

Caracterización morfológica y dasométrica de *Morella pubescens* en el subpáramo del Santuario de Flora y Fauna del Volcán Galeras¹

Morphological and dasometric characterization of *Morella pubescens* in the sub-paramo of the Galeras Volcano Flora and Fauna Sanctuary

B. G. Obando, P. P. Bacca, J. L. Lerma, S. L. Castañeda y J. J. Zuluaga.

Recibido: septiembre 2 de 2024 – Aceptado: junio 28 de 2025.

Resumen— *Morella pubescens* es un arbusto de la zona andina colombiana, ubicado en altitudes entre 2400 y 3200 msnm. En el Centro de Investigación Obonuco de AGROSAVIA durante seis años y tres meses se evaluaron variables morfológicas, y en nueve años dasometría. Para la evaluación morfológica se empleó un análisis de frecuencias, correspondencias múltiples, componentes principales y conglomerados, y para dasometría, estadística descriptiva. Los arbustos se caracterizaron por ser ramificados en el tercio medio y acodillados y bifurcados en el tercio superior, con copa amplia y densa en el perfil vertical y medio círculo en el horizontal; se observó fructificación en toda la copa y la corteza exhibió tonalidades amarillas 2.5Y6/2. A los nueve años tuvo promedios en altura de 2,47 m, con un diámetro basal de 6,86 cm. La información del crecimiento y adaptación de *Morella pubescens* es fundamental para promover su establecimiento en reforestaciones y manejo en sistemas agroforestales.

Palabras clave— Agroforestería, ecología forestal, morfología vegetal, silvicultura, zona de montaña.

Abstract— *Morella pubescens* is a shrub from the Colombian Andean zone, located at altitudes between 2400 and 3200 meters above sea level. Morphological variables were evaluated at the Obonuco Research Center of AGROSAVIA for six years and three months, and in nine years for dasometry. For the morphological evaluation, a frequency analysis, multiple correspondences, principal components, and clusters were used, and for dasometry, descriptive statistics were used. The shrubs were characterized by being branched in the middle third and bent and bifurcated in the upper third, with a wide and dense crown in the vertical profile and a half circle in the horizontal profile; fruiting was observed throughout the crown, and the bark exhibited yellow shades 2.5Y6/2. At nine years, it averaged 2.47 m in height, with a basal diameter of 6.86 cm. Information on the growth and adaptation of *Morella pubescens* is fundamental to promote its establishment in reforestation and management in agroforestry systems.

Keywords— Agroforestry, forest ecology, plant morphology, silviculture, highlands.

I. INTRODUCCIÓN

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, Colombia, email: bobando@agrosavia.co

P. P. Bacca, Agrosavia, Pasto, Colombia, email: pbacca@agrosavia.co

J. L. Lerma, Agrosavia, Pasto, Colombia, email: jlerma@agrosavia.co

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

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

Como citar este artículo: Obando, B. G., Bacca, P. P., Lerma, J. L., Castañeda, S. L., y Zuluaga, J. J. Caracterización morfológica y dasométrica de *Morella pubescens* en el subpáramo del Santuario de Flora y Fauna del Volcán Galeras, Entre Ciencia e Ingeniería, vol. 19, no. 37, pp. 49-55, enero-junio 2025. DOI: <https://doi.org/10.31908/19098367.3164>.



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

LOS páramos y subpáramos conocidos por ser fábricas de Laguna, en Suramérica ocupan las partes altas de las cadenas montañosas de los Andes [1], por su gradiente altitudinal son el único sistema natural productor de agua dulce en el continente [2]. Estos ecosistemas se encuentran entre los 3000 metros sobre el nivel del mar (msnm) y por debajo de la criósfera (5000 msnm) [3]. Sus condiciones son frías y generalmente húmedas debido a las frecuentes lluvias y neblinas [4]. Además, son los ecosistemas con mayor irradiación solar del mundo, lo que contribuye a la existencia de una flora de montaña excepcionalmente rica y diversa [5].

En Suramérica, los ecosistemas de montaña desempeñan un papel crucial en la provisión de bienes y servicios ecosistémicos [6], destacándose por el almacenamiento de carbono y la seguridad hídrica [3], diversas investigaciones han demostrado que los biomas forestales situados por encima de los 3000 msnm contribuyen significativamente a ordenar y regular el uso del agua, garantizando su disponibilidad y sostenibilidad [7]. Estas áreas no solo son vitales para el

suministro de agua en las cuencas hidrográficas de la región, sino que también albergan una gran cantidad de especies endémicas vegetales y animales [4].

Sin embargo, debido a su fragilidad y vulnerabilidad están amenazadas por el cambio climático [8] y la alteración de la cobertura y uso del suelo [9]; en ese sentido, la agricultura y la ganadería en los páramos y subpáramos alteran las propiedades hidrofísicas del suelo, como el contenido de materia orgánica, densidad aparente y la capacidad de retención de agua, lo que reduce la amortiguación hídrica y afecta negativamente la regulación del ecosistema hidrológico [10].

En estos ecosistemas de altura, la producción agropecuaria es un asunto complejo [11]. En los páramos de Colombia, aunque en teoría este paisaje se considera bosque protector, muchos productores residen y trabajan en actividades agropecuarias a pesar de que en la ley 1930 de 2018, se dictan disposiciones para la gestión integral de los páramos en Colombia, y restringe las actividades agropecuarias en ellos, debido a sus efectos perjudiciales [12]. No obstante, el contexto socioeconómico ha llevado a estos biomas a un alto nivel de degradación, lo que plantea desafíos técnicos y científicos para su conservación y sostenibilidad [13].

Para atenuar los impactos negativos, se han propuesto técnicas de producción sostenibles, como la forestería, reforestación y agroforestería, que emergen como estrategias prometedoras para la conservación y mejora de los ecosistemas de montaña [14], al proporcionar coberturas forestales, sistemas silvoagrícolas y silvopastoriles cargados de un amplio portafolio de servicios ecosistémicos y beneficios ambientales [15]. Estas prácticas no solo contribuyen a la restauración de áreas degradadas y al mantenimiento de la biodiversidad, sino que también apoya la economía de las comunidades locales a través de la producción sostenible de alimentos, maderas y productos forestales no maderables [16].

Para promover el establecimiento de coberturas forestales y sistemas agroforestales que contribuyan a la conservación y restauración de páramos y montañas; se han realizado investigaciones que permiten identificar los árboles y arbustos más adecuados para cada zona según sus características morfológicas, fisiológicas y genéticas [9], así como sus requerimientos ambientales y sus interacciones con otras especies [17], [18]. Por otro lado, su estudio facilita el diseño de sistemas de manejo silvicultural y agroforestal que aprovechen el potencial productivo, ecológico y social de estas especies sin comprometer su conservación y diversidad genética [19].

Una de las especies arbustivas nativas presentes en la región altoandina de América Latina es *Morella pubescens*, conocido como laurel de cera. En Colombia se encuentra distribuido en los departamentos de Antioquia, Boyacá, Caldas, Caquetá, Cauca, Cesar, Chocó, Cundinamarca, La Guajira, Huila, Magdalena, Nariño, Norte de Santander, Putumayo, Quindío, Risaralda, Santander, Tolima y Valle del Cauca, entre los 1600 y 3200 msnm [20]. Este arbusto contribuye a mantener el equilibrio de los ecosistemas, a

través de la generación de bienes y servicios ecosistémicos, por ejemplo, sus hojas y frutos son fuente de alimento para diversas especies de fauna silvestre. Además, por su sistema radicular profundo se siembra en zonas degradadas y en terrenos con alto grado de pendiente para evitar la erosión, regulando márgenes hídricas y la temperatura del suelo [21].

Si bien se han realizado estudios sobre la especie promisoria *M. pubescens* en aspectos como ecología, agronomía, economía, agroindustria y apropiación del conocimiento [22]–[25], las investigaciones previas sobre este arbusto son escasas y desactualizadas. En ese contexto, desde el 2014 y durante nueve años, en el Centro de Investigación (CI) Obonuco de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA, se llevó a cabo el proyecto “Especies arbustivas y arbóreas para uso múltiple en diferentes agroecosistemas de Colombia”, durante su ejecución, se realizó investigación sobre el crecimiento y morfología de esta especie en el subpáramo del Santuario de Flora y Fauna del Volcán Galeras, con el objetivo de generar información sobre su adaptación y desarrollo que contribuya a la generación de programas de forestación y su implementación bajo sistemas agroforestales en la región andina colombiana.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Área de estudio.

La evaluación tuvo lugar en la Colección Forestal del Centro de Investigación (CI) Obonuco de la corporación colombiana de investigación Agropecuaria AGROSAVIA, ubicada en un ecosistema de montaña del Subpáramo del Santuario de Flora y Fauna del Volcán Galeras, en la franja altoandina del municipio de San Juan de Pasto, Nariño - Colombia. La investigación se realizó a 3235 metros sobre el nivel del mar, en las coordenadas 1° 11' 42,2" N 77° 19' 40,1" W.

B. Especie vegetal.

La especie nativa *Morella pubescens*, es uno de los materiales arbustivos evaluados dentro de las colecciones forestales pertenecientes a la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria AGROSAVIA. La plantación se encuentra en las parcelas permanentes de monitoreo de la colección forestal de CI Obonuco, establecidos en un área de 1800 m² con una densidad de 1111 arbustos por ha⁻¹; y una distancia de siembra de tres metros entre plantas y tres metros entre surcos.

C. Descriptores morfológicos de planta.

A la edad de 6,3 años se evaluaron las características morfológicas de 52 arbustos de *M. pubescens* empleando 25 descriptores de planta: altura total (m) – H, longitud de la copa [sentido NS] (m) – LCNS, longitud de la copa [sentido EW] (m) – LCEW, diámetro basal (cm) – DB, diámetro de copa (m) – D_COPA, forma del árbol – FARB, hábito de crecimiento del árbol – HABARB, forma del fuste – FFU, rectitud del fuste – RFU, ramificación del árbol – RAM, altura de ramificación – HRAM, altura de bifurcación – HB,

dominancia en el eje principal – DEP, ángulo de inserción de las ramas – AIR, forma de la copa (perfil vertical) – FCV, forma de la copa (perfil horizontal) – FCH, densidad de la copa – DNC, tipo de corteza – CORT, color del tronco – CT, hábito de fructificación -HABF [26], longitud del peciolo (cm) – LPEC, grosor del peciolo (mm) – GPEC, longitud de la hoja (cm) – LH y anchura de la hoja (cm) - ANH [27]

D. *Dasometría.*

Durante nueve años, (septiembre de 2014 - septiembre de 2023) en *M. pubescens* se llevó a cabo estudios dasométricos para evaluar variables de desarrollo al 100% de los arbustos, tales como altura (H) y diámetro basal (DB), los datos de H se registraron en metros y se tomaron con regla de cinco metros, mientras que el DB se determinó en centímetros con pie de rey digital a 10 cm del suelo.

E. *Incremento medio anual.*

Con respecto al incremento medio anual (IMA), para diámetro basal (IMADB) y altura total (IMAH), se calculó mediante la relación del valor promedio de DB y H de la última medición realizada en los individuos de la colección; el promedio se dividió por la edad en años a partir del tiempo cero de siembra. El resultado expresó la media del crecimiento total a determinada edad, e indica la medida anual del crecimiento.

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

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.

F. *Análisis estadístico*

Los datos dasométricos se analizaron por medio de estadística descriptiva, mientras que para los datos morfológicos se empleó análisis de frecuencias, correspondencias múltiples, componentes principales y conglomerados [26], [28].

III. RESULTADOS

A. *Descriptores morfológicos de planta*

Los 52 individuos de *Morella pubescens* de la plantación forestal se caracterizaron por presentar dimensiones promedio: altura (HT $2 \pm 0,44$ m), DB ($10,37 \pm 2,15$ cm) y longitud de copa de $1,77 \pm 0,42$ m (LCSN) y $1,73 \pm 0,41$ m (LCEW) diámetro de copa (D_COPA: $1,75 \pm 0,40$ m). Los individuos fueron predominantemente de forma extendida (FARB: 80,77), hábito de crecimiento extendido (HABARB: 100%), fuste cónico (FFU: 73,08%) y ligeramente torcido (RFU: 69,23%). Ramificación acodillada (RAM: 100%), arbustos ramificados en el tercio medio (HRAM: 76,92%), bifurcados en el tercio superior (HB: 61,54%) y con dominancia parcial del eje inicial sobre las ramas laterales (DEP: 80,77%). Con ramas insertadas en el fuste en un ángulo entre 31° y 60° (AIR: 69,23%), copa de forma extendida en el perfil vertical (FCV: 71,15%) y medio círculo en el perfil

horizontal (FCH: 51,92%), copa densa (DNC: 94,23%), corteza surcada vertical (TCORT: 69,23%) y de tonalidades amarillas 2.5Y6/2 (CT: 75%). En el momento de la evaluación, se observó hábito de fructificación en toda la copa (HABF: 80,07).

Para el análisis multivariado se seleccionaron los descriptores HT, LCNS, LCEW, DB, D_COPA, LPEC, GPEC, LH, ANH, FARB, FFU, RFU, HRAM, HB, DEP, AIR, FCV, FCH, DNC, TCORT, CT y HABF, ya que presentaron variación con respecto a las categorías de cada descriptor. El análisis de correspondencias múltiples (ACM) permitió seleccionar las primeras cuatro dimensiones, que acumularon 86,41% de la variabilidad contenida en las variables originales. Se observaron correlaciones muy altas y significativas (P< 0.0001) entre LCEW y LCNS (0,92), D_COPA y LCNS (0,98), D_COPA y LCEW (0,98).

A partir de los factores seleccionados en el ACM y en los componentes retenidos mediante el análisis de componentes principales (80,04% de variabilidad en 2 componentes), se realizó el análisis de conglomerados que permitió clasificar los individuos de *M. pubescens* en cinco grupos acumulando 99,78% de la variabilidad contenida en las variables incluidas en el nuevo conjunto de datos (Fig. 1). En el primer componente principal las mayores correlaciones se presentaron en VOL_TRONCO, D_COPA y DB, y en el segundo componente se evidenció en LPEC.

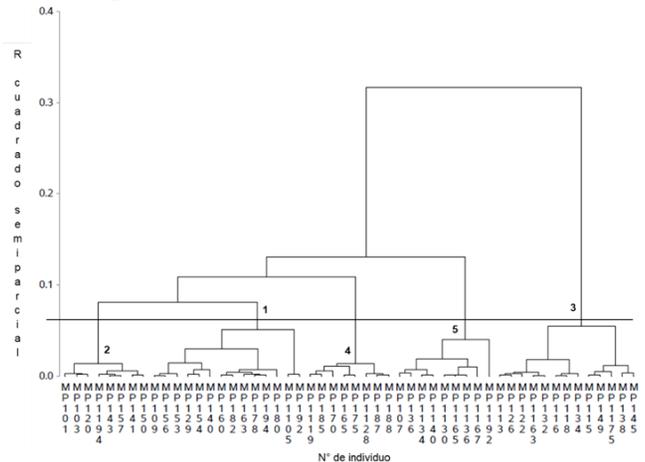


Fig. 1. Dendrograma de 52 individuos de *Morella pubescens* seleccionados de la colección forestal del CI Obonuco en el subpáramo del Santuario de Flora y Fauna del Volcán, a partir de 22 variables cuantitativas y cualitativas de árbol. Agrupamiento por el método Ward, distancia euclidiana. Elaboración propia.

Al grupo 1 (14 árboles, 26,92%) lo conformaron individuos con los mayores valores promedio de HT (2,30 m) y D_COPA (2,19 m), valores intermedios de LPEC (12,06 mm) y ANH (30,18 mm). FFU predominantemente cónico, AIR 31° a 60°, FCV extendida/irregular/globosa, FCH medio círculo/circular irregular/menos de 1/3 del círculo. El grupo 2 (8 árboles, 15,38%) integró individuos con mayor GPEC (2,07 mm), menor ANH (27,67 mm) y valores intermedios de DB (10,17 m) y D_COPA (1,79 m). RFU variable, ramificado en el tercio medio, altura de bifurcación variable, AIR 31° a 60°, FCV extendida/irregular/globosa, FCH circular irregular/medio círculo.

El grupo 3 (13 árboles, 25%) se caracterizó por individuos de menor HT (1,65 m), DB (8,94 m), D_COPA (1,25 m) y LH (88,08 mm), valor intermedio de GPEC (20,6 mm). RFU ligeramente torcido, HRAM en el tercio medio, AIR exclusivamente entre 31° a 60°, FCH medio círculo. El grupo 4 (8 árboles, 15,38%) se destacó por individuos de menor LPEC (11,02 mm) y GPEC (1,55 mm), valor intermedio de LH (93,56 mm). RFU ligeramente torcido, HB en el tercio superior, FCH circular irregular/menos de un tercio de círculo/medio círculo, copa exclusivamente densa y corteza exclusivamente surcado vertical. Y en el grupo 5 (9 árboles, 17,31%) se congregaron individuos con mayor DB (12,40 m), LPEC (13,44 mm), LH (106,70 mm) y ANH (34,94 mm), valor intermedio de HT (2,12 m). RFU ligeramente torcido, HRAM en el tercio medio, AIR entre 31° y 60° y 61° y 90°, FCH medio círculo/circular irregular/menos de un tercio de círculo.

B. Dasometría

Durante un período de nueve años, se estudió la correlación entre la altura total y el diámetro basal de *M. pubescens* se determinó una correlación positiva entre la H y el DB. (Figura 2). a los nueve años alcanzó valores promedios en altura de 2,47 m, con un diámetro basal de 6,86 cm. Su IMA en diámetro fue de 0,77 cm y en altura de 0,28 metros. La tasa de sobrevivencia fue del 54%.

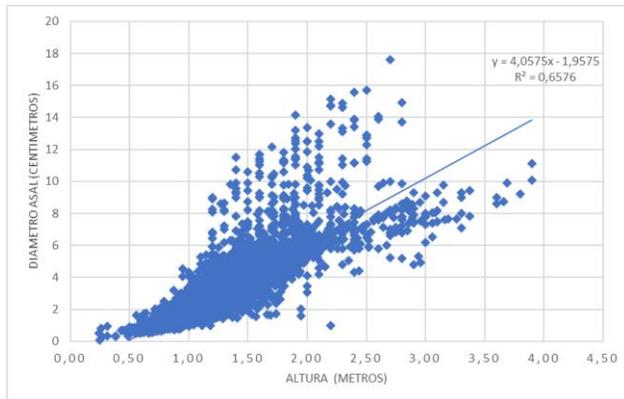


Fig. 2. Relación diámetro y altura de *Morella pubescens* establecido en la colección foresta del CI Obonuco de Agrosavia en el subpáramo del Santuario de Flora y Fauna del Volcán Galeras, Nariño Colombia.

IV. DISCUSIÓN

En la plantación de *Morella pubescens* del CI Obonuco de AGROSAVIA (Pasto, Nariño), la evaluación por descriptores resaltó la presencia de arbustos con forma predominantemente extendida, fuste cónico y ligeramente torcido, ramificación acodillada, en el tercio medio y con ramas insertadas en el fuste en un ángulo entre 31° y 60°, copa de forma extendida y medio círculo (perfil vertical y horizontal), copa densa y corteza de tonalidades amarillas. Esto es similar a lo mencionado por Mahecha et al [29], al describirle como árbol de forma torcida, copa amplia e irregular, follaje denso, con ramas que crecen de manera horizontal a oblicua y empiezan a la altura de su base. Gómez Restrepo et al. [30] y Parra-O [31] indican que los arbustos de *M. pubescens* son profusa a

moderadamente ramificados, copa amplia y de corteza gris.

Por otra parte, los individuos evaluados presentaron hojas de forma predominantemente elíptica, borde aserrado, ápice agudo y base atenuada, LPEC (12,14 ± 1,31 mm), LH (94,2 ± 9,2 mm) y ANH (30,76 ± 3,52 mm); características similares a otros reportes: hojas lanceoladas o anchamente lanceoladas [31] de forma elíptica a oblanceolada, base cuneada, ápice agudo, borde irregularmente dentado o aserrado [29], [30] las dimensiones de las hojas son cercanas a lo reportado por Parra-O [31] y Mahecha et al. [29]: longitud de peciolo (3,7-14,7 mm), longitud de lámina (4,6-15,6 cm) y ancho de lámina (1,3-3,7 cm).

En esta plantación de *M. pubescens* las características que más discriminaron los conglomerados fueron D_COPA, LH, HT y DB (Fig. 1). El primer grupo incluyó la mayor cantidad de individuos de porte alto y rasgos variables en la forma del fuste y copa, con hojas de dimensión intermedia (ancho). La altura total es una de las características de interés para la selección de arbustos con fines de producción de biomasa, flores o frutos [32].

El segundo grupo se destacó por el porte intermedio en DB y D_COPA, hojas con menor tamaño (ancho). En el tercer grupo se congregaron los individuos de menores valores de HT, DB, D_COPA y LH, mientras que los individuos con menores dimensiones en LPEC y GPEC se ubicaron en el cuarto grupo. Las características: AIR exclusivamente entre 31°-60° discriminaron al grupo tres, mientras que el grupo cuatro se destacó por copa exclusivamente densa y corteza exclusivamente surcada vertical. Por otra parte, en el quinto grupo se asociaron los individuos de mayor DB, LPEC, LH y ANH. Para la especie, las características: copa de forma de medio círculo en el perfil horizontal y AIR entre 31°-60°, son de interés para el asocio con otras especies, considerando que “en sistemas ganaderos, los productores rechazan especies con copas densas y toleran arbustos de copa amplia siempre y cuando éstos permitan entrada de luz suficiente y producción del pasto” [33].

Indistintamente a los conglomerados obtenidos, es importante resaltar que *M. pubescens* es una especie ornamental que provee alimento para la avifauna, se utiliza para la conservación de suelos y el control de erosión, se encuentra en riberas hídricas y pantanosas, y su cera es utilizada para elaborar barnices y betunes [29]. Se ha reportado que *M. pubescens* se integra en sistemas agroforestales (SAF) y sistemas silvopastoriles (SPP) [9] contribuye a la densidad y riqueza de la macrofauna edáfica en la fase productiva de *Smilax sonchifolius* (yacón) [34] así como a la captura de carbono en su biomasa radical tanto en SSP de pasturas en callejones como en la regeneración natural [35]. Esta especie puede mejorar a largo plazo la estructura del suelo en un SAF, al emplear mínima labranza e incorporar materia orgánica [21] y tiene potencial de uso en sistemas de biorretención [36].

Los resultados obtenidos a los nueve años en dasometría indicaron una correlación positiva entre la H y el DB. En otras palabras, a medida que se incrementó la H, hubo una

tendencia a aumentar el DB. Sin embargo, no necesariamente la H incidió directamente en el incremento del DB; más bien, existió una relación asociada. El valor del coeficiente de determinación R^2 (0,6576), reveló cuánta variabilidad en el DB se explicó por la H en el modelo lineal. En este caso, aproximadamente el 65% de la variabilidad en el diámetro basal se puede atribuir a la H. Además, la pendiente de la línea de mejor ajuste fue 4,0575, lo que explicó que, por cada aumento de una unidad en la H, se espera un aumento de aproximadamente 4,0575 unidades en el DB.

M. pubescens muestra un crecimiento moderado en H y DB y una tasa de sobrevivencia del 54% durante los primeros nueve años de vida, lo cual sugiere que algunos individuos no se adaptaron adecuadamente al entorno. Esto puede ser debido a que las cotas de adaptación de la especie se encuentran entre los 1600 y 3200 msnm [20], rango altitudinal sobre el cual la H de la especie oscila entre 8 y 12 m, estos valores varían según el clima, los suelos y a la altitud de establecimiento. Si la planta se encuentra por encima de la cota máxima de adaptación, es probable que no alcance su altura máxima debido a las condiciones presentes. Diferentes estudios sugieren que, aunque en especies forestales la altitud no afecta significativamente el crecimiento en diámetro y altura, generalmente se observa que podría afectar en la disminución en el tamaño de las plantas [26], [37], [38], [39].

En relación con *M pubescens* el IMAH fue de 28 cm, con relación a esto Escobar Pachajoa et al., [37] establecieron que laurel de cera en las condiciones del trópico alto puede alcanzar una altura cercana a los 50 cm en un periodo no superior a un año, respecto al IMAD este mismo autor establece alcanzar un diámetro aproximado de 0,7 cm por año, en esta investigación fue similar con un valor de 0,77 cm. Por su parte Melo et al. en su estudio presentaron resultados superiores (IMAD 1,35 cm) cuando asocia esta especie con otros componentes agrícolas como cultivo de papa o ajo. En este sentido, Parra-O [31], afirma que una vez el laurel de cera ha alcanzado cierto desarrollo admite la presencia de especies herbáceas, arbustivas o arbóreas acompañantes, considerándose como una especie propicia para incluirla en arreglos agroforestales

Esta especie se encuentra en diversos municipios del departamento de Nariño [40]. *M. pubescens* es una alternativa agroindustrial y se considera una especie multipropósito en sistemas agroforestales. Sus características permiten su implementación en diferentes formas de manejo, proporcionando productos forestales no maderables y contribuyendo a la protección de la oferta ambiental y generación de servicios ambientales, en especial el de regulación hídrica. En general, ofrece una variedad de subproductos que pueden ser aprovechados, y en torno a ella se ha profundizado aspectos como aceites y la cera de sus frutos. Por lo tanto, se considera una especie con potencial de establecimiento en los sistemas agroforestales del trópico alto de Nariño, que puede generar ingresos económicos adicionales en la economía de los productores.

V. CONCLUSIONES

La plantación de seis años y tres meses de *Morella pubescens* en el C.I. Obonuco (Pasto, Nariño) presentó predominancia de arbustos de forma y copa predominantemente extendida, fuste cónico y ligeramente torcido, copa densa, ramificación en el tercio medio y ramas insertadas en el fuste en un ángulo entre 31° y 60°. Los descriptores que discriminaron en mayor medida los grupos fueron D_COPA, LH, HT y DB y se identificaron individuos con potencial de uso en sistemas agroforestales o silvopastoriles y en la producción de biomasa.

M. pubescens, a los nueve años presentó un desarrollo dasométrico inferior a los reportados en otras investigaciones; la altitud de establecimiento (3235 msnm) en el subpáramo de Flora y Fauna Galeras podría ser una de las razones de este crecimiento limitado. Aunque la altitud generalmente no afecta significativamente el crecimiento en diámetro y altura en especies forestales, en el caso de *M. pubescens*, podría influir en la disminución del tamaño de las plantas. A pesar de estos desafíos y su crecimiento moderado en estos ecosistemas de montaña, la especie se considera una alternativa ambiental que puede contribuir a la regulación hídrica y generación de bienes y servicios ambientales.

AGRADECIMIENTOS

Esta publicación se deriva de los resultados e información obtenidos en el proyecto “Evaluación de especies arbustivas y arbóreas para uso múltiple en diferentes agroecosistemas de Colombia”, ejecutado por la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA, en el ámbito de la Agenda Dinámica Corporativa, financiado con recursos públicos a través del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR). A Edgar Efrén Naspíran Paz y Martín José Jairo Piscal Escobar, por su apoyo en la recolección de material vegetal y procesamiento.

REFERENCIAS

- [1] M. A. Segura Madrigal, H. J. Andrade Castañeda, and C. A. Mojica Sánchez, “Estructura, composición florística y almacenamiento de carbono en bosques nativos del páramo de Anaime, Tolima, Colombia,” *Ciència Florest.*, vol. 29, pp. 157–168, 2019, doi: 10.5902/1980509826551.
- [2] Y. E. Leal Esper, “importancia de la preservación de los ecosistemas de páramo como fuentes de agua y vida en Colombia,” *Diálogos de saberes*, no. 52, pp. 111–126, 2022, doi: 10.18041/0124-0021/dialogos.52.2020.8651.
- [3] A. Correa et al., “A concerted research effort to advance the hydrological understanding of tropical páramos,” *Hydrol. Process.*, vol. 34, no. 24, pp. 4609–4627, 2020, doi: 10.22541/au.158325442.27987912.
- [4] K. Romoleroux, P. Muriel Mera, P. Sklenář, C. Ulloa Ulloa, D. A. Espinel Ortiz, and C. Romoleroux, “La flora de los páramos ecuatorianos: Orígenes, diversidad y endemismo,” *Los páramos del Ecuador Pasado, Present. y Futur.*, no. January, pp. 104–123, 2023, doi: 10.18272/usfq.press.71.c260.
- [5] Y.-H. Kim, S.-K. Min, X. Zhang, J. Sillmann, and M. Sandstad, “Evaluation of the CMIP6 multi-model ensemble for climate extreme indices,” *Weather Clim. Extrem.*, vol. 29, p. 100269, 2020, doi: 10.1016/j.wace.2020.100269.
- [6] Y. Ivanova and L. C. Marín-Arévalo, “Estudio de afectación del servicio ecosistémico de regulación hídrica por actividades de

- agricultura en la cuenca del río Gachaneca I, páramo Rabanal,” *Gestión y Ambient.*, vol. 23, no. 2, pp. 193–202, 2020, doi: 10.15446/ga.v23n2.88051.
- [7] R. Saldaña Escorcía, R. Otalvarez Herrera, and J. L. Ramos Angarita, “Especies forestales con alto potencial para la recuperación hídrica: identificación de especies nativas de la cuenca Buturama en Aguachica (Cesar, Colombia). Fase I,” *Av. Investig. en Ing.*, vol. 18, no. 2, pp. 1–9, 2021, doi: 10.18041/1794-4953/avances.2.7162.
- [8] C. D. Moreno Ortega, J. D. Palma Barragán, J. M. Trilleras Motha, and J. A. Salamanca García, “Vulnerabilidad ecológica del complejo de páramos Chifí-Barragán, Colombia, a los incrementos de temperatura en un escenario de cambio climático,” *Rev. Geográfica*, no. 164, pp. 21–37, 2022, doi: 10.35424/regeo.164.2022.988.
- [9] J. L. Lerma-Lasso, P. P. Bacca-Acosta, B. G. Obando-Enriquez, E. Castro-Rincón, and J. L. Cardona-Iglesias, “Sistemas silvopastoriles: una opción para la sostenibilidad de los sistemas ganaderos de alta montaña,” *Pastos y Forrajes*, vol. 46, p. e15, 2023, [Online]. Available: <https://payfo.ihatuey.cu/index.php?journal=pasto&page=article&op=view&path%5B%5D=2331>.
- [10] S. Patiño *et al.*, “Influence of land use on hydro-physical soil properties of Andean páramos and its effect on streamflow buffering,” *Catena*, vol. 202, p. 105227, 2021, doi: 10.1016/j.catena.2021.105227.
- [11] J. L. Díaz Ramos, J. D. Varela, W. Ordóñez, M. Solanilla, and A. Bahamón, “Agricultura en Páramos: entre la conservación y los derechos de las comunidades,” Bogotá, 2020. [Online]. Available: <https://foronacionalambiental.org.co/policypapers/>
- [12] Congreso de la República de Colombia, “Ley 1930 de 2018,” *Congreso*, no. 1930, p. 14, 2018, [Online]. Available: http://www.andi.com.co/Uploads/Ley-2018-N0001930_20180727.pdf
- [13] R. A. Molina Benavides, R. Campos Gaona, H. Sánchez Guerrero, L. Giraldo Patiño, and A. Stanislaw Atzori, “Sustainable Feedbacks of Colombian Paramos Involving Livestock, Agricultural Activities, and Sustainable Development Goals of the Agenda 2030,” *Systems*, vol. 7, no. 52, pp. 1–17, 2019, doi: 10.3390/systems7040052.
- [14] Murniati, S. Suharti, Minarningsih, H. S. Nurniah, S. Rahayu, and S. Dewi, “What Makes Agroforestry a Potential Restoration Measure in a Degraded Conservation Forest?,” *Forests*, vol. 13, no. 2, pp. 1–17, 2022, doi: 10.3390/f13020267.
- [15] S. Mondal, P. B. Angon, and A. R. Roy, “Ecological Advancements and Developments of Agroforestry,” *Turkish J. Agric. Sci. Technol.*, vol. 11, no. 12, pp. 2476–2480, 2023, doi: 10.24925/turjaf.v11i12.2476-2480.6172.
- [16] S. Chizmar *et al.*, “A discounted cash flow and capital budgeting analysis of silvopastoral systems in the Amazonas region of Peru,” *Land*, vol. 9, no. 10, p. 353, 2020, doi: 10.3390/LAND9100353.
- [17] B. G. Obando-Enriquez, F. Hernandez-Oviedo, P. A. Portillo-Lopez, and E. Castro-Rincón, “Productividad y calidad del forraje de *Cenchrus clandestinus* (Hochst. ex Chiov.) Morrone en dos sistemas pastoriles en la cordillera andina colombiana,” *Pastos y Forrajes*, vol. 46, no. 09, pp. 1–7, 2023, [Online]. Available: <https://bit.ly/3Qk6WYW>.
- [18] B. G. Obando-Enriquez, P. P. Bacca-Acosta, P. A. Portillo-Lopez, F. Hernandez-Oviedo, and E. Castro-Rincón, “Contenido mineral de *Cenchrus clandestinus* (Hochst. ex Chiov.) Morrone, asociado a *Alnus acuminata* (Kunth), en trópico alto colombiano,” *Rev. Investig. Altoandinas*, vol. 25, no. 4, pp. 224–232, 2023, doi: 10.18271/ria.2023.571.
- [19] V. A. Holguín, I. I. García, and J. R. Mora Delgado, *Aplicación de modelos matemáticos no lineales para la estimación de parámetros de crecimiento de *Alnus acuminata* en sistemas silvopastoriles de Roncesvalles, Tolima*. 2018. [Online]. Available: <https://bit.ly/3hZ9mxU>.
- [20] I. A. D. Vargas, J. M. D. Castillo, G. C. L. Cabrera, H. F. Leonel, and L. A. F. Peña, “Cuantificación de carbono radical *morella pubescens* (willd.) wilbur en dos agroecosistemas (Nariño, Colombia),” *Colomb. For.*, vol. 19, no. 2, pp. 209–218, 2016, doi: 10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2016.2.a06.
- [21] M. Muñoz-Rodríguez, I. A. Delgado-Vargas, J. C. Guerrero, and A. V. Andrade, “Physical properties of soil in the early stage of an agroforestry system in the High Andean zone,” *Rev. Ciencias Agrícolas*, vol. 37, no. 1, pp. 70–79, 2020, doi: 10.22267/rcia.203701.128.
- [22] E. Valarezo *et al.*, “Chemical Composition, Enantiomeric Distribution and Biological Activity of Essential Oil from *Morella pubescens* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Wilbur,” *Molecules*, vol. 28, no. 7, p. 2910, 2023, doi: 10.3390/molecules28072910.
- [23] C. Armijos, J. Ramírez, and G. Vidari, “Poorly Investigated Ecuadorian Medicinal Plants,” *Plants*, vol. 11, no. 12, pp. 1–33, 2022, doi: 10.3390/plants11121590.
- [24] C. Peña-Guamán, M. Guerrero-Tipantuña, V. Arcos-Bósquez, and F. Bayas-Morejón, “Cosmovisión etnobiológica de la cultura Ancestral Florística de la comunidad Kichwa Quindihua (Ecuador),” *Ann. Rom. Soc. Cell Biol.*, vol. 25, no. 3, pp. 3109–3130, 2021, [Online]. Available: <http://annalsofscb.ro/index.php/journal/article/view/1775>
- [25] L. Y. C. Cuan, J. S. E. Marcellino, and H. R. O. Jurado, “Quantification nitrifying bacteria in a Typic melanudands soil under three land use conditions in Pasto, Nariño, Colombia,” *Cienc. Tecnol. Agropecu.*, vol. 22, no. 2, 2021, doi: 10.21930/RCTA.VOL22_NUM2_ART:1424.
- [26] 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.
- [27] 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.
- [28] 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.
- [29] G. Mahecha, A. Ovalle, D. Camelo, A. Roza, and D. Barrero, “Vegetación del territorio: 450 especies de sus llanuras y montañas,” *Bogotá, Colomb. Dispon. en*, 2012.
- [30] M. Gómez Restrepo, Ligia, and T. M. JuanLázaro, *Manejo de las semillas y la propagación de doce especies arbóreas nativas de importancia económica y ecológica*. Medellín, 2009. [Online]. Available: https://www.corantioquia.gov.co/wp-content/uploads/2022/01/boletin_semillas_especies_forestales.pdf
- [31] C. Parra-O, “Revisión taxonómica de la familia Myricaceae en Colombia/Taxonomic revision of Myricaceae from Colombia,” *Caldasia*, pp. 23–64, 2003.
- [32] J. Vallejos, Y. Badilla, F. Picado, and O. Murillo, “Metodología para la selección e incorporación de árboles plus en programas de mejoramiento genético forestal,” *Agron. Costarric.*, vol. 34, no. 1, pp. 105–119, 2010.
- [33] Z. Calle Díaz and E. Murgueitio, *Árboles nativos para predios ganaderos: especies focales del Proyecto Ganadería Colombiana Sostenible*. Cali, 2020. [Online]. Available: <https://bit.ly/3xTUKI4>
- [34] M. A. Muñoz-Rodríguez and A. C. Santacruz-Ortiz, “Edaphic macrofauna in the establishment of an agroforestry system in the High Andean region of Southern Colombia,” *Rev. Ciencias Agrícolas*, vol. 41, no. 1, p. e1223, 2024, doi: 10.22267/rcia.20244101.223.
- [35] I. A. Delgado Vargas, J. M. Daza Castillo, G. C. Luna Cabrera, H. F. Leonel, and L. A. Forero Peña, “Cuantificación de carbono radical *Morella pubescens* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Wilbur en dos agroecosistemas (Nariño, Colombia),” *Colomb. For.*, vol. 19, no. 2, pp. 209–218, 2016.
- [36] J. A. Navarro López, R. A. Chaparro Perilla, J. F. Higuera, F. J. Lagos Bayona, F. Sánchez Moreno, and E. P. Gutiérrez, “Especies de plantas nativas de Bogotá, adecuadas para zonas de biorretención,” *Cienc. en Desarro.*, vol. 14, no. 1, pp. 15–27, 2023, doi: 10.19053/01217488.v14.n1.2023.14777.
- [37] L. Escobar-Pachajoa, C. Guastumal-Gelpud, D. H. Meneses-Buitrago, J. L. Cardona Iglesias, and E. Castro Rincón, “Evaluación de estratos arbóreos y arbustivos en un sistema silvopastoril en el trópico altoandino colombiano,” *Agron. Mesoam.*, vol. 30, no. 3, pp. 803–819, 2019, doi: 10.15517/am.v30i3.35645.
- [38] P. P. Bacca-Acosta, B. G. Obando-Enriquez, J. L. Lerma-Lasso, M. C. Ortega-Cepeda, R. M. Palacio, and J. J. Zuluaga-Peláez, “Tipificación de *Alnus acuminata* (Kunth) en un ecosistema de montaña de la región alto andina colombiana,” *Rev. Ciencias Agrícolas*, vol. 40, no. 2, pp. 1–13, 2023, doi: 10.22267/rcia.20234002.209.
- [39] 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, “Allometric model for height estimation of *Alnus acuminata* Kunth in agroecological zones of the high Andean tropics,” *Rev. Investigaciones Altoandinas*, vol. 26, no. 4, pp. 165–174, 2024, doi: 10.18271/ria.2024.629.
- [40] D. A. Muñoz Guerrero, J. Navia y J. G. Solarte Guerrero, El

conocimiento local en los sistemas Silvopastoriles tradicionales: Experiencias de investigación en la región andina, 2018.



Byron Giovanni Obando Enriquez. Ingeniero agroforestal (2004), y Magister en agroforestería tropical (2022) de la Universidad de Nariño. Profesional con experiencia en agroforestería tropical, sistemas silvopastoriles y especies forestales nativas. Actualmente, vinculado a la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria AGROSAVIA, a la sede Eje Cafetero. las líneas de investigación incluyen el desarrollo de sistemas integrados silvoagrícolas y silvopastoriles, evaluación y mitigación de impactos del cambio climático en los sistemas agropecuarios, implementación de prácticas agrícolas promotoras en conservación de recursos naturales y la biodiversidad en sistemas de producción sostenible. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7669-442X>.



Pedro Pablo Bacca Acosta. Ingeniero Agroforestal (2009) egresado de la Universidad de Nariño Y Magister en Ingeniería Ambiental (2014) egresado de la Universidad Mariana, Pasto, Nariño. Tiene experiencia en la implementación y manejo de sistemas agroforestales de la zona andina y pacífica del departamento de Nariño, así como en el funcionamiento y manejo de aeronaves no tripuladas. Posee habilidades en la formulación de proyectos y diseño de experimentos. Actualmente, trabaja en la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria AGROSAVIA, Centro de Investigación Obonuco. Sus líneas de investigación son: Agroforestería y Cambio Climático. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0590-0396>.



Jose Libardo Lerma Lasso. Ingeniero Agrícola (2018) y Magister en Ciencias Agrarias (2024) egresado de la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira. Tiene experiencia en manejo de suelos y aguas, especialmente en el cultivo de cacao y pastos, así como en el manejo de especies forestales y cambio climático. Posee habilidades en software estadístico, análisis de datos, formulación de proyectos y diseño de experimentos. Actualmente, trabaja en la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria AGROSAVIA, Centro de Investigación Obonuco. Sus líneas de investigación son: Suelos, Aguas, Nutrición de Plantas y Cambio Climático. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4920-9801>.



Sandra Liliana Castañeda Garzón. Ingeniera Forestal de la Universidad Distrital (2007), especialista en producción, transformación y comercialización de la madera de la Universidad del Tolima (2011); magister en Ciencias Agrarias con énfasis en Genética y Fitomejoramiento de la Universidad Nacional de Colombia (2014). Experiencia y trayectoria en ejecución de proyectos de reproducción vegetal (tradicional e in vitro), conservación *ex situ* (bosque alto andino y páramo), tecnología de maderas, mejoramiento genético (bancos de germoplasma y producción de follajes) y caracterización morfológica y molecular de especies perennes. Experiencia en coordinación de programas y proyectos de investigación en propagación vegetal, fuentes semilleras, conservación de semillas, sanidad vegetal, bioprospección y fisiología vegetal; así como en docencia y consultoría. Actualmente, investigadora máster asociada de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-AGROSAVIA, adscrita al centro de investigación La Libertad (Villavicencio, Meta) y a la red de cultivos permanentes, en el área temática de material de siembra, recursos fitogenéticos y mejoramiento genético. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1329-6317>.



Jhon Jairo Zuluaga Peláez. Ingeniero forestal (1993) egresado de la Universidad del Tolima, Ibagué (Colombia), Magister en Agroforestería Tropical (2004) del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza - CATIE, Turrialba (Costa Rica) y Doctor en Ingeniería Forestal (2014) de la Universidad Federal de Santa Maria – UFSM, Santa María (Brasil). Con experiencia en áreas de silvicultura, agroforestería, ordenación de bosques, restauración ecológica, servicios ecosistémicos, cuencas hidrográficas, investigación forestal, extensión y participación comunitaria, entre otras. Actualmente se desempeña como investigador Ph.D Asociado en la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria AGROSAVIA, en el Centro de Investigación Nataima. Sus líneas de investigación son: forestería, agroforestería, restauración ecológica y servicios ecosistémicos. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8302-5227>.