

Desarrollo dendrométrico y rasgos morfológicos de *Bulnesia arborea*, especie forestal nativa en peligro del bosque seco tropical Colombiano¹

Dendrometric development and morphological traits of *Bulnesia arborea*, in endangered native forest species of the Colombian tropical dry forest

B. G. Obando, S.L. Castañeda, M. Rivera, J.A. Arias y J. J. Zuluaga.

Recibido: octubre 10 de 2025 – Aceptado: noviembre 19 de 2025.

Resumen— *Bulnesia arborea* es una especie nativa del Caribe colombiano, actualmente clasificada como En Peligro. Aunque es característica de los bosques secos tropicales, se desconoce su comportamiento y variabilidad fenotípica. En el Centro de Investigación Motilonia de AGROSAVIA se evaluaron árboles de 6,5 años, registrando variables dendrométricas como altura total (6,57–7,31 m, promedio 6,94 m), diámetro a la altura del pecho (8,2–9,59 cm, promedio 8,93 cm), volumen del tronco e incrementos medios anuales de altura (1,067 m) y diámetro (1,37 cm). Además, se analizaron 33 descriptores morfológicos de árbol y hoja en 54 individuos, identificando variabilidad en 22 de ellos (13 cuantitativos y 9 cualitativos), lo que permitió agrupar los árboles en cinco conglomerados. Se identificaron individuos con potencial para uso maderable, sistemas silvopastoriles (como cercas vivas y

árboles dispersos en potreros), productos no maderables y como fuente de alimento para avifauna, lo que destaca su valor ecológico y productivo.

Palabras clave— anatomía de la planta, biodiversidad forestal, dendrometría, ecosistema de tierras secas, silvicultura.

Abstract— *Bulnesia arborea* is a species native to the Colombian Caribbean, currently classified as Endangered. Although it is characteristic of tropical dry forests, its behavior and phenotypic variability are unknown. At AGROSAVIA's Motilonia Research Center, 6.5-year-old trees were evaluated, recording dendrometric variables such as total height (6.57–7.31 m, average 6.94 m), diameter at breast height (8.2–9.59 cm, average 8.93 cm), trunk volume, and average annual increases in height (1.067 m) and diameter (1.37 cm). In addition, 33 morphological descriptors of trees and leaves were analyzed in 54 individuals, identifying variability in 22 of them (13 quantitative and 9 qualitative), which allowed the trees to be grouped into five clusters. Individuals were identified with potential for timber use, silvopastoral systems (such as living fences and scattered trees in pastures), non-timber products, and as a food source for birdlife, highlighting their ecological and productive value.

Keywords— plant morphology; forest biodiversity, forest mensuration, dryland ecosystems, silviculture.

¹Producto derivado del proyecto de investigación “Evaluación de especies arbustivas y arbóreas para uso múltiple en diferentes agroecosistemas de Colombia” ejecutado por Agrosavia y financiado con recursos públicos del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.

B.G. Obando, Agrosavia, Manizales-Caldas, Colombia, email: bobando@agrosavia.co.

S.L. Castañeda, Agrosavia, Villavicencio-Meta, Colombia, email: slcastaneda@agrosavia.co.

M. Rivera, Agrosavia, Codazzi Cesar, Colombia, email: mrivera@agrosavia.co

J.A. Arias, Codazzi-Cesar, Colombia, email: jarias@agrosavia.co.

J.J. Zuluaga, Agrosavia, Ibagué-Tolima, Colombia, email: jzuluaga@agrosavia.co.

Como citar este artículo: B G. Obando, S.L. Castañeda, M. Rivera, J.A. Arias y J. J. Zuluaga. Desarrollo dendrométrico y rasgos morfológicos de *Bulnesia arborea*, especie forestal nativa En Peligro del Bosque Seco Tropical colombiano, Entre Ciencia e Ingeniería, vol. 19, no. 38, pp. 9-15, julio-diciembre 2025. DOI:<https://doi.org/10.31908/19098367.3260>.



Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0)

I. INTRODUCCIÓN

EL bosque seco tropical es un ecosistema ubicado en altitudes bajas, generalmente desde el nivel del mar hasta los 1000 m s.n.m con temperaturas entre los 17° C y 35° C, precipitación entre 700 y 2000 mm, y tiene definidos uno o dos periodos de sequía al año [1]. Se encuentra principalmente en regiones cercanas al Ecuador, como América del Sur, el Congo en África Central y el sudeste asiático. Por su alta riqueza específica y endemismo, está compuesto por una gran diversidad biológica de especies vegetales, animales y hongos, entre otros [2], que en su mayoría son especies nativas adaptadas a condiciones de sequías prolongadas y a las dinámicas e interacciones de los componentes del ecosistema

[3]. La vegetación cuenta con rasgos morfológicos que le permite sobrevivir en este hábitat y regular los servicios ambientales producidos, como regulación del régimen hídrico, producción de oxígeno, madera, leña y conservación de flora y fauna [4].

Los bosques secos tropicales en Suramérica, incluyendo Colombia, enfrentan una serie de desafíos críticos. Estos ecosistemas, caracterizados por su clima estacionalmente seco, son altamente vulnerables a la deforestación y fragmentación del hábitat debido a la expansión agrícola y urbana [5]. Las especies vegetales en estos bosques están adaptadas al rigor climático, pero la pérdida de cobertura forestal, incendios y la degradación físico-química y biológica del suelo amenazan su supervivencia [6]. En Colombia, la situación es particularmente preocupante, ya que solo una pequeña fracción de los bosques secos originales permanecen sin disturbar [7]. Por lo tanto, conocer las características morfológicas y el desarrollo dendrométrico de las especies vegetales es esencial para conservar la diversidad biológica y los bienes y servicios ambientales [8].

En ese sentido, la caracterización morfológica y dendrométrica de especies forestales nativas es un proceso que implica una evaluación rigurosa de las características físicas de las plantas [9], como crecimiento en altura y diámetro [10], forma del árbol y las hojas [11], [12], estas características son esenciales para identificar y clasificar las especies, y evaluar la biodiversidad y salud del ecosistema [13]; además permite detectar variaciones dentro de una misma especie. En los bosques secos tropicales, donde hay largos periodos de sequía, esta caracterización es aún más importante, ya que permite identificar especies adaptadas a condiciones extremas y entender mejor sus adaptaciones, como la capacidad de almacenar o reducir la pérdida de agua, contribuyendo a la resiliencia de estos ecosistemas.

Referente a estas temáticas, entre los avances en especies perennes, se destaca la evaluación morfológica de órganos en *Cinchona officinalis* L. [14] y en *Cedrela odorata* L. [15], morfología foliar en especies del género *Iryanthera* [16] en especies forestales nativas del bosque alto andino [17], [18], junto a los aportes en el estudio de la variabilidad fenotípica en *Simarouba amara* Aubl., *Cassia moschata* Benth., *Mimosa trianae* Benth., *Cavanillesia platanifolia* (Bonpl.) Kunth, *Alnus acuminata* Kunth, *Pseudosamanea guachapele* (Kunth) y *Anacardium excelsum* Skeels [12], [19]–[22].

En el Bosque seco tropical (Bs-T) colombiano, se encuentra el “guayacán” (*Bulnesia arborea* (Jacq.) Engl.), una especie arbórea que según el Libro Rojo de Plantas de Colombia se encuentran en la categoría En Peligro (EN) [23]. Es nativa de los bosques secos tropicales y subtropicales de América del Sur, y particularmente en Colombia, Venezuela y el Caribe, es reconocida por su madera densa y dura, su resistencia a condiciones climáticas extremas y su importancia ecológica y económica. Los individuos de esta especie son esenciales para la salud y sostenibilidad del Bs-T, proporcionando recursos valiosos y servicios ecosistémicos que benefician tanto a la biodiversidad como a las comunidades humanas que dependen de ellos [1].

Debido a su alto valor socioambiental, esta especie se incluyó en la colección de especies arbóreas multipropósito del Centro de investigación (CI) Motilonia de la Corporación

colombiana de investigación agropecuaria (AGROSAVIA), con el propósito de evaluar su adaptación, dendrometría y los rasgos morfológicos, a partir de la cual se obtuvieron datos valiosos para la gestión y conservación, así como para su uso sostenible en diversos agroecosistemas del país.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Área de estudio.

El estudio se realizó en el CI Motilonia de AGROSAVIA, localizado en el municipio de Agustín Codazzi, Cesar, Colombia, en las coordenadas 10°0'8.05" N y 73°14'50.76" W se encuentra a una altitud de 106 m s.n.m y está ubicado en la zona de vida Bosque Seco Tropical (bs-T) [24]. Presenta las características climáticas (Periodo 1980-2024): temperatura media de 29 °C, con una máxima de 34 °C y una mínima de 24 °C. Además, cuenta con 6,9 horas de brillo solar al día, una humedad relativa del 69,7% y una media en precipitación anual de 1593 mm [24]. La distribución de la precipitación es bimodal, con mayores registros en los meses de mayo y octubre.

B. Especie vegetal.

Bulnesia arborea es una especie forestal nativa del Bs-T parte de las colecciones vegetales pertenecientes a AGROSAVIA, establecida en dos hectáreas con densidad de 816 individuos ha⁻¹; y distancia de siembra de 3,5 m entre plantas y 3,5 m entre surcos.

C. Dendrometría y volumen de la especie

En la dendrometría de la especie vegetal se estudió altura total (HT), y diámetro a la altura del pecho (DAP). Los datos de HT se registraron en metros y se tomaron con el hipsómetro Haglòf Vertex 1.6. El DAP se determinó en cm con cinta diamétrica Forestry Engineering a 1,30 m del suelo [10], [18]. El volumen del tronco se determinó por medio de la ecuación (Ec). 1:

$$V: G \times HT \times Ff \quad \text{Ec. 1}$$

Donde:

V: volumen del tronco en metros cúbicos,

G: área basal calculada como $G = \pi/4 \times (DAP/100)^2$,

HT: altura total del árbol en metros,

Ff=: factor de forma. Se empleó 0,6 propuesto para la especie por Arenas-Rubio [25].

D. Incremento medio anual.

Respecto a esta variable como indicador del crecimiento en términos de diámetro y altura de los árboles de *B. arborea*, se calculó por medio de la relación del valor promedio de la última medición realizada en los individuos de las variables DAP y HT en la parcela; cada uno estos valores se dividieron por la edad en años a partir del tiempo de establecimiento (Ec 2). El resultado expresó la media del crecimiento total a determinada edad, e indica la medida anual del crecimiento [9], [10], [17], [18].

$$IMA = \frac{Y_t}{t_0}$$

Ec. 2

IMA= incremento medio anual.

Yt= valor de la variable considerada (DB, H) a determinada edad en años.

t0= edad en años a partir del tiempo cero.

E. Evaluación morfológica

La evaluación morfológica se realizó en 54 individuos de *B. arborea*, por medio de 33 descriptores de árbol, de los cuales 13 correspondían a características cuantitativas y 20 a cualitativas. Para la evaluación en campo se empleó cinta métrica, hipsómetro láser Vertex, flexómetro, pie de rey digital y tabla de tejidos de Munsell. Los descriptores foliares se evaluaron en hojas maduras, completas y en buen estado fitosanitario; en cada árbol se recolectaron dos hojas compuestas y se evaluaron cinco folíolos por hoja [11], [20].

Los descriptores de árbol fueron: altura total, longitud de la copa (N-S), longitud de la copa (E-W), diámetro a la altura del pecho, volumen del tronco, diámetro de copa, forma del árbol, hábito de crecimiento del árbol, forma del fuste, rectitud del fuste, ramificación del árbol, altura de ramificación, altura de bifurcación, dominancia en el eje principal, ángulo de inserción de las ramas, forma de la copa en el perfil vertical, forma de la copa en el perfil horizontal, densidad de la copa, tipo de corteza y color del tronco. Y los descriptores foliares fueron: número de folíolos por hoja, longitud del peciolo principal, del peciólulo y del raquis, grosor del peciólulo, longitud y ancho del folíolo, borde, ápice y base del folíolo, color de las hojas maduras en el haz y en el envés (Fig. 1) [11], [17], [19], [20]

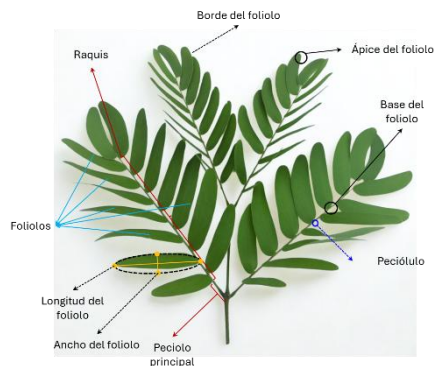


Fig. 1. Descriptores morfológicos de hoja evaluados en árboles de *B. arborea*.

F. Análisis estadístico

En el análisis de la información dendrométrica se usó estadística descriptiva. Para el análisis estadístico de los descriptores morfológicos, con el software SAS Enterprise Guide (V. 8.3) se realizó el estudio de frecuencias para las variables cualitativas, seguido de un análisis de correspondencia múltiple (ACM) por medio del procedimiento CORRESP. Además, las variables cuantitativas se procesaron a través de un análisis de componentes principales (ACP) ejecutado con el procedimiento PRINCOMP. Posteriormente, a partir de las dimensiones seleccionadas en el ACM y el ACP, se ejecutó un análisis de conglomerados (AC) para

clasificar a los árboles en grupos homogéneos por medio del procedimiento CLÚSTER y el algoritmo de Ward. Y se generaron estadísticas básicas para cada uno de los grupos conformados [11], [17], [19], [20].

III. RESULTADOS

A. Dendrometría, volumen e Incremento Medio Anual

Los árboles presentaron una HT promedio de 6,94 m, con un rango que va desde 6,57 m hasta 7,31 m. El DAP presentó un promedio de 8,93 cm, con un mínimo de 8,27 cm y un máximo de 9,59 cm. En cuanto al volumen del tronco, el promedio fue de 0,03 m³, con un mínimo de 0,02 m³ y un máximo de 0,03 m³. Además, el incremento medio anual en altura (IMAH) fue de 1,067 m, mientras que el incremento medio anual en diámetro (IMAD) fue de 1,37 cm.

B. Evaluación Morfológica

En la plantación de *B. arborea* (6,5 años) del Centro de Investigación Motilonia, establecida a partir de material procedente de campo, se observaron árboles con altura total promedio de 6,94 m y DAP promedio de 8,93 cm (Tabla I). El análisis de frecuencias de los descriptores cualitativos reveló que los árboles son predominantemente de forma elipsoide (62,97%), con hábito de crecimiento erecto (61,11%), fuste cilíndrico (100%) y con algunas curvaturas en más de un plano (51,85%). Se ramifican en la parte inferior del árbol (70,37%) y de forma acodillada (90,74%), se bifurcan en el tercio inferior (83,33%) y presentan dominancia completa sobre las ramas laterales (87,04%). El ángulo de inserción de las ramas oscila entre 31° y 60° (100%), la copa es globosa en el perfil vertical (85,19%) y circular irregular en el perfil horizontal (100%), la copa es de densidad intermedia (96,30%), la corteza es surcada vertical (57,41%) y de tonalidades amarillas (2.5Y5/2) (100%). Folíolos oblongos (100%), borde entero (100%), ápice y base obtusa (91,67% y 099,63% respectivamente), con coloración verde en haz y envés (5GY- 92,59% y 7.5GY8/2 - 94,07% respectivamente).

TABLA I
VALOR MEDIO E INTERVALO DE CONFIANZA (95%) DE LOS DESCRIPTORES CUANTITATIVOS EVALUADOS EN 54 INDIVIDUOS DE *B. ARBOREA*.

Descriptor	Media	LIC	LSC
Altura total (m)	6,94	6,57	7,31
Longitud de la copa N-S (m)	3,70	3,43	3,97
Longitud de la copa E-W (m)	3,85	3,55	4,15
Diámetro a la altura del pecho (cm)	8,93	8,27	9,59
Volumen del tronco (m³)	0,03	0,02	0,03
Diámetro de copa (m)	3,77	3,50	4,05
Número de folíolos por hoja	16,00	15,00	16,00
Longitud del raquis (mm)	59,20	56,51	61,89
Longitud del peciolo principal (mm)	7,66	7,24	8,07
Longitud del peciólulo (mm)	0,69	0,64	0,74
Grosor del peciólulo (mm)	0,93	0,87	0,99
Longitud del folíolo (cm)	29,24	27,90	30,59
Ancho del folíolo (cm)	8,11	7,71	8,51

LIC (límite inferior del intervalo de confianza) y LSC (límite superior del intervalo de confianza). Fuente: Elaboración propia.

TABLA II
 CATEGORÍAS PREDOMINANTES EN DESCRIPTORES CUALITATIVOS EVALUADOS
 EN LA PLANTACIÓN DE *B. ARBOREA*.

DESCRIPTOR	CATEGORÍA Y PORCENTAJE
FORMA DEL ÁRBOL	ELIPSOIDE (62,97%)
HÁBITO DE CRECIMIENTO DEL ÁRBOL	ERECTO (61,11%)
FORMA DEL FUSTE	CILÍNDRICO (100%)
RECTITUD DEL FUSTE	ALGUNAS CURVATURAS EN MÁS DE UN PLANO (51,85%)
RAMIFICACIÓN DEL ÁRBOL	ACODILLADA (90,74%)
ALTURA DE RAMIFICACIÓN	EN EL TERCIO INFERIOR (70,37%)
ALTURA DE BIFURCACIÓN	BIFURCADO EN EL TERCIO INFERIOR (83,33%)
DOMINANCIA EN EL EJE PRINCIPAL	DOMINANCIA COMPLETA SOBRE LAS RAMAS LATERALES (87,04%)
ÁNGULO DE INSERCIÓN DE LAS RAMAS	≥ 31° Y 60° (100%)
FORMA DE LA COPA EN EL PERFIL VERTICAL	GLOBOSA (85,19%)
FORMA DE LA COPA EN EL PERFIL HORIZONTAL	CIRCULAR IRREGULAR (100%)
DENSIDAD DE LA COPA	INTERMEDIA (96,30%)
TIPO DE CORTEZA	SURCADA VERTICAL (57,41%)
COLOR DEL TRONCO	2.5Y5/2 (100%)
FORMA DE LA HOJA	OBLONGA (100%)
BORDE DE LA HOJA	ENTERO (100%)
ÁPICE DE LA HOJA	OBTUSO (91,67%)
BASE DE LA HOJA	OBTUSA (99,36%)
COLOR DE LAS HOJAS MADURAS EN EL HAZ	5GY (92,59%)
COLOR DE LAS HOJAS MADURAS EN EL ENVÉS	7.5GY8/2 (94,07%)

El porcentaje corresponde a los resultados del análisis de frecuencias.

Resultado del ACM en *B. arborea* se seleccionaron las primeras cuatro dimensiones, al acumular el 85,36% de la variabilidad de los descriptores cualitativos. A partir de la matriz de correlaciones del ACP, se seleccionaron los primeros cinco componentes principales, al acumular el 92% de la variabilidad de los descriptores cuantitativos. Con base en las dimensiones y los componentes seleccionados, se conformó un grupo de datos y se realizó el AC que arrojó cinco conglomerados, reteniendo el 99,83% de la variabilidad contenida en los descriptores (Fig. 2). En *B. arborea* los descriptores de mayor aporte en la diferenciación de los árboles fueron: grosor del peciólulo, longitud del raquis, volumen del tronco, número de hojas por foliolo y longitud del peciolo principal.

IV. DISCUSIÓN

Los datos proporcionados para HT de 6,94 m, con un rango entre 6,57 m y 7,31 m y DAP con un promedio de 8,93 cm, con un mínimo de 8,27 cm y un máximo de 9,59 cm indican que los árboles evaluados presentaron una variabilidad moderada, lo cual puede estar relacionado con factores como la competencia intraespecífica, la disponibilidad de recursos (luz, agua y nutrientes), condiciones edáficas del sitio [26], variabilidad genética y plasticidad fenotípica, cualidades deseadas debido a la capacidad de adaptación a condiciones climáticas cambiantes [27]. Según Pretzsch [28], la variabilidad en la altura de los árboles dentro de una

plantación es un indicador de la heterogeneidad ambiental y de la dinámica de crecimiento de las especies.

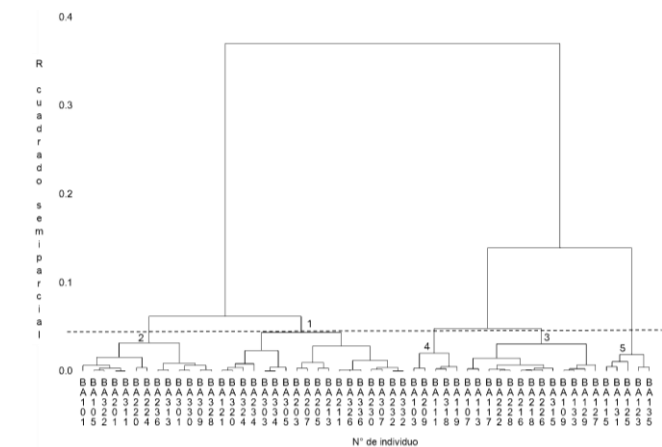


Fig. 2. Dendrograma correspondiente al ACP (algoritmo Ward) de la plantación (6,5 años) de 54 individuos de *B. arborea*, a partir de 21 descriptores cuantitativos y cualitativos del árbol.

Estudios realizados en Colombia y Venezuela indican que esta especie en su etapa madura puede alcanzar alturas de 10 a 15 m [29]. *B. arborea*, en términos de crecimiento, en un estudio de Arenas-Rubio [25] a los cuatro años, alcanzó un DAP de 9,4 cm, un incremento IMAD de 2,30 cm y una HT de 4,93 m con IMAH de 1,20, en línea con lo observado en la plantación de Motilonia, donde el IMAH fue de 1,067 m, mientras que el IMAD fue de 1,37 cm. Estos valores son relativamente altos en comparación con estudios similares en bosques tropicales secos. Por ejemplo, Poorter et al. [30] reportan que, en bosques secundarios tropicales, el IMAH suele oscilar entre 0,5 y 1,0 m, y el IMAD entre 0,5 y 1,0 cm. Los valores observados en esta investigación podrían indicar que las condiciones del sitio son favorables para la plantación.

Sin embargo, es importante considerar que el crecimiento acelerado en altura y diámetro puede estar asociado con una estrategia de las especies para competir por la luz en etapas tempranas de sucesión, como lo señala Clark y Clark [31]. Además, el IMAD es un parámetro clave para estimar la productividad forestal y la capacidad de los árboles para almacenar carbono. Según Chazdon et al. [32], los bosques tropicales en regeneración pueden tener tasas de crecimiento elevadas durante los primeros años, lo que contribuye significativamente a la captura de carbono y a la recuperación de los servicios ecosistémicos.

Los resultados sugieren que los árboles de *B. arborea* evaluados se encuentran en una fase de crecimiento activo, lo que representa una oportunidad para implementar estrategias de manejo forestal sostenible. En la restauración de bosques tropicales secos se debe priorizar especies nativas con altas tasas de crecimiento y adaptabilidad, como se evidenció por ejemplo con *B. arborea*. Según Allen et al. [33], los bosques tropicales secos son particularmente vulnerables al cambio climático, lo que podría afectar negativamente su crecimiento y supervivencia. Por lo tanto, la implementación de prácticas de manejo adaptativo es esencial para garantizar la resiliencia de estos ecosistemas.

Por otra parte, con relación a las características morfológicas de la especie, Chudnoff [34] describe al

guayacán de bola (*B. arborea*) como árbol de tronco delgado, recto y de buena forma, sin ramas hasta los 4,5-6 m, y la Universidad EIA [35] menciona que la especie presenta copa de amplitud media (7-14 m), densidad de follaje alta, hojas caducifolias y foliolos alternos, glabros y sésiles. La plantación de *B. arborea* evaluada en el C.I. Motilonia, se caracterizó en su etapa juvenil por estar compuesta de árboles de fuste delgado (DAP: 8,93 cm), cilíndrico y con algunas curvaturas en más de un plano, con bifurcación y ramificación en el tercio inferior, y copa de densidad intermedia (Tabla I y Tabla II).

En la plantación de *B. arborea* del C.I. Motilonia, establecida sin distinción de progenie y procedencia, la evaluación fenotípica de 54 individuos reveló la conformación de grupos con características particulares (Fig. 1). Al grupo 1 (18 individuos, 33,33%), lo conformaron individuos de altura total (6,26 a 8,25 m) y diámetro de copa intermedia (3,16 a 4,35 m), DAP (10,64 a 14,83 cm) y volumen de tronco mayor (0,054 a 0,083 m³), menor número de foliolos (12 a 16) y tamaño de hojas intermedio; árboles con fustes con algunas curvaturas en más de un plano, bifurcados en el tercio inferior y con corteza surcada vertical, agrietada o escamosa. Rasgos como mayor DAP y volumen de tronco, les proporcionan potencial de uso maderable, considerando que la especie es empleada con ese fin [36] y la mayor proporción de biomasa aérea se observa en el fuste [13].

En el grupo 2 (13 individuos, 24,07%) predominaron individuos de altura total intermedia (6,26 a 8,25 m), DAP intermedio (7,84 a 10,63 cm), menor volumen de tronco (0,003 a 0,033 m³), mayor diámetro de copa (4,36 a 6,15 m), menor número de foliolos (12 a 16), mayor longitud de peciolo principal (8,43 a 11,72 mm) y de hoja (31,58 a 42,03 cm); árboles con fustes ligeramente torcidos, ramificados o bifurcados en el tercio inferior, con dominancia completa sobre las ramas laterales. En este caso, el porte intermedio y la mayor densidad de copa les otorgan potencial de uso en sistemas silvopastoriles como cercas vivas, estableciéndose a una distancia mínima de siembra de 6 m [29].

En contraste con el grupo 3 (13 individuos, 24,07%), conformado predominantemente por individuos con altura total intermedia (3,25 a 8,25 m) y DAP menor (7,84 a 14,83 cm), menor volumen de tronco (0,003 a 0,033 m³), diámetro de copa intermedio (3,16 a 4,35 m), número de foliolos y tamaño de hojas intermedios; árboles de forma semicircular, hábito de crecimiento extendido, fuste ligeramente torcido, ramificados o bifurcados en el tercio inferior, corteza surcada vertical. En este conglomerado, rasgos como porte intermedio, forma del árbol, hábito de crecimiento y altura de ramificación y bifurcación, les confieren potencial de uso en sistemas silvopastoriles como árboles dispersos en potreros, a una distancia mínima de siembra de 8 m [29].

Además, en el grupo 4 (5 individuos, 9,26%) predominaron individuos con menor altura total (3,25 a 6,25 m), DAP (3,63 a 7,83 cm), volumen de tronco (0,003 a 0,033 m³) y diámetro de copa (1,35 a 3,15 m), y número de foliolos intermedio (17 a 18); árboles exclusivamente de forma elipsoide, hábito de crecimiento erecto, bifurcación en el tercio inferior y predominantes en corteza surcada vertical. Y en el grupo 5 (5 individuos, 9,26%), se observaron individuos con menor altura total (3,25 a 6,25 m), DAP (3,63 a 7,83), volumen de tronco

(0,003 a 0,033 m³) y diámetro de copa (1,35 a 3,15 m), menor número de foliolos y tamaño de hojas (12 a 16, longitud de raquis de 29,84 a 52,04 mm, longitud del peciolo principal de 2,92 a 6,22 mm, longitud del peciólulo de 0,13 a 0,58 mm, grosor del peciólulo de 0,09 a 0,69 mm, longitud del foliolo de 14,07 a 24,57 cm y ancho del foliolo de 3,64 a 6,94 cm); árboles exclusivamente bifurcados en el tercio inferior, con dominancia completa sobre las ramas laterales, copa de forma globosa en el perfil vertical y corteza surcada vertical. Los árboles de *B. arborea* de menor porte se observaron en los grupos 4 y 5, no obstante, sus características le otorgan potencial de uso para obtención de otros productos y alimento de avifauna, considerando que este recurso forestal es utilizado por las comunidades en el Caribe [29] y es una especie de importancia ecológica del Bs-T.

B. arborea se ha utilizado en sistemas silvopastoriles en el Sur del Atlántico (Caribe Colombiano), integrando el estrato arbóreo en zonas perimetrales del arreglo junto con especies como *Tabebuia rosea* y *Pachira quinata* [37] también se ha identificado que tiene potencial de uso en sistemas silvopastoriles en el departamento de Magdalena-Colombia [38] y que la sombra promedio en condiciones agroecológicas del C.I. Motilonia es del 69% [13] aunque *B. arborea* es una especie “En peligro – EN y objeto de conservación a nivel local en el Caribe Colombiano [36] la información sobre sus características es escasa, por lo tanto, la caracterización de este recurso forestal permite comprender mejor el potencial de uso de la especie. Sin embargo, es de utilidad complementar con el análisis de composición nutricional del forraje y producción de biomasa en bancos forrajeros.

V. CONCLUSIONES

Los valores observados en la plantación juvenil de *B. arborea* en términos de altura total, el diámetro a la altura del pecho, el incremento medio anual en diámetro y en altura, son relativamente altos en comparación con otros estudios en bosques tropicales secos. Esto puede ser un indicador que las condiciones del sitio de establecimiento son favorables para el crecimiento de la especie, con una buena disponibilidad de recursos para su desarrollo y bajos niveles de estrés hídrico.

En la plantación juvenil de *B. arborea* del C.I. Motilonia, los árboles del grupo uno son candidatos para producción de madera y biomasa, debido al mayor DAP y volumen del tronco. Los conglomerados dos y tres incluyen árboles con posibilidad de uso en sistemas silvopastoriles, otorgado por el porte y el tamaño de la copa. Y en los grupos cuatro y cinco, los árboles tienen potencial de uso para obtención de otros productos y alimento de avifauna, debido a la menor altura total, tamaño de copa y rasgos variables en características cualitativas.

AGRADECIMIENTOS

Este artículo se basa en las investigaciones realizadas en el proyecto “Evaluación de especies arbustivas y arbóreas para uso múltiple en diversos agroecosistemas de Colombia” llevado a cabo por la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA inserto en la Agenda Dinámica Corporativa, con financiamiento público proporcionado por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo

Rural de Colombia. A Jorge Humberto Argüelles-Cárdenas por su colaboración en la evaluación estadística de las variables morfológicas.

REFERENCIAS

- [1] A. F. Polo-Álvarez, "Estudio etnobotánico y reconocimiento de las especies vegetales endémicas del departamento de Bolívar, Colombia," *Univ. Córdoba*, 2019, [Online]. Available: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/60956541/Estudio_etnobotanico_y_reconocimiento_de_las_especies_vegetales_endemicas_del_departamento_de_Bolivar20191019-130969-x2qdtv-libre.pdf?1571550315=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DEstudio_etno
- [2] S. Uribe-soto and M. Gonzalez-, "Inventarios de mariposas (lepidoptera : papilionoidea) de bosque seco tropical en Colombia y costa rica: metodologías , perspectivas e información derivada," *Rev. la Fac. Ciencias Univ. Nac. Colomb.*, vol. 13, no. 2, pp. 90–116, 2024, doi: 10.15446/rev.fac.cienc.v13n2.111362 INVENTARIOS.
- [3] Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible, "Bosque Seco Tropical," Jan. 14, 2025. <https://www.minambiente.gov.co/direccion-de-bosques-biodiversidad-y-servicios-ecosistemas/bosque-seco-tropical/> (accessed Jan. 13, 2025).
- [4] L. M. Cárdenas-Camacho, S. Díaz, W. Gómez-Anaya, J. E. Rojas-Rojas, and R. López-Camacho, "Participatory analysis of ecosystem services in a protected area of the tropical dry forest (TDF), Colombia," *Colomb. For.*, vol. 24, no. 1, pp. 123–156, 2021, doi: 10.14483/2256201X.16548.
- [5] M. E. M. Fuentes, C. A. D. Enriquez, and C. Duarte, "Destrucción del Bosque Seco Tropical en el Valle Geográfico del Río Cauca," *Hist. Ambient. Latinoam. y Caribena*, vol. 12, no. 3, pp. 287–324, 2022, doi: 10.32991/2237-2717.2022v12i3.p287-324.
- [6] J. L. Contreras-Santos, J. Martínez-Atencia, J. L. Rodríguez-Vitola, W. Barragán-Hernandez, J. Garrido-Pineda, and C. K. Falla-Guzman, "Índice de Calidad del Suelo Bajo Sistemas Agropecuarios en el Bosque Seco Tropical-Colombia," *Rev. Terra Latinoam.*, vol. 41, pp. 1–18, 2023, doi: 10.28940/terra.v41i0.1694.
- [7] N. D. Rendón-Hurtado, C. V. Isaza-Narváez, and S. Rodríguez-Buritica, "Automatic Identification of Transformation in the Colombian Tropical Dry Forest Using GMM and UBM-GMM," *Rev. Fac. Ing.*, vol. 29, no. 54, p. e11752, 2020, [Online]. Available: <https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ingenieria/article/view/11752>
- [8] B. G. Obando-Enriquez, P. P. Bacca-Acosta, and E. Castro-Rincón, "Disponibilidad de Pago por Servicios Ambientales en Sistemas Silvopastoriles Lecheros de la Región Alto Andina Colombiana," *Rev. Invest. Altoandinas*, vol. 27, pp. 1–9, 2025, doi: 10.18271/ria.2025.692.
- [9] B. G. Obando-Enriquez, P. P. Bacca-Acosta, J. L. Lerma-Lasso, S. L. Castañeda-Garzón, and J. J. Zuluaga-Peláez, "Caracterización morfológica y dasométrica de Morella pubescens en el subpáramo del Santuario de Flora y Fauna del Volcán Galeras," *Entre Cienc. e Ing.*, vol. 19, no. 37, pp. 49–55, 2025, doi: 10.31908/19098367.3164.
- [10] P. P. Bacca-Acosta, B. G. Obando-Enriquez, J. L. Lerma-Lasso, M. C. Ortega-Cepeda, R. M. Palacio, and J. J. Zuluaga-Peláez, "Allometric model for height estimation of Alnus acuminata Kunth in agroecological zones of the high Andean tropics," *Rev. Ciencias Agrícolas*, vol. 40, no. 2, pp. 1–13, 2023, doi: 10.22267/rcia.20234002.209.
- [11] S. L. Castañeda Garzón, J. Moreno Barragán, J. H. Argüelles Cárdenas, H. Camargo Tamayo, and J. J. Zuluaga Peláez, "Caracterización morfológica y dasométrica de Mimosa trianae y Cassia moschata de la colección de AGROSAVIA," *Temas Agrar.*, vol. 26, no. 1, pp. 46–57, 2021, doi: 10.21897/ta.v26i1.2553.
- [12] S. L. Castañeda-Garzón, D. C. Cervera Bonilla, J. J. Zuluaga-Peláez, and J. H. Argüelles-Cárdenas, "Rasgos morfológicos de árboles de Pseudosamanea guachapele (Kunth) Harms en el municipio El Espinal , Tolima, Colombia," *Cienc. y Tecnol. Agropecu.*, vol. 25, no. 3, p. 14, 2024, doi: 10.21930/rcta.vol25_num3_art:3622.
- [13] J. J. Zuluaga Peláez et al., *Especies arbóreas con potencial de uso forestal y agroforestal en Tolima, Cesar y Meta*. Mosquera, 2024. [Online]. Available: <https://editorial.agrosavia.co/index.php/publicaciones/catalog/view/404/475/2330-1>
- [14] V. Eras, J. Moreno, Correa. Gabriela, and M. Yaguana, "Caracterización morfológica de los órganos vegetativos y reproductivos de Cinchona officinalis L. (Rubiaceae) en la provincia de Loja (Ecuador)," *Cedamaz*, vol. 11, no. 1, pp. 13–21, 2021, [Online]. Available: <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/cedamaz/article/view/1033/779>
- [15] S. Olvera Moreno, J. López Upton, V. Sánchez Monsalvo, and M. Jiménez Casas, "Repeatability of useful characteristics as morphological descriptors in Cedrela odorata L. clones," *Rev. Mex. Ciencias For.*, vol. 13, no. 69, pp. 4–32, 2022, doi: 10.29298/rmcf.v13i69.938.
- [16] R. Zárate-Gómez, C. A. Reynel Rodríguez, J. J. Palacios Vega, M. Ríos Paredes, M. A. Perez Romero, and J. L. Cerón Villanueva, "Guía para la identificación de las especies de cumala colorada (Iryanthera Warb., Myristicaceae) de la Amazonia peruana," *Cienc. Amaz.*, vol. 7, no. 1, pp. 1–19, 2020, doi: 10.22386/ca.v7i1.261.
- [17] B. G. Obando-Enriquez, P. P. Bacca-acosta, J. L. Lerma-Lasso, S. L. Castañeda-Garzón, D. E. Álvarez-Sánchez, and J. J. Zuluaga-Peláez, "Tipificación de Alnus acuminata (Kunth) en un ecosistema de montaña de la región alto andina colombiana," *Rev. Investig. - J. High Andean Res.*, vol. 26, no. 4, pp. 165–174, 2024, doi: 10.18271/ria.2024.629.
- [18] B. G. Obando-Enriquez, E. Castro-Rincón, and S. L. Castañeda-Garzón, "Caracterización de Alnus acuminata (Kunth) en un arreglo silvopastoril, en la región altoandina colombiana," *Rev. Investig. Altoandinas - J. High Andean Res.*, vol. 25, no. 3, pp. 129–139, 2023, doi: 10.18271/ria.2023.505.
- [19] S. L. Castañeda-Garzón, I. Arenas-Rubio, J. H. Argüelles-Cárdenas, Y. D. Montero-Cantillo, I. A. Gutiérrez-Berdugo, and J. J. Zuluaga-Peláez, "Characterization of a Cavanillesia platanifolia young plantation in the Colombian Banana Zone," *Madera y Bosques*, vol. 29, no. 2, pp. 1–13, 2023, doi: 10.21829/myb.2023.2922495.
- [20] S. L. Castañeda-Garzón, J. H. Argüelles-Cárdenas, J. J. Zuluaga-Peláez, and J. Moreno-Barragán, "Evaluación de la variabilidad fenotípica en Simarouba amara Aubl., mediante descriptores cualitativos y cuantitativos," *Orinoquia*, vol. 25, no. 1, pp. 67–77, 2021, doi: 10.22579/20112629.656.
- [21] P. P. Bacca Acosta, D. L. Burbano Martínez, S. D. Córdoba Portilla, D. L. López Salcedo, and D. A. Muñoz Guerrero, "Rasgos morfológicos de especies nativas potenciales para procesos agroecológicos Alto Andinos, Nariño, Colombia," *Rev. Investig. Altoandinas - J. High Andean Res.*, vol. 24, no. 2, pp. 101–110, 2022, doi: 10.18271/ria.2022.387.
- [22] S. L. Castañeda-Garzón, D. C. Cervera Bonilla, J. J. Zuluaga-Peláez, J. H. Argüelles-Cárdenas, and J. Moreno-Barragán, "Variabilidad fenotípica de la plantación de Anacardium excelsum en El Espinal, departamento del Tolima, Colombia," *Cultiv. Trop.*, vol. 46, no. 1 SE-Artículo Original, p. <https://cu-id.com/2050/v46n1e10>, Jan. 2025, [Online]. Available: <https://ediciones.inca.edu.co/index.php/ediciones/article/view/1845>
- [23] J. Betancur and N. García, *Libro rojo de plantas de Colombia*. Bogotá, 2007. [Online]. Available: <http://hdl.handle.net/20.500.12324/18735>
- [24] L. R. Holdridge, *Ecología basadas en zonas de vida*. San José, 1978. [Online]. Available: <http://repositorio.iica.int/handle/11324/7936>
- [25] I. Arenas-Rubio, "Evaluación de especies perennes para uso potencial en sistemas agroforestales en el Caribe colombiano," Centro Agronómico Tropical De Investigación Y Enseñanza, 2019. [Online]. Available: https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/9113/Evaluacion_de_especies_perennes.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [26] L. Xie, F. R. A. Widagdo, L. Dong, and F. Li, "Modeling height-diameter relationships for mixed-species plantations of Fraxinus mandshurica rupr. and Larix olgensis henry in Northeastern China," *Forests*, vol. 11, no. 6, 2020, doi: 10.3390/F11060610.
- [27] P. Zeltinš, A. Kangur, J. Katrevičs, and Ā. Jansons, "Genetic Parameters of Diameter Growth Dynamics in Norway Spruce Clones," *Forests*, vol. 13, no. 5, pp. 1–15, 2022, doi: 10.3390/f13050679.
- [28] H. Pretzsch, "Forest dynamics, growth, and yield: From Measurement to Model–Springer Berlin Heidelberg," 2009.
- [29] R. López, C. Sarmiento, L. Espitia, A. Barreno, C. Consuegra, and B. Castillo, *100 Plantas del Caribe colombiano*. 2016. [Online]. Available: <https://editorial.agrosavia.co/index.php/publicaciones/catalog/view/404/475/2330-1>
- [30] L. Poorter et al., "Biomass resilience of Neotropical secondary forests," *Nature*, vol. 530, no. 7589, pp. 211–214, 2016, doi: 10.1038/nature16512.
- [31] D. A. Clark and D. B. Clark, "Life history diversity of canopy and emergent trees in a neotropical rain forest," *Ecol. Monogr.*, vol. 62, no. 3, pp. 315–344, 1992, doi: 10.2307/2937114.
- [32] R. L. Chazdon et al., "Carbon sequestration potential of second-growth forest regeneration in the Latin American tropics," *Sci. Adv.*, vol. 2, no. 5, p. e1501639, 2016, doi: 10.1126/sciadv.1501639.
- [33] C. D. Allen et al., "A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests," *For. Ecol. Manage.*, vol. 259, no. 4, pp. 660–684, 2010, doi:

<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.09.001>.

- [34] M. Chudnofi, *Tropical timbers of the world*, no. 607. Madison: US Department of Agriculture, Forest Service, 1984. [Online]. Available: <https://apps.dtic.mil/sti/tr/pdf/ADA086073.pdf>
- [35] Universidad EIA, "Guayacán de bola (Bulnesia arborea)," 2014. <https://catalogofloravalleaburra.eia.edu.co/species/160> (accessed Mar. 17, 2025).
- [36] L. M. Mesa-S, M. Santamaría, Y. García H, and J. Aguilar-Cano, *Catálogo de Biodiversidad para la Región Caribe*, 3rd ed. Bogotá, 2016. [Online]. Available: https://observatorio.epacartagena.gov.co/ftp-uploads/pub-Vol3-Caribe_baja.pdf
- [37] D. Portilla, W. Barragan, C. Carvajal, Y. Cajas, and S. Rivero, *Establecimiento de sistemas silvopastoriles para la región Caribe*. 2015. doi: 10.21930/978-958-740-196-7.
- [38] S. E. Aguirre-Forero, N. V. Piraneque-Gambasica, and C. F. Abaunza-Suárez, "Especies con potencial para sistemas agroforestales en el Departamento del Magdalena, Colombia," *Inf. tecnológica*, vol. 32, no. 5, pp. 13–28, 2021, doi: 10.4067/s0718-07642021000500013.



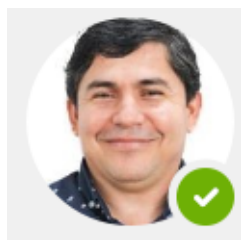
Bayron Giovanni Obando-Enriquez. Ingeniero Agroforestal y Magister en Agroforestería Tropical de la Universidad de Nariño, vinculado a la red de Cultivos Permanentes de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA, en su sede Eje Cafetero en Manizales, Caldas. Con experiencia profesional en el desarrollo de sistemas agroforestales y silvopastoriles sostenibles, así como en el manejo

de especies forestales nativas en contextos tropicales. Su trabajo se enfoca en la evaluación y mitigación de los impactos del cambio climático en sistemas agropecuarios, la implementación de prácticas agrícolas que promueven la conservación de los recursos naturales y el fortalecimiento de la biodiversidad en sistemas de producción sostenible. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7669-442X>.



Sandra Liliana Castañeda Garzón. Ingeniera Forestal de la Universidad Distrital, especialista en producción, transformación y comercialización de la madera de la Universidad del Tolima, y Magister en Ciencias Agrarias con énfasis en Genética y Fitomejoramiento de la Universidad Nacional de Colombia, vinculada a la red de Cultivos Permanentes de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA, en el centro de investigación La Libertad, ubicado en

Villavicencio, Meta. Con experiencia profesional en reproducción vegetal tradicional e in vitro, conservación ex situ de ecosistemas altoandinos y de páramo, tecnología de maderas, mejoramiento genético de especies perennes y caracterización morfológica y molecular. Su trabajo se enfoca en la propagación vegetal, fuentes semilleras, conservación de semillas, sanidad vegetal, bioprospección y fisiología vegetal, dentro del área temática de material de siembra, recursos fitogenéticos y mejoramiento genético. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1329-6317>.



Milton Rivera Rojas. Ingeniero Forestal de la Universidad del Tolima y Magister en Manejo y Conservación de Bosques Tropicales y Biodiversidad del CATIE, vinculado a la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA, en la red de Cultivos Permanentes del Centro de Investigación Motilonia. Con experiencia profesional centrada en la silvicultura de especies forestales nativas, el desarrollo de

sistemas agroforestales y silvopastoriles sostenibles, y la valoración de servicios ecosistémicos en paisajes agrícolas y ganaderos. Su trabajo incluye

procesos de adaptación y mitigación de los efectos del cambio climático en sistemas agropecuarios, la implementación de prácticas agrícolas que promueven la conservación de los recursos naturales, y el fortalecimiento de la biodiversidad en contextos productivos rurales. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4547-2100>.



Jaime Andrés Arias Rojas. Ingeniero Forestal de la Universidad del Tolima, adscrito a la red de Cultivos Permanentes de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA, en el Centro de Investigación Motilonia, ubicado en Agustín Codazzi, Cesar. Con experiencia en proyectos de investigación relacionados con la propagación, desarrollo y supervivencia de especies arbóreas nativas, el comportamiento y la silvicultura de plantaciones forestales, los servicios ecosistémicos y ambientales, los sistemas agroforestales y la agroclimatología. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1744-4997>.



Jhon Jairo Zuluaga Peláez. Ingeniero Forestal de la Universidad del Tolima, Magister en Agroforestería Tropical del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza – CATIE, y Doctor en Ingeniería Forestal de la Universidad Federal de Santa Maria – UFSM. Vinculado a la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA, en el Centro de Investigación Nataima, ubicado en Nataima Tolima. Adscrito a la red de Cultivos Permanentes.

Con experiencia profesional en silvicultura, agroforestería, ordenación de bosques, restauración ecológica, servicios ecosistémicos, manejo de cuencas hidrográficas, investigación forestal, extensión y participación comunitaria. Su trabajo se enfoca en el desarrollo de procesos de investigación aplicada en forestería, agroforestería, restauración ecológica y servicios ecosistémicos. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8302-5227>.