- Trujillo, N. (2013). *Guía de reforestación: ilustrada, aumentada y corregida* (3ª ed.). El Semillero.
- Varón, P., & Morales, S. (2013). *Arboretum y palmetum: guía de identificación*. Universidad Nacional de Colombia.
- Zuluaga, J. J. (2014). *Hidrología comparativa em bacias hidrográficas com eucalipto e campo* [Tesis de Doctorado, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria]. Repositorio UFSM. <http://repositorio.ufsm.br/handle/1/21387>

AGROSAVIA

Corporación colombiana de investigación agropecuaria

Si bien los procesos de reforestación en Colombia se han realizado principalmente utilizando especies exóticas o introducidas, la alta diversidad de especies nativas podría convertirlas en una alternativa socioeconómica para los productores, además de contribuir a la adaptación y mitigación de la variabilidad y el cambio climático, así como a la recuperación del paisaje natural, la cultura y las tradiciones de los territorios. Sin embargo, la información es limitada o no hay suficientes datos disponibles sobre el comportamiento silvicultural de las especies, su adaptación y su crecimiento en plantaciones comerciales o en asocio bajo sistemas agroforestales y silvopastoriles para promover el desarrollo forestal en el país. Esta cartilla, dirigida a productores, academia, técnicos y profesionales del sector, incluye resultados obtenidos en los centros de investigación Nataima (Tolima), Motilonia (Cesar) y La Libertad (Meta) de AGROSAVIA para las especies forestales caracolí (*Anacardium excelsum*), iguá (*Albizia guachapele*), ocobo o roble (*Tabebuia rosea*), camajón (*Sterculia apetala*), guayacán (*Bulnesia arborea*), carrito (*Aspidosperma polyneuron*), machaco (*Simarouba amara*) y cañafístola (*Cassia moschata*).

ISBN: 978-958-740-743-3



Distribución gratuita
Prohibida su venta

