



UNIVERSIDAD DISTRITAL  
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS



<https://doi.org/10.14483/2256201X.22584>

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA


ISSN 0120-0739 • e-ISSN 2256-201X

## Rasgos funcionales y propagación de tres especies leñosas del bosque altoandino

### Functional Traits and Propagation of Three Woody Species of the High Andean forest

Liliana Martínez-Peña <sup>a</sup>, Orlando Vargas Ríos <sup>a</sup>, Swanni T. Alvarado <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. 

 Autor para correspondencia

**Recibido:** 16 de septiembre de 2024

**Aceptado:** 7 de mayo de 2025

**Citación:** Martínez-Peña, L., Vargas Ríos, O., & Alvarado, S. T. (2025). Rasgos funcionales y propagación de tres especies leñosas del bosque altoandino. *Colombia Forestal*, 28(2), e22584. <https://doi.org/10.14483/2256201X.22584>

---

### Highlights

- Este trabajo estudia los rasgos funcionales de tres especies nativas del bosque altoandino.
- El área foliar específica permitió recomendar la etapa de implementación de las especies evaluadas.
- Se destaca el uso de especies con interacciones asociadas a la dispersión y la simbiosis con microorganismos.
- A partir de los rasgos funcionales, se propone una clasificación funcional de las especies evaluadas.
- Se identificó el uso potencial de las especies en la restauración ecológica del bosque altoandino.

---

### Resumen

Los rasgos funcionales son características relacionadas con las funciones de los ecosistemas, y son útiles para la selección de especies para restauración. Se evaluaron los rasgos funcionales, la propagación y el desempeño en campo de *Buddleja bullata*, *Viburnum triphyllum* y *Coriaria ruscifolia*, así como su potencial para la restauración del bosque altoandino. Se midieron rasgos del individuo, foliares, regenerativos y radicales. Se colectaron semillas y se determinó el porcentaje de germinación y supervivencia, además de las tasas de crecimiento en altura y cobertura. *B. bullata* presentó los mayores valores de cobertura,

producción de hojarasca y germinación, sugiriendo su utilidad en la formación de doseles y la alta viabilidad de sus semillas. *V. triphyllum* es útil en la formación de doseles y la atracción de fauna, y presentó las mayores tasas de crecimiento y supervivencia. *C. ruscifolia* favorece la atracción de fauna y presentó simbiosis con micorrizas y bacterias fijadoras de nitrógeno.

**Palabras clave:** germinación, plantas nativas, restauración ecológica, tasa de crecimiento

### Abstract

Functional traits are characteristics related to ecosystem functions, and they are useful in selecting species for restoration. The functional traits, propagation, and field performance of *Buddleja bullata*, *Viburnum triphyllum*, and *Coriaria ruscifolia* were evaluated, as well as their potential for high Andean forest restoration. Individual, foliar, regenerative, and root traits were measured. Seeds were collected, and the percentage of germination and survival were determined, in addition to the growth rates for height and cover. *B. bullata* exhibited the highest values regarding cover, litter production, and germination, suggesting its usefulness in canopy formation and its high seed viability. *V. triphyllum* is useful in canopy formation and fauna attraction, and it reported the highest growth and survival rates. *C. ruscifolia* favors fauna attraction and exhibited symbiosis with mycorrhizae and nitrogen-fixing bacteria.

**Keywords:** germination, native plants, restoration ecology, growth rates

## INTRODUCCIÓN

Los rasgos funcionales son características morfológicas, fisiológicas o fenológicas que impactan el crecimiento, la reproducción y la supervivencia de un individuo (Violle *et al.*, 2007). Se han identificado rasgos funcionales de fácil medición que son indicadores del efecto potencial en los procesos ecosistémicos (Salgado, 2015). La restauración ecológica busca recuperar servicios ecosistémicos tales como la resistencia al fuego, la resistencia a la invasión, el almacenamiento de carbono, el control de la erosión, el ciclaje de nutrientes, la polinización y la resistencia a la sequía, entre otros (Faucon *et al.*, 2017; Carlucci *et al.*, 2020). Por ello, es importante priorizar especies a partir de rasgos funcionales que permitan entender su influencia en los procesos ecosistémicos (Brudvig & Mabry, 2008; Rosenfield & Müller, 2020; Loureiro *et al.*, 2023).

En proyectos de restauración se recomienda utilizar un gran número de especies para aumentar la probabilidad de restablecer la función y la estructura del bosque (Duarte *et al.*, 2013). Además, se recomienda el uso de especies nativas por su adaptación al entorno local, su papel en la conservación de la diversidad genética y su capacidad para proporcionar hábitats y alimento a la fauna local (Petersen *et al.*, 2004; Tinsley *et al.*, 2006). Sin embargo, la selección de especies nativas basadas en grupos funcionales requiere de conocimientos sobre la biología reproductiva, fenología y propagación de las especies, pues la ausencia de esta información limita su uso práctico (Thomas *et al.*, 2014). Cabe destacar que, especialmente en regiones tropicales, aún existen vacíos en el conocimiento de los rasgos funcionales de especies nativas (Loureiro *et al.*, 2023). Conocer aspectos sobre la germinación, el almacenamiento de semillas, el crecimiento y la supervivencia de las plántulas facilita la identificación de especies adecuadas para la producción en vivero,

lo cual puede tenerse en cuenta al emplearlas en programas de restauración ecológica (Lu *et al.*, 2016; Sattkamp *et al.*, 2019).

En Colombia se han realizado investigaciones sobre los rasgos funcionales de las especies nativas del bosque altoandino (Mora *et al.*, 2007; Montenegro & Vargas, 2008; Franco & Ríos, 2009; Castellanos-Castro & Bonilla, 2011; Cogollo *et al.*, 2020; López-Camacho *et al.*, 2020), pero también es necesario estudiar otras especies nativas para aumentar el conjunto de especies a implementar.

Entre 2000 y 2010 se llevó a cabo un proyecto pionero de restauración ecológica en los bosques altoandinos de la zona rural de Bogotá DC, el cual incluyó diferentes escalas de trabajo, un proceso de restauración participativa y ensayos experimentales para evaluar estrategias en escenarios de transformación (Vargas, 2007). Se implementaron especies nativas para mejorar la estructura de la vegetación, manejar especies invasoras y recuperar los servicios ecosistémicos (Vargas, 2007). A partir de la caracterización de la vegetación cerca del embalse de Chisacá, se identificaron 76 especies con potencial para la restauración ecológica (Mora *et al.*, 2007), y se analizaron los rasgos funcionales de 31 especies nativas (Rodríguez & Vargas, 2007; Franco & Vargas, 2009). Sin embargo, es necesario realizar estudios sobre otras especies nativas que, por su capacidad de colonización en áreas disturbadas, podrían ser útiles en procesos de restauración (Mora *et al.*, 2007).

El objetivo de este estudio fue evaluar el uso potencial de *Buddleja bullata* Kunth (Scrophulariaceae), *Viburnum triphyllum* Benth (Viburnaceae) y *Coriaria ruscifolia* L.(Coriariaceae) en la restauración ecológica del bosque altoandino a partir de estudio de los rasgos funcionales, la propagación y el establecimiento inicial en campo. Se buscó responder a la siguiente pregunta:

¿Cuáles rasgos son más determinantes para establecer el uso potencial de las especies en la restauración ecológica del bosque altoandino?

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

Este estudio se realizó al sur de Bogotá DC, en la zona rural de la localidad de Usme, en relictos de bosque y vegetación del borde de carretera de las veredas Hato, Curubital y Olarte, incluyendo los predios de los embalses de Chisacá y la Regadera de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB), que hacen parte del sistema que abastece de agua potable a la ciudad (Herrera *et al.*, 2004) (Figura 1). La precipitación anual en esta zona es de 1154 a 1260 mm, y se presenta un patrón de precipitación bimodal, con dos períodos de mayor precipitación en el año: de marzo a julio y de octubre a noviembre, según datos de la estación Regadera 2010 de la EAAB.



Figura 1. Mapa de la zona rural de Usme. Las estrellas indican los puntos de colecta de ejemplares de herbario de las tres especies.

### Especies seleccionadas

Se seleccionaron tres especies, *i.e.*, *B. bullata* (Scrophulariaceae), *V. triphyllum* (Viburnaceae) y *C. ruscifolia* (Coriariaceae), bajo los siguientes criterios:

1. abundancia en relictos de vegetación nativa
2. presencia en claros de bosque y en bordes de caminos
3. especies leñosas con dispersión local y regional

Se colectaron ejemplares que se depositaron en el Herbario Nacional Colombiano (COL), con los siguientes números de catálogo: *B. bullata*: 547950, 547953; *V. triphyllum*: 547949; *C. ruscifolia*: 547954, 547951.

## Rasgos funcionales

Se evaluaron trece rasgos agrupados de la siguiente manera: rasgos del individuo, foliares, regenerativos, radiculares y del individuo (Cornelissen *et al.*, 2003). También se estimó la producción de hojarasca teniendo en cuenta estudios realizados en el bosque altoandino (Rodríguez & Vargas, 2007; Franco & Vargas, 2009) (Tabla 1).

### Rasgos del individuo

Se hicieron recorridos en zonas disturbadas, bordes de carretera y parches de bosque alto andino secundario y se seleccionaron diez individuos por especie, sanos y con buena exposición al sol. Se identificó la forma de crecimiento de las especies por medio de observaciones en campo y revisión bibliográfica (Norman, 1982; Pennington *et al.*, 2004; Shalisko *et al.*, 2007; Mahecha, 2012). También se estimó la altura de los árboles calculando la distancia desde el suelo hasta la parte superior de la copa del árbol (Cornelissen *et al.*, 2003), y se midió el diámetro del tallo. Para *B. bullata* y *V. tryphyllum*, se midió el diámetro a la altura del pecho (DAP), mientras que, para *C. rusicifolia*, se midió el diámetro basal del tallo rizomatoso. Por último, se midió la cobertura proyectando el área de la copa del árbol en el suelo (Vallejo *et al.*, 2005).

### Rasgos foliares

Para evaluar el área foliar y el peso fresco y seco, se colectaron cinco hojas desarrolladas, sanas y expuestas al sol de cada individuo, para un total de 50 hojas por especie. En el laboratorio se midió el área foliar tomando fotografías de las hojas con pecíolo, las cuales se analizaron con el programa IMAGEJ 1.41. Se midieron los pesos fresco y seco en una balanza analítica (Adventur tm OHAUS±0.01 gr). Para este último, se secaron las hojas en un horno a 60 °C durante 72 horas hasta alcanzar un peso constante. Posteriormente, con estos datos se calcularon los índices AFE = área foliar/peso seco ( $\text{mm}^2 \cdot \text{mg}^{-1}$ ) y CMSF = peso seco/peso fresco ( $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ ) (Cornelissen *et al.*, 2003).

**Tabla 1.** Rasgos funcionales evaluados para las tres especies seleccionadas

Categoría	Rasgo evaluado
Rasgos de individuo	Forma de crecimiento
	Altura (m)
	Diámetro del tallo (cm)
	Cobertura de la copa ( $\text{m}^2$ )
Rasgos foliares	Área foliar específica (AFE) ( $\text{mm}^2 \cdot \text{mg}^{-1}$ )
	Contenido de materia seca foliar (CMSF) ( $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ )
	Producción de hojarasca ( $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{mes}^{-1}$ )
Rasgos regenerativos	Tipo de dispersión
	Número de semillas por fruto
	Largo y ancho de la semilla (mm)
Rasgos radiculares	Masa de la semilla (mg)
	Presencia de micorrizas arbusculares
	Presencia de nódulos fijadores de nitrógeno

Se estimó la producción de hojarasca por medio de bolsas de malla plástica de 60 x 95 cm, las cuales se colocaron debajo de la copa de cada uno de los treinta árboles, manteniendo una abertura de 90 cm<sup>2</sup>. Estas bolsas se instalaron en febrero de 2010, y luego de 30 días, el material colectado se secó en un horno a 70 °C durante 48 horas para medir el peso seco (Franco & Vargas, 2009).

### **Rasgos regenerativos**

El tipo de dispersión se determinó teniendo en cuenta las características de los frutos, los reportes de la literatura y las observaciones en campo (Norman, 1982; Pennington *et al.*, 2004; Mahecha, 2012). Para evaluar los demás rasgos, se colectaron frutos de por lo menos siete individuos de cada especie, y posteriormente se extrajeron las semillas. Para el caso de los frutos carnosos de *C. ruscifolia* y *V. triphyllum*, luego de retirar la pulpa, las semillas se mantuvieron a temperatura ambiente sobre papel periódico.

Se midió el largo y el ancho de las semillas utilizando un calibrador manual con una precisión de 0.05 mm (Souza & Válio, 2001), y se calculó la masa de las semillas en función de su tamaño: para *B. bullata*, se pesó un lote de 100 semillas; para *C. ruscifolia*, se pesaron cuatro lotes de 25 semillas; y, para *V. triphyllum*, se pesaron 40 semillas (Souza & Válio, 2001; Cornelissen *et al.*, 2003).

### **Rasgos radiculares**

Para analizar estos rasgos, se tomaron muestras de raíces de diez individuos por especie. En el laboratorio se lavaron con agua, y se observó la presencia de nódulos de nitrógeno (Cornelissen *et al.*, 2003). Para identificar simbiosis con micorrizas arbusculares, se tuvo en cuenta la metodología de Vierheilig *et al.* (1998) y Cornelissen *et al.* (2003). Las raíces se aclararon con KOH 10 % en baño de María a 70 °C por diez minutos. Si la coloración de la raíz persistía, se aplicaba agua oxigenada por cinco minutos a baño de María. Luego, se aplicó HCl al 10 % por cinco minutos, y finalmente se realizó una tinción con una solución de ácido acético y tinta Parker azul al 5 %. Posteriormente, se realizaron cortes de las raicillas más finas, y se observaron al microscopio diez fragmentos de raíz de 1 cm de largo, con el fin de identificar arbusculos intracelulares en las raíces.

### **Ensayos de propagación**

Se colectaron semillas sanas y maduras de cada especie, y se seleccionó un lote de 200 semillas para realizar pruebas de germinación. Luego, en una solución de hipoclorito de sodio al 2 %, se desinfectaron las semillas durante diez minutos y se colocaron en una caja de Petri sobre con dos hojas de papel húmedo (Aguilar *et al.*, 1993). Durante cuatro semanas, dos veces por semana, se cuantificó el número de semillas germinadas usando como criterio la emergencia de la radícula (Souza & Válio, 2001). Además, se calculó el porcentaje de germinación (PG). Para *C. ruscifolia* y *B. bullata*, las semillas germinadas se sembraron en bandejas con tierra negra en un vivero, y, cada semana durante ocho semanas, se contó el número de plántulas vivas, para evaluar el porcentaje de supervivencia (PS). En el caso de *V. triphyllum*, ninguna semilla germinó en las cajas de Petri, por lo cual se estimó la germinación de semillas sembradas directamente en tierra negra en condiciones de vivero durante cuatro meses. Posteriormente, se realizaron trasplantes para evaluar el porcentaje de supervivencia semanalmente durante ocho semanas.

Para evaluar el crecimiento de las plántulas, se registró la altura inicial correspondiente a la distancia vertical desde el suelo hasta el ápice más alto de la plántula, además de la cobertura como el área de un rombo a partir de la envergadura máxima de las hojas en cada eje horizontal (Cabrera-Amaya & Vargas, 2009). Se inició la medición una vez emergió el primer par de hojas verdaderas, y la medición final se registró luego de ocho semanas. Se calculó la tasa de crecimiento relativa (TCR) de la altura y la cobertura a través la siguiente Ecuación:

$$TCR = (In Medición_{final} - In Medición_{inicial}) / (tiempo_{final} / tiempo_{inicial}) \quad (\text{Hunt, 1990}) \quad (1)$$

## Ensayo del establecimiento en campo

En los predios aledaños del embalse de Chisacá, en un área de control de *Ulex europaeus* L., se sembraron plantas de las tres especies, propagadas en vivero, con una altura entre 5 y 10 cm. La siembra, realizada el 25 de agosto de 2010, tuvo como objetivo densificar la cobertura vegetal presente en la zona. Los muestreos se realizaron cada 40 días, durante 160 días. Se estimaron el porcentaje de supervivencia, la TCR en altura y la TCR en cobertura.

## Análisis de datos

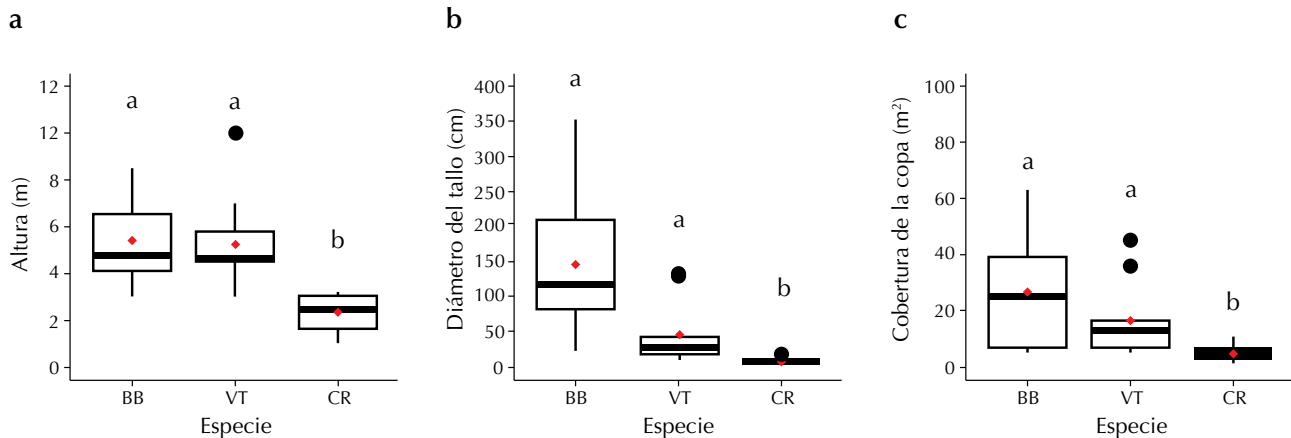
Se evaluó la normalidad con la prueba de Shapiro-Wilk, y la homogeneidad de varianzas con la prueba de Levene. Para la variable altura se realizó un análisis de varianza (ANOVA), seguido de una prueba de Tukey. Para las variables AFE, TCR en altura en vivero y TCR en cobertura en vivero y en campo, se realizó un ANOVA de Welch, debido a la falta de homogeneidad de varianzas, y luego una prueba Games-Howell. Para las variables diámetro del tallo, cobertura de la copa, largo, ancho de semilla y TCR en altura en campo, se realizó una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, seguida de la prueba de Nemenyi. Para el caso de datos no balanceados, se realizó la prueba de Dunn. Los análisis estadísticos se realizaron con el programa R (R Core Team, 2024), usando los paquetes *stats* (R Core Team, 2024), *car* (Fox & Weisberg, 2019), *PMCMR* (Pohlert, 2014), *rstatix* (Kassambara, 2021) y *ggplot2* (Wickham, 2016).

## RESULTADOS

### Rasgos funcionales

#### Rasgos del individuo

*B. bullata* y *V. triphyllum* son árboles, mientras que *C. ruscifolia* es un arbusto reptante o escandente, cuyo tallo rizomatoso se extiende paralelamente al suelo y desarrolla nuevas ramas. *B. bullata* y *V. triphyllum* presentaron los mayores valores en altura ( $5.40 \pm 1.76$  m y  $5.25 \pm 2.04$  m respectivamente), mientras que *C. ruscifolia* presentó los valores más bajos, significativamente diferentes ( $2.29 \pm 0.82$  m) (Figura 2a). Los valores máximos de altura fueron 10 m para *V. triphyllum*, 8.5 m para *B. bullata* y 3.2 para *C. ruscifolia*. En cuanto al DAP y la cobertura, los valores para *B. bullata* ( $146.76 \pm 101.78$  cm y  $26.72 \pm 21.19$  m<sup>2</sup>) y *V. triphyllum* ( $46.83 \pm 46.04$  cm y  $16.30 \pm 13.42$  m<sup>2</sup>) difirieron significativamente de *C. ruscifolia* ( $7.90 \pm 3.73$  cm y  $4.65 \pm 2.86$  m<sup>2</sup>) (Figuras 2b y 2c).



**Figura 2.** Gráficos de caja de los rasgos vegetativos: a) altura, b) diámetro del tallo y c) cobertura de la copa. N = 10. BB = *B. bullata*, VT = *V. triphyllum* y CR = *C. ruscifolia*. Letras diferentes indican diferencias significativas con  $p < 0.05$ . Los puntos rojos indican la media de cada especie.

### Rasgos foliares

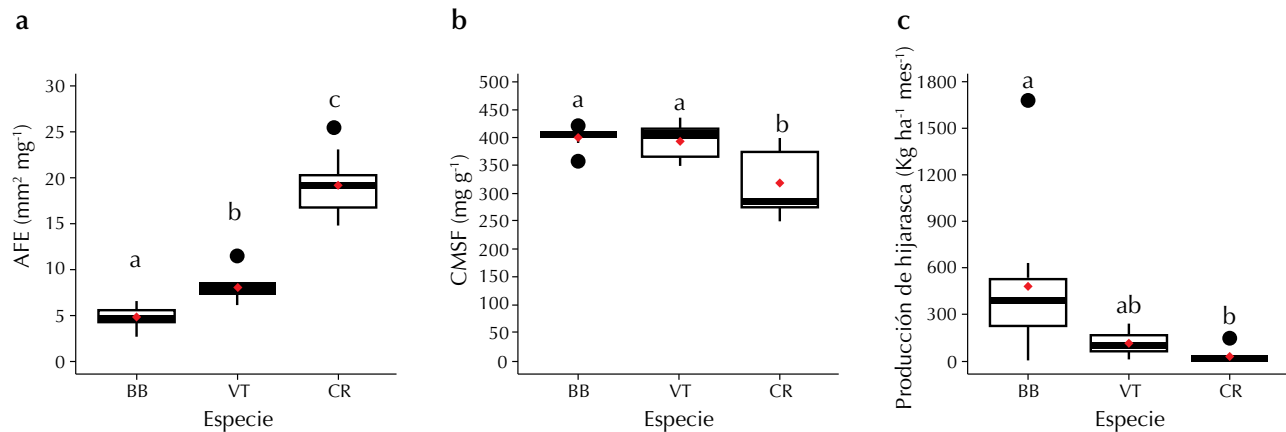
En cuanto a los índices foliares, para el AFE se encontraron diferencias significativas entre las tres especies. *C. ruscifolia* presentó el mayor valor ( $18.92 \pm 3.17 \text{ mm}^2 \cdot \text{mg}^{-1}$ ), seguida de *V. triphyllum* ( $7.86 \pm 1.42 \text{ mm}^2 \cdot \text{mg}^{-1}$ ), mientras que *B. bullata* registró el menor valor ( $4.72 \pm 2.14 \text{ mm}^2 \cdot \text{mg}^{-1}$ ) (Figura 3a). Para el CMSF, *C. ruscifolia* presentó los menores valores ( $318.81 \pm 59.31 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ ), además de diferencias significativas con *B. bullata* y *V. triphyllum* ( $401.11 \pm 17.75 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$  y  $393.55 \pm 30.83 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$  respectivamente) (Figura 3b). En cuanto a la producción de hojarasca, *B. bullata* presentó el mayor valor ( $482.59 \pm 488.06 \text{ Kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{mes}^{-1}$ ) y diferencias significativas con *C. ruscifolia* ( $24.22 \pm 44.47 \text{ Kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{mes}^{-1}$ ). Entretanto, *V. triphyllum* no mostró diferencias significativas, con un valor medio de  $133.44 \pm 73.99 \text{ Kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{mes}^{-1}$  (Figura 3c).

### Rasgos regenerativos

*B. bullata* tiene cápsulas dehiscentes que contienen más de diez semillas aladas, las cuales son dispersadas por el viento. Por su parte, *V. triphyllum* produce drupas carnosas con una sola semilla de color vino tinto en su madurez, y sus semillas son dispersadas por aves. *C. ruscifolia* tiene pétalos y sépalos carnosos de color púrpura que rodean cinco achenios y también es dispersada por aves. Las semillas de *V. triphyllum*, presentaron los mayores valores de largo y ancho, difiriendo significativamente de las otras especies, y *B. bullata* y *C. ruscifolia* registraron diferencias significativas en el ancho. Las semillas más livianas fueron las de *B. bullata*, seguidas por las de *C. ruscifolia*, mientras que las de *V. triphyllum* fueron las más pesadas (Tabla 2).

### Rasgos radiculares

*B. bullata* y *C. ruscifolia* presentaron asociación con micorrizas arbusculares en un 30 y 20 % de los diez individuos evaluados, y *C. ruscifolia* presentó nódulos de nitrógeno en un 30 % de los individuos.



**Figura 3.** Gráficos de caja de los rasgos foliares: a) AFE, b) CMSF y c) producción de hojarasca. BB = *B. bullata*, VT = *V. triphyllum* y CR = *C. ruscifolia*. Letras diferentes indican diferencias significativas con  $p < 0.05$ . Los puntos rojos indican la media de cada especie.

## Ensayos de propagación

*B. bullata* y *C. ruscifolia* registraron los mayores porcentajes de germinación en comparación con *V. triphyllum*, y sus plántulas fueron de menor tamaño y presentaron una menor supervivencia. En el caso de *B. bullata*, se observó que las plántulas son muy sensibles a la reducción de la humedad, mientras que las de *C. ruscifolia* son atacadas por herbívoros. Las plántulas de *V. triphyllum* registraron un mayor tamaño y los mayores valores de PS y TCR en altura y cobertura (Tabla 3 y Anexo 1). Todas las especies presentaron diferencias significativas en la TCR en altura y cobertura (Figuras 4a y 4b).

## Ensayo de establecimiento en campo

Después de 160 días, las plantas de *V. triphyllum* presentaron la mayor supervivencia y altura. En cuanto a la TCR en altura, las plantas de *V. triphyllum* y *B. bullata* registraron los mayores valores, difiriendo significativamente de las plantas de *C. ruscifolia*, las cuales reportaron valores negativos relacionados con su forma de crecimiento reptante, que favorece el crecimiento paralelo al suelo, aumentando su cobertura. *B. bullata* presentó el mayor valor promedio de cobertura, pues tiene las hojas más grandes. Sin embargo, su TCR en cobertura presentó valores negativos, asociados a la marchitez de sus primeras hojas. No se detectaron diferencias significativas para la TCR en cobertura (Tabla 4; Figuras 4c y 4d).

**Tabla 2.** Rasgos regenerativos de *B. bullata*, *V.triphyllum* y *C. ruscifolia*.

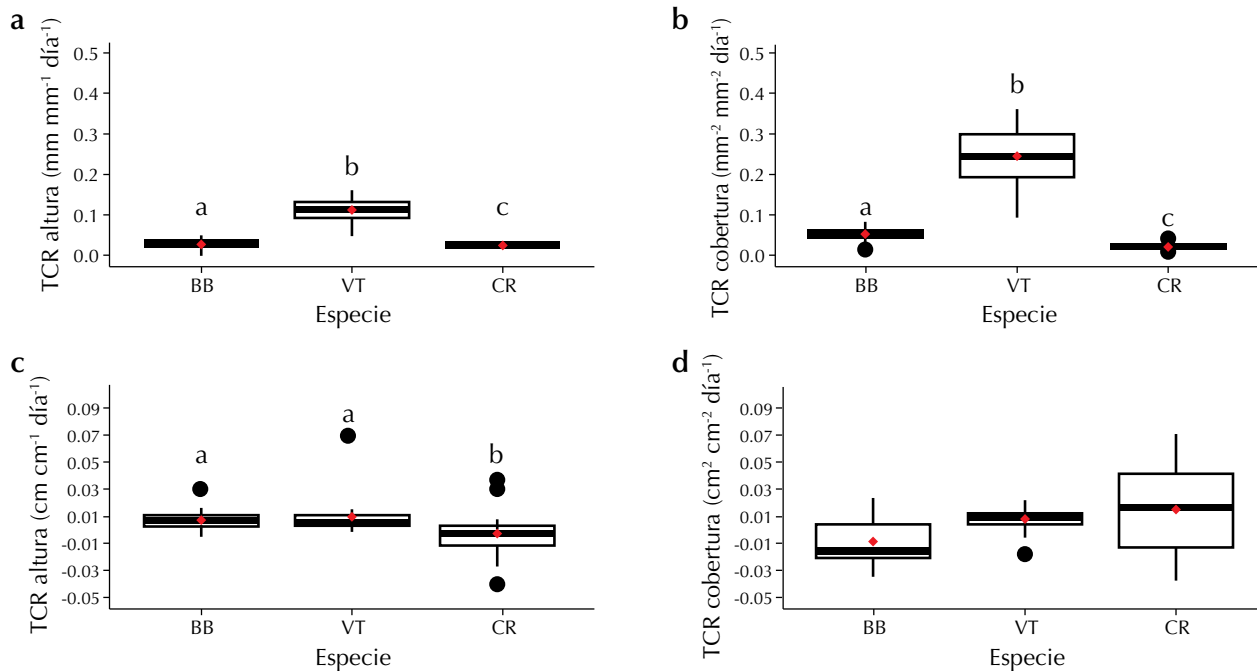
Letras diferentes indican diferencias significativas con  $p < 0.05$ .

Rasgo	<i>B. bullata</i>	<i>V.triphyllum</i>	<i>C. ruscifolia</i>
Tipo de dispersión de la semilla	Anemocoría	Zoocoría	Zoocoría
Número de semillas por fruto	>10	1	5
Largo de la semilla (mm)	1.94 ± 0.26 <sup>b</sup>	7.73 ± 1.40 <sup>a</sup>	2.09 ± 0.11 <sup>b</sup>
Ancho de la semilla (mm)	0.68 ± 0.12 <sup>a</sup>	6.21 ± 0.46 <sup>b</sup>	1.45 ± 0.08 <sup>c</sup>
Masa de la semilla (mg)	0.05 ± 0.00 (N=100)	124.87 ± 21.87 (N=40)	1.19 ± 0.06 (N=100)

**Tabla 3.** Resultados de ensayos de propagación de *B. bullata*, *V.triphyllum* y *C. ruscifolia* en vivero.

PG = porcentaje de germinación, PS = Porcentaje de supervivencia. En el caso de *V. triphyllum*, el valor de PG corresponde a germinación en condiciones de vivero.

Variable	<i>B. bullata</i>	<i>V.triphyllum</i>	<i>C. ruscifolia</i>
PG (%)	87 (N=200)	38.5 (N=200)	70 (N=200)
PS (%)	46 (N=128)	80 (N=75)	31 (N=128)
Altura (mm)	10.0 ± 3.79 (N=24)	80.14 ± 8.65 (N=14)	29.11 ± 3.06 (N=9)
TCR en altura (mm mm <sup>-1</sup> .día <sup>-1</sup> ):	0.03 ± 0.03 (N=24)	0.11 ± 0.03 (N=14)	0.03 ± 0.01 (N=9)
Cobertura (mm <sup>2</sup> )	222.6 ± 165.77 (N=24)	1505.00 ± 440.03 (N=14)	54.17 ± 13.66 (N=9)
TCR en cobertura (mm <sup>2</sup> . mm <sup>-2</sup> .día <sup>-1</sup> )	0.05 ± 0.02(N=24)	0.25 ± 0.07 (N=14)	0.02 ± 0.01 (N=9)



**Figura 4.** Gráficos de cajas de las TCR de las plántulas en vivero y en campo: a) TCR en altura en vivero, b) TCR en cobertura en vivero, c) TCR en altura en campo y d) TCR en cobertura en campo. BB = *B. bullata*, VT = *V. triphyllum* y CR = *C. ruscifolia*. Letras diferentes indican diferencias significativas con  $p < 0.05$ .

Los puntos rojos indican la media de cada especie.

**Tabla 4.** Resultados del establecimiento de *B. bullata*, *V. triphyllum* y *C. ruscifolia* en campo luego de 160 días. PS= porcentaje de supervivencia.

Variable	<i>B. bullata</i>	<i>V. triphyllum</i>	<i>C. ruscifolia</i>
PS (%)	68.7 (N=16)	100 (N=16)	72 (N=25)
Altura (cm)	15.45 ± 7.93 (N=11)	21.94 ± 5.22 (N=16)	9.11 ± 5.32 (N=18)
TCR en altura (cm cm <sup>-1</sup> .día <sup>-1</sup> )	0.008 ± 0.010 (N=11)	0.010 ± 0.016 (N=16)	-0.002 ± 0.015 (N=18)
Cobertura (cm <sup>2</sup> )	76.0 ± 59.7 (N=11)	70.5 ± 31.0 (N=16)	47.9 ± 78.6 (N=18)
TCR en cobertura (cm <sup>2</sup> cm <sup>-2</sup> .día <sup>-1</sup> )	-0.008 ± 0.020 (N=11)	0.007 ± 0.010 (N=16)	0.012 ± 0.033 (N=18)

## DISCUSIÓN

Las diferencias encontradas en los rasgos vegetativos de altura, diámetro del tallo y cobertura concuerdan con las diferentes formas de crecimiento de las plantas. Los mayores valores se observan en los árboles de *B. bullata* y *V. triphyllum*, y los menores en los arbustos rizomatosos de *C. ruscifolia*. La mayor altura de *B. bullata* y *V. triphyllum* puede favorecer la dispersión de semillas (Muller-Landau *et al.*, 2008) y la intercepción de luz, un proceso clave en la competencia (Kunstler *et al.*, 2016). La cobertura de la copa está relacionada con la generación de sombra, que puede ser útil en el control de especies invasoras (Carlucci *et al.*, 2020). Así las cosas, *B. bullata* y *V. triphyllum* pueden ser útiles para generar sombra y conformar doseles. Esto coincide con lo reportado para *B. bullata*, que forma doseles en poblaciones silvestres (León-Moya, 2011). La resistencia a las heladas de *B. bullata* y *V. triphyllum* (Díaz, 2007) favorece la permanencia de estos doseles a lo largo del año en lugares donde dichos eventos son comunes, como en los departamentos de Cundinamarca y Boyacá, amortiguando cambios drásticos en las temperaturas y facilitando el establecimiento de otras especies.

Por otro lado, *C. ruscifolia* puede ser útil en la densificación del estrato arbustivo existente debido a su hábito escandente leñoso. Sin embargo, esta densificación del dosel sería transitoria, dado que, luego de eventos de bajas temperaturas, pierde sus hojas y sus ramas. Este comportamiento refleja mecanismos similares a los de otras especies de la familia Coriariaceae en regiones estacionales (Carlquist, 1985). Sin embargo, la supervivencia de su rizoma permite que esta especie persista luego de dichos eventos (Weiher *et al.*, 1999).

En cuanto al AFE, *C. ruscifolia* presenta un mayor valor (18.92±3.17 mm<sup>2</sup>.mg<sup>-1</sup>) en comparación con la especie sucesional temprana del bosque altoandino *Verbesina crassiramea* S. F. Blake (12 mm<sup>2</sup>.mg<sup>-1</sup>) (Franco & Vargas, 2009), por lo que podría crecer rápidamente y correspondería a una especie sucesional temprana. *V. triphyllum* y *B. bullata* estarían más asociadas a especies intermedias, pues los valores bajos de AFE se relacionan con especies de crecimiento lento y con una alta longevidad de hojas (Garnier *et al.*, 2016). Al registrar los mayores valores de CMSF, las hojas de *B. bullata* y *V. triphyllum* presentarían una menor digestibilidad de materia seca y una menor tasa de descomposición de hojarasca en comparación con *C. ruscifolia* (Garnier *et al.*, 2016).

*B. bullata* presenta los mayores valores de producción de hojarasca mensual (482.59 Kg.ha<sup>-1</sup>), similares a los de especies con alta producción como *V. crassiramea* (486.93 Kg.ha<sup>-1</sup>) (Franco & Vargas, 2009). Esto indicaría que esta especie puede contribuir a la formación de mantillo, favoreciendo la protección del suelo y la formación de humus (Celentano *et al.*, 2011).

Se observan diferencias en los rasgos regenerativos relacionados con la dispersión, el establecimiento y la persistencia de las especies. La dispersión anemócora de *B. bullata* puede contribuir a la lluvia de semillas en la zona, favoreciendo procesos de regeneración natural. Además, sus semillas livianas pueden ser dispersadas a mayores distancias (Muller-Landau *et al.*, 2008), lo cual permite que la especie pueda colonizar nuevas áreas (Larson & Funk, 2016). Al presentar dispersión por zoocoría, *V. triphyllum* y *C. ruscifolia* brindan ventajas para la restauración, pues sus frutos carnosos atraen fauna dispersora favoreciendo el aumento de la diversidad vegetal en la zona (Reis *et al.*, 1999; Duarte *et al.*, 2013). Esto concuerda con los reportes del consumo de frutos de *V. triphyllum* por parte de aves en Bogotá DC (Zuluaga-Carrero *et al.*, 2020).

Rasgos como la masa de la semilla y la tasa de crecimiento de las plántulas están relacionados con el establecimiento (Saatkamp *et al.*, 2019). La especie analizada que presenta el mejor establecimiento es *V. triphyllum*, aunque sus semillas registran el menor porcentaje de germinación (38.5 %). Una vez germinan, sus plántulas tienen un alto porcentaje de supervivencia (80 %), así como las mayores tasas de crecimiento en altura y cobertura (Figura 4). Las semillas de esta especie también presentan la mayor masa, lo cual puede estar asociado a la alta supervivencia de sus plántulas (Garnier *et al.*, 2016; Moles *et al.*, 2006). En contraste, las semillas de *B. bullata* y *C. ruscifolia* presentan menor masa y menores porcentajes de supervivencia. Aunque registran valores altos de germinación (87 y 70 %), menos de la mitad de sus plántulas sobreviven (46 y 31 %), lo que sugiere barreras para el establecimiento de las plántulas después de la germinación de la semilla.

En campo, las tres especies presentaron un alto porcentaje de supervivencia, indicando su buen potencial de establecimiento en condiciones naturales (Tabla 4). *V. triphyllum* presentó una supervivencia del 100 % y los mayores valores de crecimiento, y sus plantas alcanzaron la mayor altura (21.94 cm). Por su parte, *B. bullata* presentó menores valores de TCR en altura, y sus plantas alcanzaron una altura intermedia (15.45 cm), mientras que *C. ruscifolia* registró valores negativos debido a su hábito escandente —sus ramas crecen horizontalmente al suelo— y alcanzó la menor altura (9.11 cm). Al comparar la TCR en altura de *V. crassiramea* (0.0160 cm.día<sup>-1</sup>), un árbol de rápido crecimiento asociado a la sucesión temprana (Franco & Vargas, 2009), se observó que *B. bullata* y *V. triphyllum* tienen menores tasas de crecimiento, relacionadas con una fase intermedia de la sucesión.

La persistencia *B. bullata* y *C. ruscifolia* puede asociarse con micorrizas arbusculares. Esto permite que el hongo les brinde nutrientes, agua y protección contra patógenos (Faucon *et al.*, 2017), favoreciendo el crecimiento y la supervivencia de las plantas (Álvarez *et al.*, 2007). *C. ruscifolia* también presenta nódulos de nitrógeno, al igual que otras especies (Cornelissen *et al.*, 2003; Tiwari *et al.*, 2003). Incluso se ha reportado que la simbiosis de plantas de *Coriaria* con micorrizas arbusculares y bacterias fijadoras de nitrógeno tiene un efecto

facilitador en el crecimiento de plántulas de otras especies, lo cual puede ser útil en procesos de rehabilitación y revegetación (Sprent & Parsons, 2000; Tiwari *et al.*, 2003). Por ello, el uso y manejo de *C. ruscifolia* puede facilitar el establecimiento de otras especies de interés y favorecer la fijación de nitrógeno.

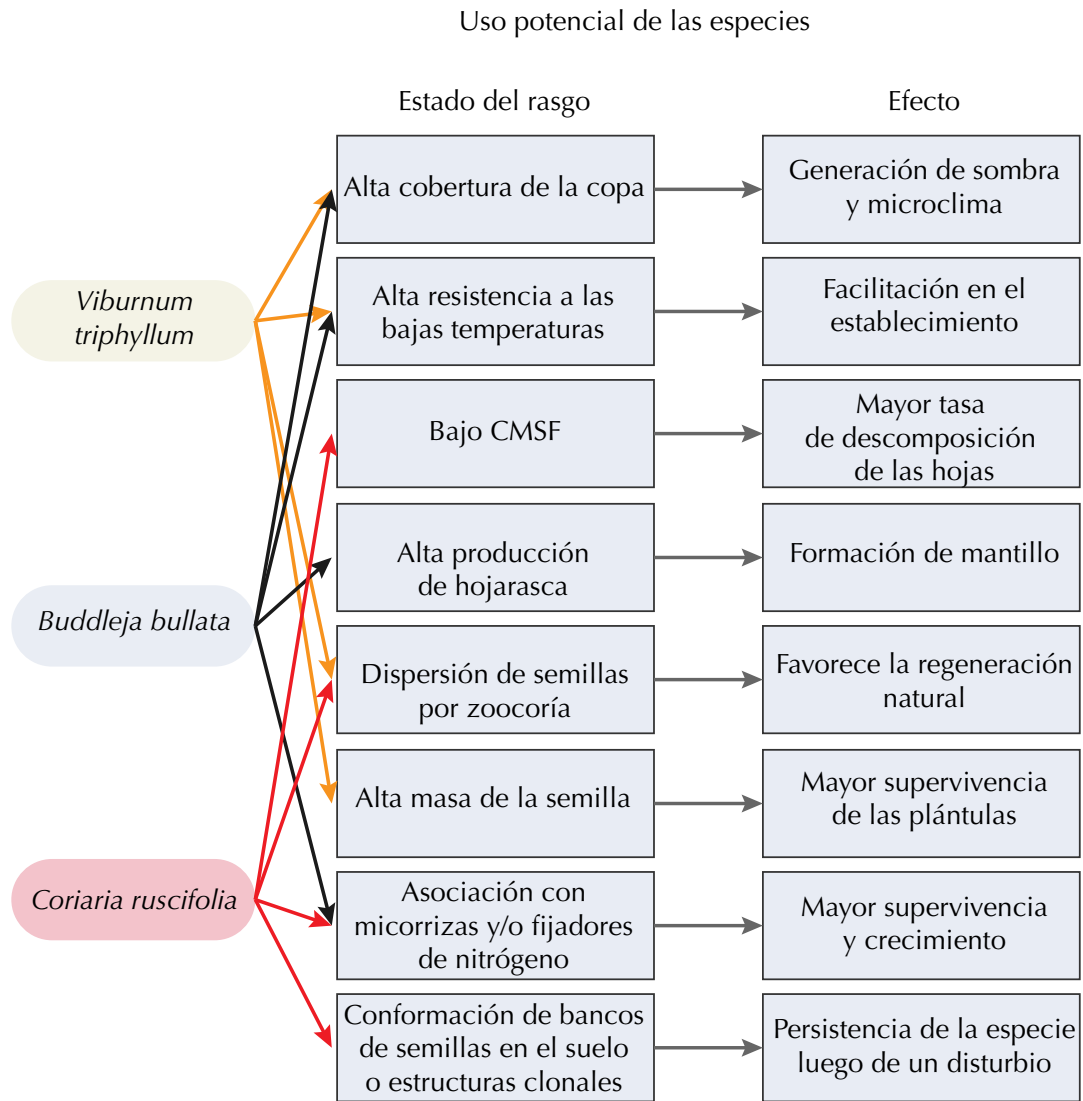
Adicionalmente, en Chisacá se ha reportado que *C. ruscifolia* conforma bancos de semillas en el suelo (Portillo, 2011). Esta estrategia de regeneración está asociada a especies de sucesión temprana (Duarte *et al.*, 2013) y favorece la persistencia y el establecimiento de la especie luego de un disturbio.

## Usos potenciales de las especies

A partir de los resultados obtenidos, podemos identificar los usos potenciales de las especies analizadas en diferentes estadios sucesionales del bosque andino (Figura 5). En la fase temprana de la sucesión, se recomienda el uso de *C. ruscifolia*, pues su alto valor de AFE indica que tiende a presentar una estrategia adquisitiva. Su hábito escandente leñoso sería útil para densificar el dosel arbustivo. Además, la dispersión zoócora de sus semillas favorece la atracción de avifauna, lo que puede favorecer procesos de regeneración natural y aumentar la diversidad de la zona. La simbiosis con micorrizas y organismos fijadores de nitrógeno aumentaría la cantidad de nutrientes disponibles en el suelo y generaría un efecto de facilitación en otras especies no simbióticas y con bajas tasas de supervivencia y crecimiento, pero claves en la restauración del bosque andino. Sus bajos valores de CMSF están relacionados con una alta tasa de descomposición de hojarasca. Adicionalmente, la presencia de rizomas y la capacidad de conformar bancos de semillas favorecen la persistencia de esta especie luego de eventos de heladas o disturbios.

*B. bullata* puede ser implementada en fases intermedias de la sucesión, dados su lento crecimiento y su bajo valor de AFE. A largo plazo, tiene el potencial de formar doseles persistentes debido a su tolerancia a las heladas, lo que puede generar microclimas favorables para el establecimiento de otras especies. Esta especie puede contribuir a la conformación de mantillo, enriqueciendo el suelo gracias a su alta producción de hojarasca. La asociación con micorrizas arbusculares favorece su supervivencia y crecimiento, y podría aportar a procesos de facilitación en otras especies.

*V. triphyllum* también tiene un uso potencial en fases intermedias de la sucesión debido a sus valores medios de AFE. Esta especie forma doseles persistentes a largo plazo y sería útil para generar estratos de hasta 5 m de altura en la vegetación. Sus frutos brindan recursos a la fauna del lugar, propiciando la llegada de otras semillas a la zona. Aunque se demora en germinar, esta especie es fácil de propagar y presenta una alta supervivencia en vivero. Se recomiendan más estudios sobre su germinación que a su vez ayuden a mejorar su propagación, como un análisis de la imbibición en agua o la escarificación. Esta especie tiene un buen establecimiento en campo y crece bien en lugares expuestos al sol, por lo que también puede ser usada para generar una barrera vegetal que disminuya el impacto de las heladas.



**Figura 5.** Diagrama esquemático del uso potencial de las especies a partir de los estados de los rasgos funcionales y su posible efecto en los procesos del ecosistema a restaurar

## CONCLUSIONES

Entre los rasgos evaluados para identificar el uso potencial de las especies se destaca el AFE, que se relaciona con las estrategias adquisitivas o conservativas de las especies, lo cual permite determinar la fase de implementación más adecuada. Gracias a la generación de sombra, la cobertura favorece el microclima, el manejo de especies invasoras y la resistencia a heladas, pues ayuda a mantener las coberturas vegetales. El CMSF y la producción de hojarasca están asociados a las tasas de descomposición de hojas y la formación de mantillo en el suelo, lo que puede mejorar los nutrientes y la humedad del suelo. La dispersión de las semillas permite

identificar especies que atraen fauna y, por tanto, pueden favorecer los procesos de regeneración natural, así como la masa de la semilla, que se relaciona con una mayor supervivencia de las plántulas. Por último, identificar especies que puedan asociarse con micorrizas arbusculares y bacterias fijadoras de nitrógeno incentiva el uso de técnicas que favorezcan esta simbiosis desde la fase de vivero, con el fin de facilitar su supervivencia y establecimiento, además del establecimiento en campo de otras especies de interés.

Conocer la germinación, la supervivencia y las tasas de crecimiento aporta información práctica para producción de especies en vivero y su establecimiento en campo. También permite identificar, junto con los rasgos evaluados, el uso potencial de las especies y barreras en su establecimiento, en aras de plantear acciones de manejo.

*B. bullata* y *V. triphyllum* pueden ser usadas para generar doseles y amortiguar el efecto de heladas en la zona de estudio. Por su parte, *B. bullata* favorece la formación de mantillo, y su asociación con micorrizas puede facilitar el establecimiento de otras especies. *V. triphyllum* y *C. ruscifolia* promueven la llegada de semillas de otras especies a la zona, aumentando la diversidad vegetal debido a su dispersión zoócora, y *C. ruscifolia* puede favorecer la disponibilidad de nutrientes al presentar simbiosis con micorrizas y bacterias fijadoras de nitrógeno, facilitando el establecimiento de otras especies.

## AGRADECIMIENTOS

Este estudio se realizó en el marco del convenio 00008 de 2009 entre la Universidad Nacional de Colombia y la Secretaría Distrital de Ambiente, y fue financiado por la secretaria Distrital de Ambiente y la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá. Agradecemos a los profesores de del departamento de Biología de la Universidad Nacional de Colombia: a Orlando Rivera por su ayuda en la determinación taxonómica, a Hernando Valencia por su apoyo en el Laboratorio de Suelos, a Xavier Marquínez por su apoyo con la morfología de *C. ruscifolia*, a Mónica Cuervo por su colaboración en el Laboratorio del Grupo De Investigación en Biología de Organismos Tropicales y a los compañeros del Grupo de Restauración Ecológica (GREUNAL) Laura Franco, Liz Ávila, Oscar Rojas y Olga León. Agradecemos a Myriam Peña, Nataly Puerta, Adriana Olarte, Carlos Saénz, Martha Martínez, Gerardo Malagón, Abelardo Parra, Felipe Castiblanco y Carlos González por su valioso apoyo en campo y a Adriana Ávila por su apoyo en la cartografía.

## CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener conflicto de intereses

## CONTRIBUCIÓN POR AUTOR

L. M-P y O.V. planearon y diseñaron la investigación. L. M-P y O.V. llevaron a cabo la investigación en campo. L. M-P realizó las mediciones en laboratorio y el análisis de los datos. Todos los autores redactaron el manuscrito, contribuyeron a la discusión y comentaron los borradores.

## REFERENCIAS

- Aguiar, I. B., Figliolia, M. B., & Piña- Rodrigues, F. M.** (1993). *Sementes florestais tropicais*. Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes.
- Álvarez, J., Guadarrama, P., Sánchez, I., & Olivera, D. J.** (2007). Restauración de ambientes deteriorados derivados de la selva tropical húmeda: el uso de los hongos micorrizógenos arbusculares. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 80(Sup.), 59-68.
- Bochet, E., Tormo, J., & García-Fayos, P.** (2010). Native species for roadslope revegetation: Selection, validation, and cost effectiveness. *Restoration Ecology*, 18(5), 656-663.  
<https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2008.00496.x>
- Brudvig, L. A., & Mabry, C. M.** (2008). Trait-based filtering of the regional species pool to guide understory plant reintroductions in midwestern oak savannas, U.S.A. *Restoration Ecology*, 16(2), 290-304.  
<https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2007.00317.x>
- Cabrera- Amaya, D. M., & Vargas, O.** (2009). Crecimiento diferencial de *Verbesina crassiramea* (Asteraceae) sobre suelos alterados en predios del embalse de Chisacá (Localidad de Usme, Bogotá D.C.). En O. Vargas, O. León & A. Díaz Espinosa (Eds.), *Restauración ecológica en zonas invadidas por retamos espinoso y plantaciones forestales de especies exóticas* (pp. 177-194). Universidad Nacional de Colombia.
- Carlquist, S.** (1985). Wood anatomy of Coriariaceae: Phylogenetic and ecological implications. *Systematic Botany*, 10(2), 174 -183.  
<https://doi.org/10.2307/2418343>
- Carlucci, M. B., Brancalion, P. H. S., Rodrigues, R. R., Loyola, R., & Cianciaruso, M. V.** (2020). Functional traits and ecosystem services in ecological restoration. *Restoration Ecology*, 28(6),1372-1383.  
<https://doi.org/10.1111/rec.13279>
- Castellanos-Castro, C., & Bonilla, M. A.** (2011). Grupos funcionales de plantas con potencial uso para la restauración ecológica. *Acta Biológica Colombiana*, 16(1), 175-184.
- Celentano, D., Zahawi, R. A., Finegan, B., Casanoves, F., Ostertag, R., Cole, R. J., & Holl, K. D.** (2011). Restauración ecológica de bosques tropicales en Costa Rica: efecto de varios modelos en la producción, acumulación y descomposición de hojarasca. *Revista de Biología Tropical*, 59(3), 1323-1336.
- Cogollo, A. M., Velasco, P., & Manosalva, L.** (2020). Functional characterization of plants and their utility in the selection of species for the ecological restoration of high Andean ecosystems. *Biota Colombiana*, 21(1), 1-15.  
<https://doi.org/10.21068/c2020.v21n01a01>

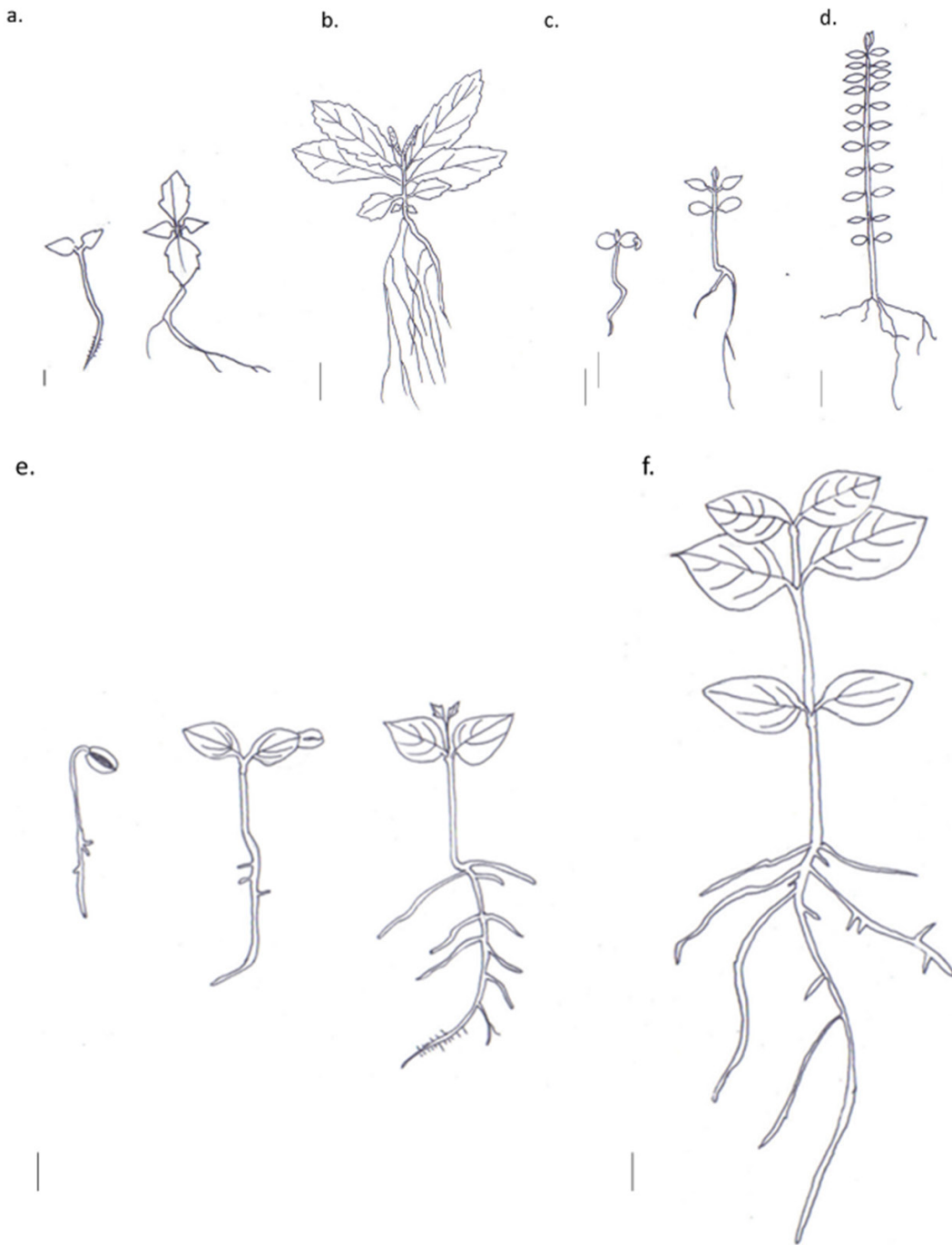
- Cornelissen, J. H. C., Lavorel, S., Garnier, E., Díaz, S., Buchmann, N., Gurvich, D. E., Reich, P. B., Ter Steege, H., Morgan, H. D., van der Heijden, M. G. A., Pausas, J. G., & Poorter, H.** (2003). A handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany*, 51(4), 335-380.  
<https://doi.org/10.1071/BT02124>
- Díaz, A.** (2007). Patrones de respuesta a heladas en árboles altoandinos sembrados en potreros y borde ripario potrerizado. En O. Vargas (Ed.), *Restauración ecológica del bosque Altoandino. Estudios diagnósticos y experimentales en los alrededores del Embalse de Chisacá (Localidad de Usme, Bogotá D.C.)* (pp. 425-444). Universidad Nacional de Colombia.
- Duarte, L. F., Assumpção, J. M., Pereira, T. S., & Luchiari, C.** (2013). *Manual técnico para a restauração de áreas degradadas no Estado do Rio de Janeiro*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro
- Faucon, M. P., Houben, D., & Lambers, H.** (2017). Plant functional traits: Soil and ecosystem services. *Trends in Plant Science*, 22(5), 385-394.  
<https://doi.org/10.1016/j.tplants.2017.01.005>
- Franco, L. G., & Vargas, O.** (2009). Rasgos de *Verbesina crassiramea* Blake, de importancia en estrategias de control de especies invasoras en los alrededores del embalse de Chisacá. En O. Vargas, O. León & A. Díaz Espinosa (Eds.), *Restauración ecológica en zonas invadidas por retamo espinoso y plantaciones forestales* (pp. 148-176). Universidad Nacional de Colombia.
- Fox, J., & Weisberg, S.** (2019). *An {R} companion to applied regression. R package version 3.1.2.*  
<https://cran.r-project.org/web/packages/car/index.html>
- Garnier, E., Navas, M. L., & Grigulis, K.** (2016). *Plant functional diversity organism traits, community structure, and ecosystem properties*. Oxford University Press.
- Herrera, Y., Díaz, M. C., Vargas, P. L., Rodas, J. C., Díaz, C. A., & Nieto S.** (2004). *Política de humedales del Distrito Capital de Bogotá*. Secretaria Distrital de Ambiente.
- Hunt, R.** (1990). *Basic grow analysis: Plant growth analysis for beginners*. Unwin Hyman.
- Kassambara, A.** (2021). rstatix: Pipe-Friendly Framework for Basic Statistical Tests. R package version 0.7.2
- Kunstler, G., Falster, D., Coomes, D. A., Hui, F., Kooyman, R. M., Laughlin, D. C., Poorter, L., Vanderwel, M., Vieilledent, G., Wright, S. J., Aiba, M., Baraloto, C., Caspersen, J., Cornelissen, J. H. C., Goulet-Fleury, S., Hanewinkel, M., Hérault, B., Kattge, J., Kurokawa, H., ... Westoby, M.** (2016). Plant functional traits have globally consistent effects on competition. *Nature*, 529(7585), 204-207.  
<https://doi.org/10.1038/nature16476>
- Larson, J. E., & Funk, J. L.** (2016). Regeneration: An overlooked aspect of trait-based plant community assembly models. *Journal of Ecology*, 104(5), 1284-1298.  
<https://doi.org/10.1111/1365-2745.12613>

- León-Moya, O.** (2011). Evaluación de fuentes semilleras de *Buddleja bullata* (BUDDLEJACEAE) como especie potencial para restauración ecológica. *Pérez-Arbelaezia*, 20, 107-125.
- López-Camacho, R., Quintero-Gómez, A., & Amado-Ariza, S.** (2020). Functional traits of wood in three forests in Colombia: Dry, andean and high andean forests. *Ciencia Florestal*, 30(3), 856-872.  
<https://doi.org/10.5902/1980509839184>
- Loureiro, N., Mantuano, D., Manhães, A., & Sansevero, J.** (2023). Use of the trait-based approach in ecological restoration studies: a global review. *Trees*, 37(5), 1287-1297.  
<https://doi.org/10.1007/s00468-023-02439-9>
- Lu, Y., Ranjitkar, S., Xu, J. C., Ou, X. K., Zhou, Y. Z., Ye, J. F., Wu, X. F., Weyerhaeuser, H., & He, J.** (2016). Propagation of native tree species to restore subtropical evergreen broad-leaved forests in SW China. *Forests*, 7(1), 12.  
<https://doi.org/10.3390/f7010012>
- Mahecha, G. O., Ovalle, A., Camelo, A., & Rozo, D. A., & Barrero, D.** (2012). *Vegetación del Territorio CAR, 450 especies de sus llanuras y montañas*. Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca.
- Moles, A. T., Westoby, M., Moles, A. T., & Westoby, M.** (2006). Seed size and plant strategy across the whole life cycle. *Oikos*, 113(1), 91-105.  
<https://doi.org/10.1111/j.0030-1299.2006.14194.x>
- Montenegro, A. L., & Vargas, O.** (2008). Atributos vitales de especies leñosas en bordes de bosque altoandino de la Reserva Forestal de Cagua (Colombia). *Revista de Biología Tropical*, 56(2), 705-720.
- Mora, J., Figueroa, Y., & Vivas, T.** (2007). Análisis multiescalar de la vegetación de los alrededores del embalse de Chisacá (Cundinamarca, Colombia). Implicaciones para la formulación de proyectos de restauración ecológica a nivel local. En O. Vargas (Ed.), *Restauración ecológica del bosque altoandino. Estudios diagnósticos y experimentales en los alrededores del Embalse de Chisacá (Localidad de Usme, Bogotá D.C.)* (pp. 16-103). Universidad Nacional de Colombia.
- Muller-Landau, H. C., Wright, S. J., Calderón, O., Condit, R., Hubbell, S. P., Muller-Landau12, H. C., Wright1, S. J., Calder, O., Condit1, R., & Hubbell13, S. P.** (2008). Interspecific variation in primary seed dispersal in a tropical forest. *Journal of Ecology*, 96(4), 653-667.  
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2008.01399.x>
- Norman, E. M.** (1982). *Buddlejaceae. Flora of Ecuador*. University of Goteborg.
- Pennington, T. D., Reynel, C., & Daza, A.** (2004). *Illustrated guide to the Trees of Peru*. David Hunt.
- Petersen, S. L., Roundy, B. A., & Bryant, R. M.** (2004). Revegetation methods for high-elevation roadsides at Bryce Canyon National Park, Utah. *Restoration Ecology*, 12(2), 248-257.  
<https://doi.org/10.1111/j.1061-2971.2004.00321.x>

- Pohlert, T.** (2014). *The pairwise multiple comparison of mean ranks package (PMCMR)*. R package version 4.4. <https://cran.r-project.org/web/packages/PMCMR/index.html>
- Portillo, A.** (2011). *Caracterización del banco de semillas en tres zonas sometidas a control para invasiones de retamo espinoso en los alrededores del embalse de Chisacá* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Colombia].
- R Core Team.** (2024). *R: The R project for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>
- Reis, A., Martinho, R., Erika, Z., & Nakazono, M.** (1999). *Recuperação de áreas florestais degradadas utilizando a sucessão e as interações planta-animal*. Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica.
- Rodríguez, N., & Vargas, O.** (2007). Especies leñosas nativas claves para la restauración ecológica del embalse de Chisacá, basados en rasgos importantes de su historia de vida. En O. Vargas (Ed.), *Restauración ecológica del bosque altoandino. Estudios diagnósticos y experimentales en los alrededores del Embalse de Chisacá (Localidad de Usme, Bogotá D.C.)* (pp. 181-198). Universidad Nacional de Colombia.
- Rosenfield, M. F., & Müller, S. C.** (2020). Functional ecology as a tool for planning and monitoring ecosystems restoration. *Oecologia Australis*, 24(3), 550-565. <https://doi.org/10.4257/oeco.2020.2403.02>
- Saatkamp, A., Cochrane, A., Commander, L., Guja, L. K., Jimenez-Alfaro, B., Larson, J., Nicotra, A., Poschlod, P., Silveira, F. A. O., Cross, A. T., Dalziel, E. L., Dickie, J., Erickson, T. E., Fidelis, A., Fuchs, A., Golos, P. J., Hope, M., Lewandrowski, W., Merritt, D. J., ... Walck, J. L.** (2019). A research agenda for seed-trait functional ecology. *New Phytologist*, 221(4), 1764-1775. <https://doi.org/10.1111/nph.15502>
- Salgado, B.** (2015). *La Ecología Funcional como aproximación al estudio, manejo y conservación de la biodiversidad: protocolos y aplicaciones*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Shalisko, V., González-Villarreal, L. M., & Carjaval, S.** (2007). *La familia Coriariaceae en el estado de Jalisco, México*. Universidad de Guadalajara.
- Souza, R. P., & Válio, I. F. M.** (2001). Seed size, seed germination, and seedling survival of Brazilian tropical tree species differing in successional status. *Biotropica*, 33(3), 447-457. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2001.tb00198.x>
- Sprent, J. I., & Parsons, R.** (2000). Nitrogen fixation in legume and non-legume trees. *Field Crops Research*, 65(2-3), 183-196.
- Thomas, E., Jalonon, R., Loo, J., Boshier, D., Gallo, L., Cavers, S., Bordács, S., Smith, P., & Bozzano, M.** (2014). Genetic considerations in ecosystem restoration using native tree species. *Forest Ecology and Management*, 333, 66-75. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.07.015>

- Tinsley, M. J., Simmons, M. T., & Windhager, S.** (2006). The establishment success of native versus non-native herbaceous seed mixes on a revegetated roadside in Central Texas. *Ecological Engineering*, 26(3), 231-240.  
<https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2005.10.004>
- Tiwari, M., Singh, S. P., Tiwari, A., & Sundriyal, R. C.** (2003). Effect of symbiotic associations on growth of host *Coriaria nepalensis* and its facilitative impact on oak and pine seedlings in the Central Himalaya. *Forest Ecology and Management*, 184(1-3), 141-147.  
[https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(03\)00209-3](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(03)00209-3)
- Vallejo, M. I., Londoño, A. C., López, R., Galeano, G., Álvarez, E., & Devia, W.** (2005). *Establecimiento de parcelas permanentes en bosques de Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Vargas, O.** (Ed.) (2007). *Restauración ecológica del bosque altoandino. Estudios diagnósticos y experimentales en los alrededores del Embalse de Chisacá (Localidad de Usme, Bogotá D. C.)*. Universidad Nacional de Colombia.
- Vierheilig, H., Coughlan, A. P., Wyss, U., & Piché, Y.** (1998). Ink and vinegar, a simple staining technique for arbuscular-mycorrhizal fungi. *Applied and Environmental Microbiology*, 64(12), 5004-5007.  
<https://doi.org/10.1128/AEM.64.12.5004-5007.1998>
- Violle, C., Navas, M.-L., Vile, D., Kazakou, E., Fortunel, C., Hummel, I., & Garnier, E.** (2007). Let the concept of trait be functional!. *Oikos*, 116(5), 882-892.  
<https://doi.org/10.1111/j.2007.0030-1299.15559.x>
- Weiher, E., van der Werf, A., Thompson, K., Roderick, M., Garnier, E., & Eriksson, O.** (1999). Challenging Theophrastus: A common core list of plant traits for functional ecology. *Journal of Vegetation Science*, 10(5), 609-620.  
<https://doi.org/10.2307/3237076>
- Wickham, H.** (2016). *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis. R package version 3.5.0*.
- Zuluaga-Carrero, J., Camacho-Ballesteros, E. S., & Acelas-Albarracín, B. C.** (2020). *Una bonita historia de restauración ecológica para Bogotá*. Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis, Instituto Distrital de Recreación y Deporte.

## ANEXOS



**Anexo 1.** Plántulas y plantas juveniles luego de tres meses de siembra: a) Plántula de *B. bullata*, barra escala de 1 mm; b) planta juvenil de *B. bullata*, barra escala de 1 cm; c) plántulas de *C. ruscifolia*; d) planta juvenil de *C. ruscifolia*, barra escala de 1 cm; e) plántula de *V. triphyllum*, barra escala de 1 cm; f) planta juvenil de *V. triphyllum*, barra escala de 1 cm





**Disponible en:**

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=423983041004>

Cómo citar el artículo

Número completo

Más información del artículo

Página de la revista en redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc  
Red de revistas científicas de Acceso Abierto diamante  
Infraestructura abierta no comercial propiedad de la  
academia

Liliana Martínez-Peña, Orlando Vargas Ríos,  
Swanni T. Alvarado

**Rasgos funcionales y propagación de tres especies  
leñosas del bosque altoandino**

**Functional Traits and Propagation of Three Woody  
Species of the High Andean forest**

*Colombia Forestal*

vol. 28, núm. 2, e22584, 2025

Proyecto Curricular de Ingeniería Forestal, Facultad del  
Medio Ambiente y Recursos Naturales, Universidad Distrital  
Francisco José de Caldas.,

**ISSN:** 0120-0739

**ISSN-E:** 2256-201X

**DOI:** <https://doi.org/10.14483/2256201X.22584>