

CONSERVACIÓN

## Evaluación de dos métodos de propagación para la conservación *ex situ* de tres melastomatáceas altoandinas

Evaluation of two methods of propagation for the *ex situ* conservation of three high andean melastoms

Laura Fernández-Sánchez<sup>1</sup> | Carolina Mancipe-Murillo<sup>2\*</sup> | Manuela Calderón-Hernández<sup>1</sup>

- Recibido: 21/oct/2018
- Aceptado: 28/oct/2019
- Publicado en línea: 8/nov/2019

**Citación:** Fernández-Sánchez L, Mancipe-Murillo C, Calderón-Hernández M. 2020 Evaluación de dos métodos de propagación para la conservación *ex situ* de tres melastomatáceas altoandinas. *Caldasia* 42(1):129-141. doi: <https://dx.doi.org/10.15446/caldasia.v42n1.75373>.

### ABSTRACT

Melastomataceae is one of the most representative botanical families worldwide with around 180 genera and 4500 species. In Colombia we can find around 900 species from sea level to páramo. The sexual propagation of these plants is complicated due to the scarce information that is known about their biology and their germination. The objective of this work was to determine the differences in the germination, growth, and survival of the melastomataceae species planted in laboratory conditions and using traditional propagation. We worked with *Tibouchina grossa*, *Miconia ligustrina*, and *Miconia squamulosa*. The external and internal morphological description of the seeds of each species was made. A total of 50 seeds were planted in Petri dishes with four replications per species and were kept under controlled conditions, 30 germinated seeds were monitored for growth once a week for four weeks; seedling survival was evaluated transplanting 30 individuals to a substrate and following them once a month for four months. Likewise, the seeds were sown in the substrate under greenhouse conditions. *Miconia squamulosa* had the highest percentage of germination in both laboratory and substrate with 74 % and 91 %, followed by *Miconia ligustrina* with 30 and 47 % and *Tibouchina grossa* with 21 and 44 % respectively. The three species were morphologically similar having small seeds without endosperm. In the three species there was higher germination, growth, and survival in the traditional propagation tests, these are the most suitable planting conditions for propagation of these species.

**Keywords.** *Miconia ligustrina*, *Miconia squamulosa*, seed germination, siete cueros, *Tibouchina grossa*, tuno, tuno esmeraldo

<sup>1</sup> Universidad Militar Nueva Granada. Cajicá, Cundinamarca, Colombia. [u0500797@unimilitar.edu.co](mailto:u0500797@unimilitar.edu.co)

<sup>2</sup> Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis. Subdirección Científica, Línea de investigación en Especies y Propagación, sublínea Conservación de Semillas. Av Calle 63 No 68-95. Bogotá, Colombia. [cmancipe@jbb.gov.co](mailto:cmancipe@jbb.gov.co), [mchernandez@jbb.gov.co](mailto:mchernandez@jbb.gov.co)

\* Autor para correspondencia



## RESUMEN

Melastomataceae es una de las familias botánicas más representativas a nivel mundial con alrededor de 180 géneros y 4500 especies. En Colombia podemos encontrar alrededor de 900 especies ubicadas desde el nivel del mar hasta el páramo. La propagación sexual de estas plantas es complicada debido a la poca información sobre su biología y germinación. Esta investigación tuvo como objetivo determinar las diferencias en la germinación, crecimiento y supervivencia de tres especies de melastomataceas sembradas en condiciones de laboratorio y en propagación tradicional. Se estudiaron *Tibouchina grossa*, *Miconia ligustrina* y *Miconia squamulosa*. Se realizó la descripción morfológica externa e interna en las semillas de cada especie. En laboratorio se sembraron 50 semillas en cajas de Petri con cuatro repeticiones por especie bajo condiciones controladas, en 30 semillas germinadas se realizó el monitoreo de crecimiento una vez por semana por cuatro semanas y en 30 plántulas trasplantadas en sustrato se evaluó la supervivencia una vez al mes por cuatro meses. Así mismo, se sembraron semillas en sustrato bajo condiciones de invernadero. *Miconia squamulosa* presentó el mayor porcentaje de germinación en laboratorio y en sustrato con 74 % y 91 %, seguida por *Miconia ligustrina* con 30 y 47 % y *Tibouchina grossa* con 21 y 44 % respectivamente. Las especies presentaron características morfológicas similares teniendo semillas pequeñas sin endospermo. En las tres especies se presentó mayor germinación, crecimiento y supervivencia en los ensayos de sustrato, siendo las condiciones de siembra más adecuadas para su propagación.

**Palabras clave.** Germinación de semillas, *Miconia ligustrina*, *Miconia squamulosa*, siete cueros, *Tibouchina grossa*, tuno, tuno esmeraldo

## INTRODUCCIÓN

La familia Melastomataceae tiene una gran capacidad de adaptación y tolerancia a diferentes ecosistemas, lo que la convierte en un bioindicador de la diversidad (Higuera y Rivas 2007). Son de gran importancia a nivel ecológico ya que sus frutos son fuente permanente de alimento y refugio para animales y otros organismos (Stiles y Rosselli 1993, Mendoza y Ramírez 2006, Posada *et al.* 2016). Por otro lado, son de utilidad en la restauración de ecosistemas y en la sucesión de los mismos ya que son capaces de colonizar áreas que presentan algún tipo de degradación, como suelos con baja concentración de nutrientes o contaminados con lo que generan condiciones adecuadas para la germinación de otras especies (Silveira *et al.* 2013a).

Es una de las familias de plantas con flores que presenta mayor riqueza, con alrededor de 180 géneros y 4500 especies (Mendoza y Ramírez 2006). En Colombia podemos encontrar alrededor de 900 especies y 64 géneros, distribuidos desde el nivel del mar hasta zonas de páramo, presentándose el mayor número de especies en las regiones del Chocó biogeográfico, la Amazonia y los bosques húmedos de los Andes (Quiñones 2001, Mendoza y Ramírez 2006).

El género más diverso de esta familia en la región neotropical es *Miconia* con aproximadamente 1050 especies (Goldenberg *et al.* 2013), de las cuales 382 se encuentran en Colombia siendo 182 endémicas del país (Bernal *et al.* 2015). Por su parte *Tibouchina*, posee 350 especies descritas y distribuidas en el Norte de Argentina, México y Brasil (Mendoza y Ramírez 2006), en Colombia se encuentran reportadas 28 especies, de las cuales diez son endémicas (Bernal *et al.* 2015).

Esta gran riqueza permite que dentro de la familia se presente una diversidad de tipos de frutos los cuales de manera general pueden ser clasificados como bayas y cápsulas (Silveira *et al.* 2013b), y estos a su vez generan una diferencia en los requerimientos germinativos de las especies.

Algunos autores señalan que para varias especies de estos géneros las semillas presentan una alta dependencia de la luz (Zaia y Takaki 1998, Godoi y Takaki 2007, Simão y Takaki 2008) y una mayor germinación en temperaturas que oscilan entre 20 y 30 °C (Carreira y Zaidan 2007, Silveira *et al.* 2013b), si bien estas condiciones son un punto de partida para los estudios de propagación sexual de

las especies, factores como el pequeño tamaño de las semillas y su baja supervivencia después de la germinación (Abril-Saltos *et al.* 2017), han llevado a que en la mayoría de los casos la propagación se realice de manera asexual, reduciendo así la diversidad genética del material trabajado (Mena-Lozano y Orózco de Amézquita 1986, Rojas González *et al.* 2004).

A pesar de la importancia ecológica de esta familia, existe muy poca información sobre los requerimientos germinativos de las diferentes especies, los procesos de crecimiento y supervivencia de las plántulas. Teniendo en cuenta lo anterior, se planteó trabajar con *Tibouchina grossa* (L. f.) Cogn., *Miconia ligustrina* (Sm.) Triana y *Miconia squamulosa* (Sm.) Triana especies nativas cuya distribución global solo se da de Venezuela a Ecuador; estas especies, por sus flores llamativas y por su porte tienen potencial de uso como ornamentales. La presente investigación tuvo como objetivo determinar las características de las semillas de esas tres melastomáceas y estudiar sus diferencias en la germinación, crecimiento y supervivencia, sembradas en condiciones de laboratorio y mediante propagación tradicional, para establecer las condiciones óptimas de propagación y aportar conocimientos útiles para su manejo y conservación *ex situ*.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Material vegetal

Las semillas de las tres especies fueron suministradas por el Banco de Semillas del Jardín Botánico de Bogotá con código de acceso BSJBB166-A2, BSJBB177-A1 y BSJBB180 respectivamente, éstas fueron recolectadas entre finales del año 2016 y mediados del año 2017 en el área rural de la localidad de Ciudad Bolívar, Bogotá D.C. (4°26' Norte, 74°10' Oeste). Posterior a la recolección las semillas fueron almacenadas a una temperatura de 4 °C.

### Morfología

Se realizó la medición y descripción morfológica externa e interna en diez semillas escogidas al azar con ayuda del estereoscopio Motic® SMZ-168 (Hong Kong, China) y el software Motic Image Plus 3.0 (China). La descripción se realizó siguiendo a Niembro (1988).

### Viabilidad

Con ayuda del estereoscopio Motic® SMZ-168 (Hong Kong, China) se determinó el porcentaje de embrión en

200 semillas escogidas al azar para cada especie, como indicativo de la viabilidad, tomando como viables las semillas que presentaron un embrión blanco y rígido (Buhler *et al.* 2001, Sawma y Mohler 2002, Nurse y DiTommaso 2005). El porcentaje de embrión se definió como la proporción de embriones presentes en un lote de semillas. No se utilizaron los datos de la prueba de Tetrazolio ya que estos fueron menores a los obtenidos por la prueba de germinación. La prueba de germinación puede ser menor a la prueba de viabilidad con Tetrazolio debido a que semillas con latencia no germinan. Además, en el caso de que la viabilidad con Tetrazolio sea menor a la viabilidad por la prueba de germinación, es necesario realizar ajustes en la prueba de viabilidad con Tetrazolio.

## Germinación

### Condiciones de laboratorio

La germinación se evaluó en cajas de Petri con doble papel filtro, estas se mantuvieron en condiciones controladas por medio de una cámara de germinación Thermoline (New South Wales, Australia). Las condiciones fueron: 20/10 °C día/noche, con un fotoperiodo y un termoperiodo de 12 h (Pérez-Martínez *et al.* 2014). La humedad relativa, aunque no fue controlada, se mantuvo alrededor del 75 ± 5 % y fue monitoreada con un Data Logger EBCHQ 94150 (China). Cada ensayo contó con cuatro réplicas de 50 semillas. La germinación se evaluó cada tercer día, se consideró una semilla germinada al observar la emergencia de la radícula a través de la testa (Salisbury y Ross 1992). Las semillas germinadas se mantuvieron en condiciones controladas en la cámara germinadora hasta finalizar los monitoreos de crecimiento y supervivencia.

### Propagación tradicional

Se utilizó una bandeja de 200 alvéolos por especie y se dividió cada bandeja en cuatro réplicas de 50 semillas sembrando una semilla por alveolo, se utilizó un sustrato con turba, tierra y cascarilla de arroz, en una proporción 4:4:2. Las bandejas se mantuvieron en condiciones de invernadero con un fotoperiodo de 12 h, temperatura media de 17 °C, con una temperatura mínima de 13 °C y máxima de 26 °C día y 19,2 °C y 11,8 °C noche, una humedad relativa promedio de 74 % con una máxima de 88 % y mínima de 45,9 % día y 89 % y 61 % noche, estos valores se tomaron con un Data Logger EBCHQ 94150 (China). Las semillas se sembraron a una profundidad de 5 mm

aproximadamente y se consideraron germinadas al momento de emerger los cotiledones a través del sustrato (Pita y Pérez 1998), la germinación se evaluó cada tercer día.

El porcentaje de germinación (PG) se calculó sobre el número de semillas totales y el tiempo medio de germinación (TMG) mediante las siguientes ecuaciones (Tompsett y Pritchard 1998, Bewley et al. 2006, Ranal y Santana 2006):

$$PG = \left( \frac{N}{N_s} \right) * 100 \quad TGM = \frac{\sum_{t=1}^k niti}{\sum_{t=1}^k ni}$$

Donde  $N$  es el número de semillas germinadas y  $N_s$  el número total de semillas,  $ni$  es el número de semillas germinadas en la medida  $i$ ésima;  $ti$  es el tiempo en días en la medida  $i$ ésima y  $k$  es el tiempo total de germinación en días.

### Crecimiento

Una vez evidenciada la germinación, se evaluó el desarrollo y el crecimiento de las plántulas en condiciones de laboratorio y en propagación tradicional. Para esto se tomó un registro fotográfico con la ayuda de un estereoscopio Motic® SMZ-168 (Hong Kong, China) y el software Motic image Plus 3.0 (China). A lo largo de un mes se midió la longitud de la radícula y la altura de la parte aérea en 30 plántulas para cada uno de los ensayos en las tres especies. Los individuos seleccionados para el monitoreo en laboratorio se individualizaron en cajas Petri y para el tratamiento por propagación tradicional, se extrajeron del sustrato. En este último caso, se seleccionaron plantas diferentes en cada medición evitando así el efecto del estrés generado por la extracción.

### Supervivencia

Una vez finalizado el monitoreo de crecimiento, las plántulas que fueron obtenidas en condiciones de laboratorio se trasplantaron a bandejas con sustrato y se colocaron bajo las mismas condiciones de las pruebas de propagación tradicional, un mes después del trasplante se realizó el primer monitoreo de supervivencia, este se realizó durante cuatro meses en 30 individuos por especie y tratamiento, excepto en *Tibouchina grossa*, en la que se monitorearon diez individuos debido a que las plantas murieron al ser trasplantadas.

### Análisis de datos

En cada conjunto de datos se evaluó el supuesto de normalidad con la prueba de Shapiro-Wilk. Se realizó un análisis de varianza ANOVA o la prueba Kruskal-Wallis, seguido

de la prueba de Tukey cuando fue necesario evaluar si existen diferencias en: 1. El PG de las especies y cada condición de siembra, 2. El PG en cada especie y la condición de siembra, 3. El TMG de las especies y cada condición de siembra, 4. El TMG en cada especie y la condición de siembra, 5. El crecimiento de la parte aérea del conjunto de especies y la condición de siembra, 6. El crecimiento de la parte aérea en cada especie y la condición de siembra, 7. El crecimiento de la parte radicular del conjunto de especies y la condición de siembra, 8. El crecimiento de la parte radicular en cada especie y la condición de siembra. En todas las pruebas se utilizó una confianza del 95 % y el programa estadístico StatGraphics® Centurion XVI versión 16.1.11

## RESULTADOS

### Morfología

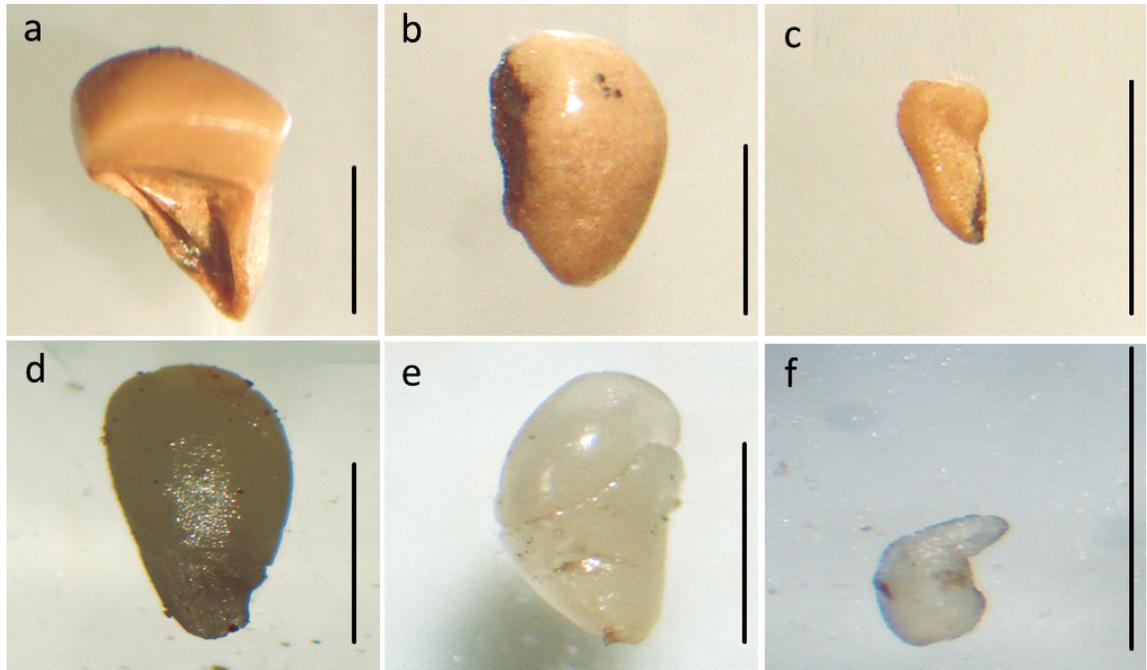
Las tres especies presentaron semillas con características similares; en la parte externa poseen margen entero, cubierta seminal lustrosa, consistencia papirácea, de color beis a marrón claro, con textura lisa en el caso de las dos *Miconia* y alveolada para *T. grossa*. *M. squamulosa* y *M. ligustrina* presentan forma ovoide, con una longitud de 2,18 x 1,46 mm y 1,48 mm x 0,85 mm respectivamente. *T. grossa* posee forma cuneada o cocleada, con una longitud de 0,64 mm x 0,26 mm de ancho (Fig. 1a-c).

En la parte interna, ninguna de las tres especies presenta tegmen o endospermo visible, tienen una testa delgada y dura en el caso de las *Miconia* y blanda en *T. grossa*; poseen un embrión blanco ovoide, con un margen entero y una superficie lisa, éste se encuentra en posición central en la semilla, de 1,67 x 0,76 mm en *M. squamulosa*, 1,31 x 0,52 mm en *M. ligustrina* y 0,4 x 0,17 mm para *T. grossa*. Sus cotiledones poseen una apariencia acicular de forma oblonga, se encuentran separados entre sí y son más pequeños respecto a la radícula, esta última es recta y saliente respecto a los cotiledones (Fig. 1d-f).

### Viabilidad y germinación

El porcentaje de embrión fue de 91,5 % para *M. squamulosa*, 69,2 % para *M. ligustrina* y 59,2 % para *T. grossa*.

Se presentaron diferencias significativas en el PG entre las especies en las diferentes condiciones de siembra ( $F_{2,11} = 9,29$ ;  $P = 0,006$  en laboratorio y  $F_{2,11} = 10,43$ ;  $P = 0,004$  en sustrato); la especie que presentó una germinación mayor en las dos condiciones fue *M. squamulosa* (Fig. 2a). En *M. ligustrina* ( $F_{1,7} = 0,870$ ;  $P = 0,387$ ) y *M. squamulosa* ( $F_{1,7} = 3,41$ ;  $P = 0,114$ ) no se encontró diferencia en el PG



**Figura 1.** Aspectos morfológicos de las semillas evaluadas. Apariencia externa: **a.** *Miconia squamulosa*; **b.** *Miconia ligustrina*; **c.** *Tibouchina grossa*. Embrión: **d.** *Miconia squamulosa*; **e.** *Miconia ligustrina*; **f.** *Tibouchina grossa*. Escala = 1 mm.

al variar la condición de siembra, mientras en *T. grossa* ( $F_{1,7} = 15,23$ ;  $P = 0,008$ ) se evidencia una mayor germinación de las semillas sembradas en sustrato (Fig. 3).

En laboratorio no se presentaron diferencias en el TMG entre las especies ( $K = 2,80$ ;  $P = 0,240$ ), mientras que en sustrato si se encontraron diferencias ( $F_{2, 11} = 4,80$ ;  $P = 0,03$ ); el TMG de *T. grossa* es mayor al de *M. ligustrina* (Fig. 2b). Se presentaron diferencias en *M. squamulosa* ( $F_{1,7} = 25,92$ ;  $P = 0,002$ ) y *M. ligustrina* ( $F_{1,7} = 16,91$ ;  $P = 0,006$ ) en el TMG obtenido en cada condición de siembra; en *M. squamulosa* la mayoría de semillas germinaron a los 48 días en laboratorio y a los 65 días en sustrato y en *M. ligustrina* a los 46 y 63 días respectivamente. Para *T. grossa* ( $F_{1,7} = 0,73$ ;  $P = 0,42$ ) no se obtuvo una diferencia estadística frente a las condiciones de siembra, la germinación se presentó a los 64 en laboratorio y 74 días en sustrato.

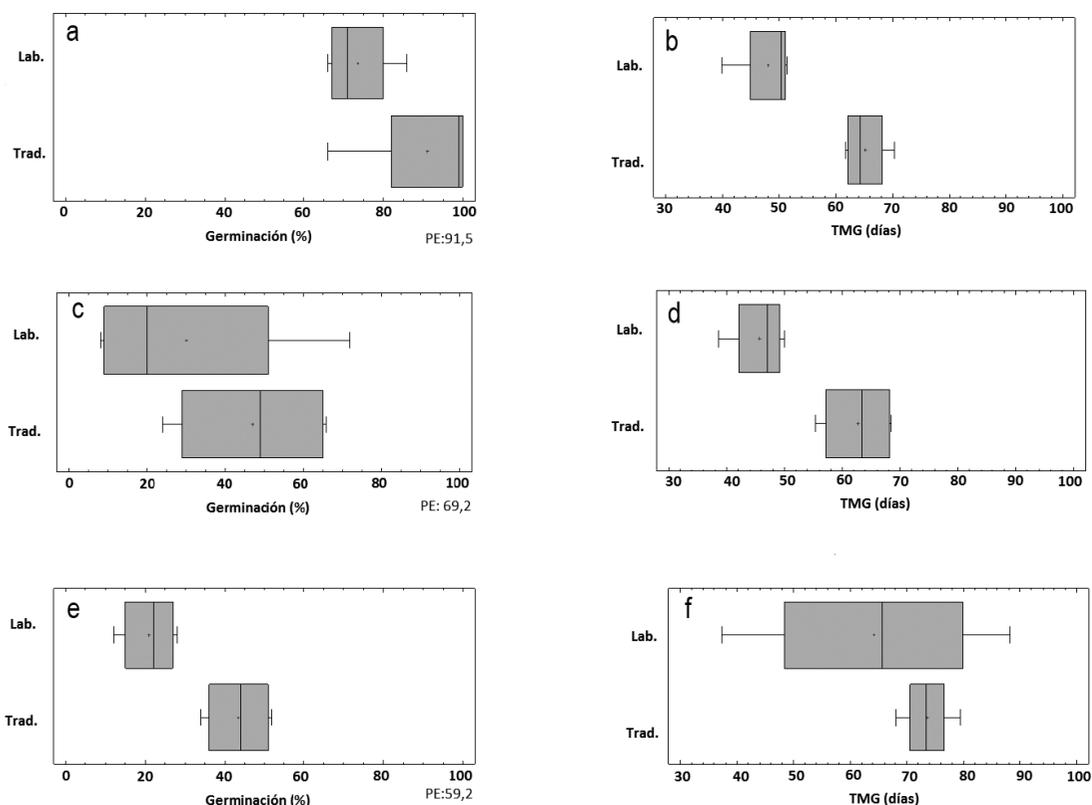
En *M. squamulosa* la germinación en laboratorio fue mayor a la germinación en sustrato hasta alrededor de los 63 días de evaluación (63 %), días después la germinación en sustrato sobrepasó este valor siendo la germinación total de 91 % en sustrato y de 73,5 % en laboratorio. Este mismo comportamiento se presentó en *M. ligustrina*, al día 59 de evaluación se presentó el mismo porcentaje de germinación en sustrato y en laboratorio (25 %) y a los 63 días el porcentaje en sustrato ya era mayor, teniendo una germi-

nación total en sustrato de 47 % y laboratorio de 29,5 %; en *T. grossa* a los 59 días la germinación en laboratorio era mayor a la de sustrato, 13 % y 9,5 % respectivamente; sin embargo a los 63 días la germinación en sustrato (14,5 %) aumentó y superó la germinación en laboratorio (13 %), teniendo una germinación total en sustrato de 43,5 % y laboratorio de 21 % (Fig. 3).

## Crecimiento

### Desarrollo de la germinación

En laboratorio se observó la etapa inicial de la germinación de las semillas desde el rompimiento de la testa hasta el desarrollo radicular. En *M. ligustrina* la emergencia de la radícula se observó a los 21 días después de la siembra (dds) (Fig. 4a), la formación del hipocótilo a los 27 dds (Fig. 4b) y el desprendimiento de la cobertura de los cotiledones a los 30 dds (Figs. 4c-d). En *M. squamulosa* la emergencia de la radícula y la formación del hipocótilo se observó en los mismos días que *M. ligustrina* y el desprendimiento de la testa se observó cinco días después (35 dds) (Fig. 4h). En *T. grossa* se observó la emergencia de la radícula en algunas semillas a los 9 dds (Fig. 4i), la formación del hipocótilo a los 13 dds (Fig. 4j) y a los 15 dds se observó el desprendimiento de la testa y la exposición de los cotiledones (Fig. 4 k-l).



**Figura 2.** Porcentaje de germinación (PG) y tiempo medio de germinación (TMG) de **a.-b.** *Miconia squamulosa*; **c.-d.** *Miconia ligustrina* y **e.-f.** *Tibouchina grossa* en dos condiciones de siembra. PE. = Porcentaje de embrión. Lab. = propagación en laboratorio, Trad. = propagación tradicional. n=4.

### Desarrollo de la parte aérea

Se presentó diferencia en el desarrollo de la parte aérea entre las tres especies en condiciones de laboratorio ( $K = 61,5$ ;  $P < 0,05$ ) y en siembra tradicional. En *M. squamulosa* el crecimiento fue mayor que el presentado en *M. ligustrina* y *T. grossa* ( $K = 24,5$ ;  $P < 0,05$ ). *M. ligustrina* ( $K = 14,6$ ;  $P < 0,05$ ) y *T. grossa* ( $K = 26,84$ ;  $P < 0,05$ ) mostraron diferencia en el crecimiento de la parte aérea al cambiar el tipo de siembra, presentando un mayor crecimiento en las plantas con siembra tradicional continua que al transferir las plantas de siembra en laboratorio a sustrato; mientras que, en *M. squamulosa* ( $F_{1,59} = 0,75$ ;  $P = 0,39$ ) no se encontró diferencia en el crecimiento de la parte aérea en las distintas condiciones de siembra (Tabla 1).

La longitud de la parte aérea en la primera semana de evaluación fue similar en las tres especies; en laboratorio se obtuvieron longitudes de 0,8 mm en *T. grossa* y de 1,28 mm en *M. ligustrina* y *M. squamulosa*; en sustrato se registró una longitud entre 1,99 y 2,82 mm, siendo el valor más bajo para *T. grossa* y el más alto para *M. squamulosa*.

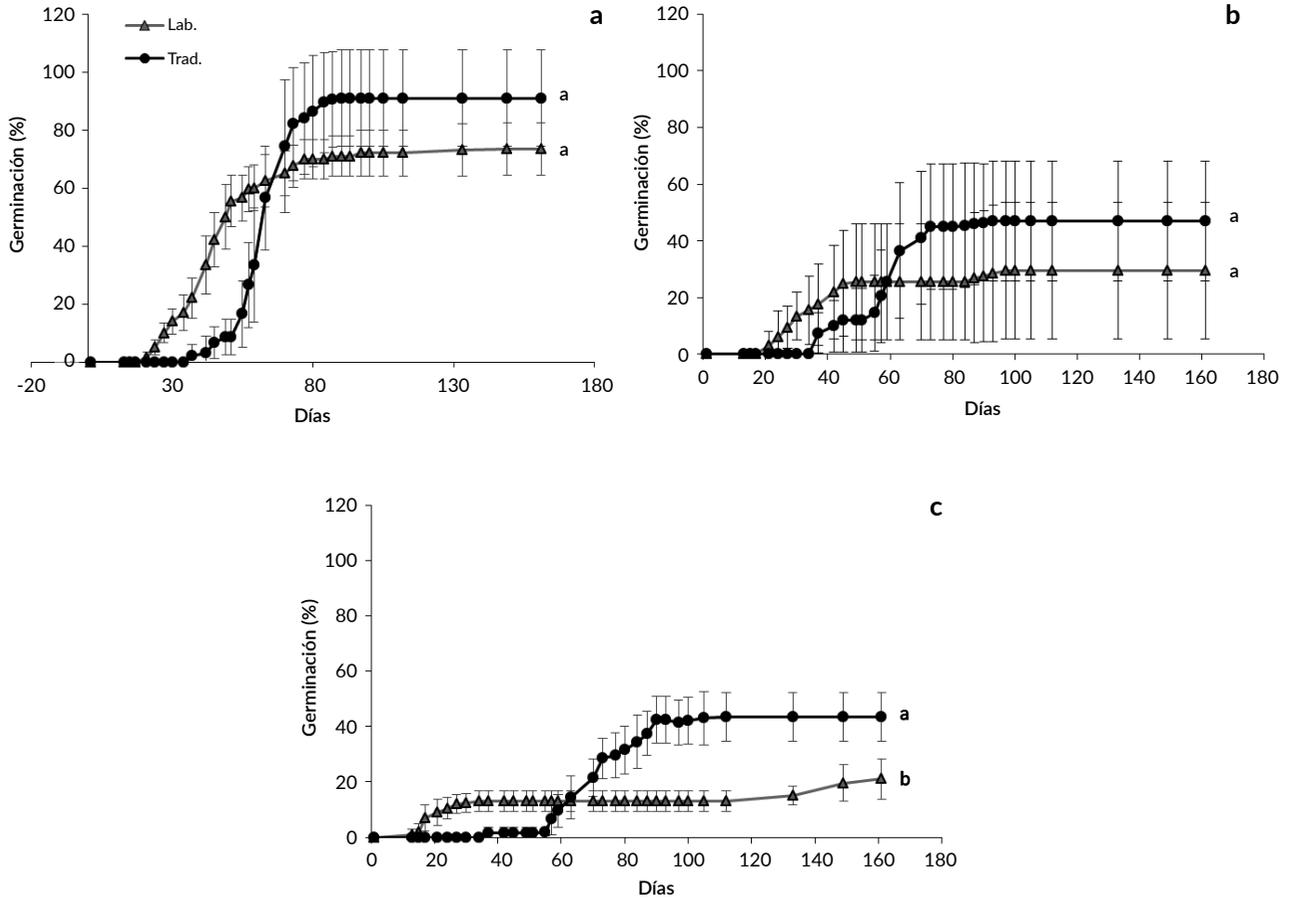
Al finalizar el monitoreo a las cuatro semanas, *M. squamulosa* alcanzó una longitud en laboratorio 5,95 mm y en

sustrato de 6,25 mm, siendo la especie con mayor crecimiento en las dos condiciones de siembra; en *M. ligustrina* la longitud del tallo en laboratorio fue de 3,78 mm y sustrato fue de 4,62 mm y en *T. grossa* se presentó el menor crecimiento siendo en laboratorio de 1,38 mm y en sustrato de 4,4 mm (Tabla 1 y Fig. 5).

### Desarrollo de la parte radicular

Se obtuvo una diferencia significativa en el desarrollo radicular en las diferentes condiciones de siembra ( $K = 39,2$ ;  $P < 0,05$  en laboratorio y  $F_{2,69} = 10,53$ ;  $P < 0,05$  en sustrato), teniendo un mayor crecimiento de la raíz en sustrato (Tabla 1 y Fig. 5). Al realizar el análisis por especie se obtuvo una diferencia estadística en las tres especies *M. squamulosa* ( $F_{1,59} = 30,91$ ;  $P < 0,05$ ), *M. ligustrina* ( $K = 16,23$ ;  $P < 0,05$ ) y *T. grossa* ( $K = 26,84$ ;  $P < 0,05$ ) en el crecimiento radicular al variar las condiciones de siembra entre sustrato y condiciones de laboratorio. *M. squamulosa* presentó mayor crecimiento en la siembra en laboratorio y *T. grossa* en propagación tradicional en sustrato.

En condiciones de laboratorio durante la primera semana de evaluación las tres especies presentaron una longitud radicular similar, la cual fue de 0,25 mm en *T. grossa*,



**Figura 3.** Porcentaje de germinación en el tiempo de las Melastomataceae en dos condiciones de siembra. **a.** *Miconia squamulosa*, **b.** *Miconia ligustrina*; **c.** *Tibouchina grossa*. Lab. propagación en laboratorio, Trad. propagación tradicional. Letras diferentes indican que se presentaron diferencias significativas entre las pruebas de acuerdo con Kruskal-Wallis ( $P < 0,05$ ). Las verticales indican el error estándar.  $n = 4$ .

0,31 mm en *M. ligustrina* y 0,58 mm en *M. squamulosa*; en sustrato se registró una longitud de 4,68 mm en *M. squamulosa*, 6,61 mm para *M. ligustrina* y 12,76 mm para *T. grossa*, siendo esta última la que registró mayor crecimiento.

Al finalizar el monitoreo *M. squamulosa* alcanzó una longitud radicular de 7,98 mm en laboratorio y 14,44 mm en sustrato, en *M. ligustrina* fue de 12,90 mm en laboratorio y 6,84 mm en sustrato y *T. grossa* alcanzó una longitud de 0,77 mm en laboratorio y 19,80 mm en sustrato, siendo esta última la especie con mayor longitud radicular (Tabla 1 y Fig. 5).

**Supervivencia**

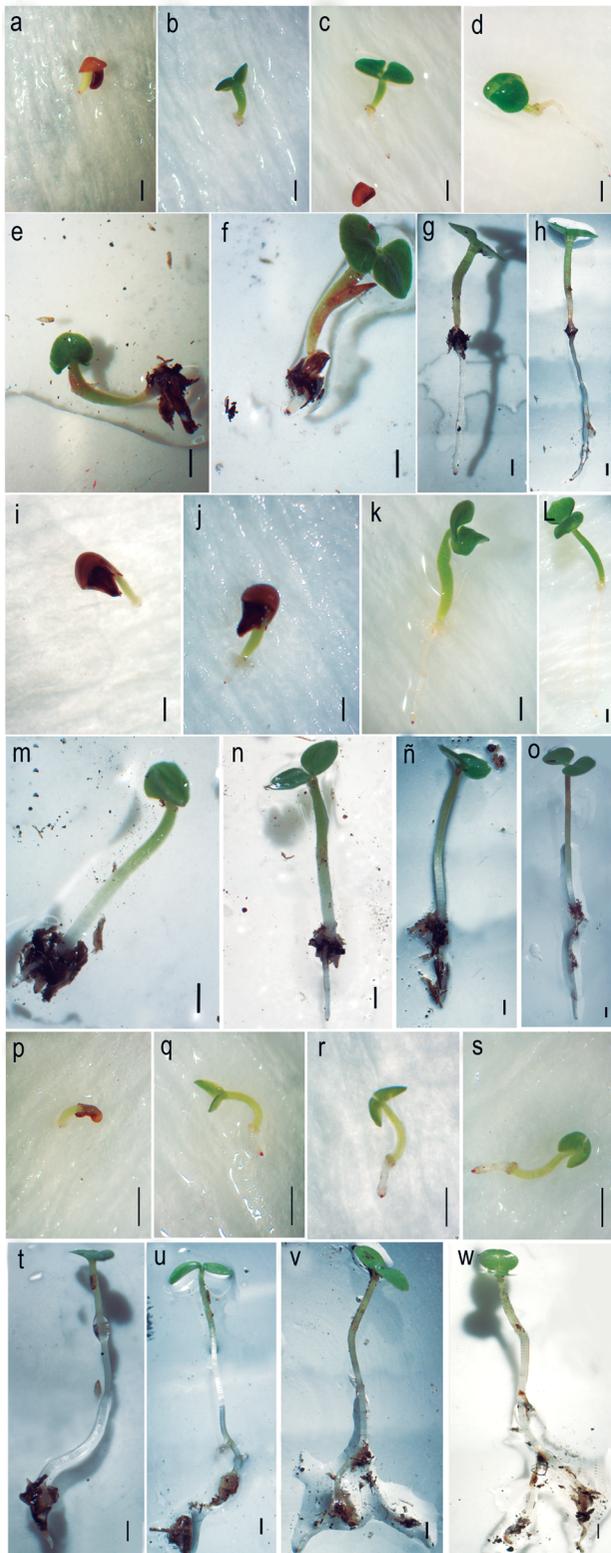
En las tres especies se presentó mayor supervivencia en las plántulas que provenían de siembra en condiciones tradicionales. Al finalizar el monitoreo *M. squamulosa* presentó la mayor supervivencia general (laboratorio 23 %, tradicional 36,7 %), seguido por *M. ligustrina* que solo presentó plántulas vivas de condiciones tradicionales al

final del monitoreo (33,3 %). *T. grossa* no presentó supervivencia en ninguno de los dos tratamientos al terminar la evaluación, ya que las plántulas que germinaron en laboratorio murieron en el primer mes de monitoreo y las que germinaron de forma tradicional murieron en el segundo mes de monitoreo (Tabla 1).

**DISCUSIÓN**

**Morfología**

La características de las semillas coinciden con aquellas descritas por Mendoza y Ramírez (2006); en el caso de *Miconia* se presenta una forma ovoide, testa lisa y se clasifican como tamaño pequeño ya que su longitud se encuentra entre 1 y 3 mm; en *Tibouchina* se presenta una forma cocleada, testa alveolada y un tamaño diminuto al ser menor a 1 mm. De acuerdo con datos de Ocampo y Almeda (2013), en el caso de *M. ligustrina* los resultados coinciden en la forma pero varían levemente en el tamaño



**Figura 4.** Desarrollo de la germinación en *Miconia ligustrina*, **a.** Emergencia de la radícula a 21 días, **b.** Formación del hipocótilo a 27 días, **c.** y **d.** Exposición de los cotiledones a 30 días; *Miconia squamulosa*, **e.** Emergencia de la radícula a 21 días, **f.** Formación del hipocótilo a 27 días, **g.** Elongación del hipocótilo a 30 días, **h.** Exposición de los cotiledones; *Tibouchina grossa*, **i.** Emergencia de la radícula a nueve días, **j.** Formación del hipocótilo a 13 días, **k** y **l.** Desprendimiento de la testa a 15 y 17 días. Escala = 1 mm.

de las semillas, esta leve diferencia se puede relacionar con la disponibilidad de recursos y nutrientes con los que cuenta la planta, el tamaño y su ciclo de vida, lo que ocasiona variaciones en el tamaño de las semillas incluso entre individuos de la misma especie, o semillas del mismo fruto (Westoby *et al.* 2002, Valencia-Díaz *et al.* 2015).

En general el tamaño de las semillas se relaciona de forma inversa con el número de semillas por fruto, el tipo de dispersión y la distancia de dispersión que pueden lograr (Moles *et al.* 2000, Leishman 2001); las semillas pequeñas son dispersadas de forma anemócora o barócora como es el caso de *T. grossa* (Mendoza y Ramírez 2006), mientras que semillas de tamaños más grandes que presentan frutos en bayas se dispersan con ayuda de animales (Dalling 2002) como sucede con *M. ligustrina* y *M. squamulosa* (Mendoza y Ramírez 2006).

Las melastomatáceas generalmente presentan semillas pequeñas y sus frutos tienen un alto número de semillas (Mendoza y Ramírez 2006), lo cual favorece su amplia dispersión y la generación de bancos de semillas naturales (Moles *et al.* 2000, Leishman 2001). Esto coincide con lo reportado por Velasco Linares y Vargas Ríos (2004) y Dosch *et al.* (2007) quienes estudiaron la composición de la lluvia de semillas en bosques fragmentados y pastos cercanos y obtuvieron en su mayoría semillas de la familia Melastomataceae con 1 104 805 semillas de 1 140 688 en total, y con predominancia de especies de *Miconia*. Así mismo, Cantillo-Higuera *et al.* (2008) estudiaron la estructura de un banco de semillas germinable en una Reserva Forestal de un Bosque Alto Andino donde la familia Melastomataceae fue una de las más representativas.

#### Viabilidad y germinación

En general se presentó una alta viabilidad donde *M. squamulosa* fue la mayor y *T. grossa* la más baja, esto era de esperarse ya que las plantas que presentan semillas pequeñas se caracterizan por tener una estrategia reproductiva que consiste en producir una gran cantidad de semillas pequeñas, con baja probabilidades de establecimiento (Leishman *et al.* 2000, Moles *et al.* 2004), pero que al ser numerosas pueden aumentar la progenie en nuevos sitios (Valencia-Díaz *et al.* 2015).

La estrategia reproductiva de *M. ligustrina* se vio reflejada en el PG, ya que la mayoría de las semillas con embrión no germinaron, caso contrario con *M. squamulosa* y *T. grossa*, donde el PG fue relativamente alto en comparación

**Tabla 1.** Crecimiento y supervivencia de *Miconia squamulosa*, *Miconia ligustrina* y *Tibouchina grossa* sembradas en condiciones de laboratorio y en propagación tradicional. ee = error estándar.

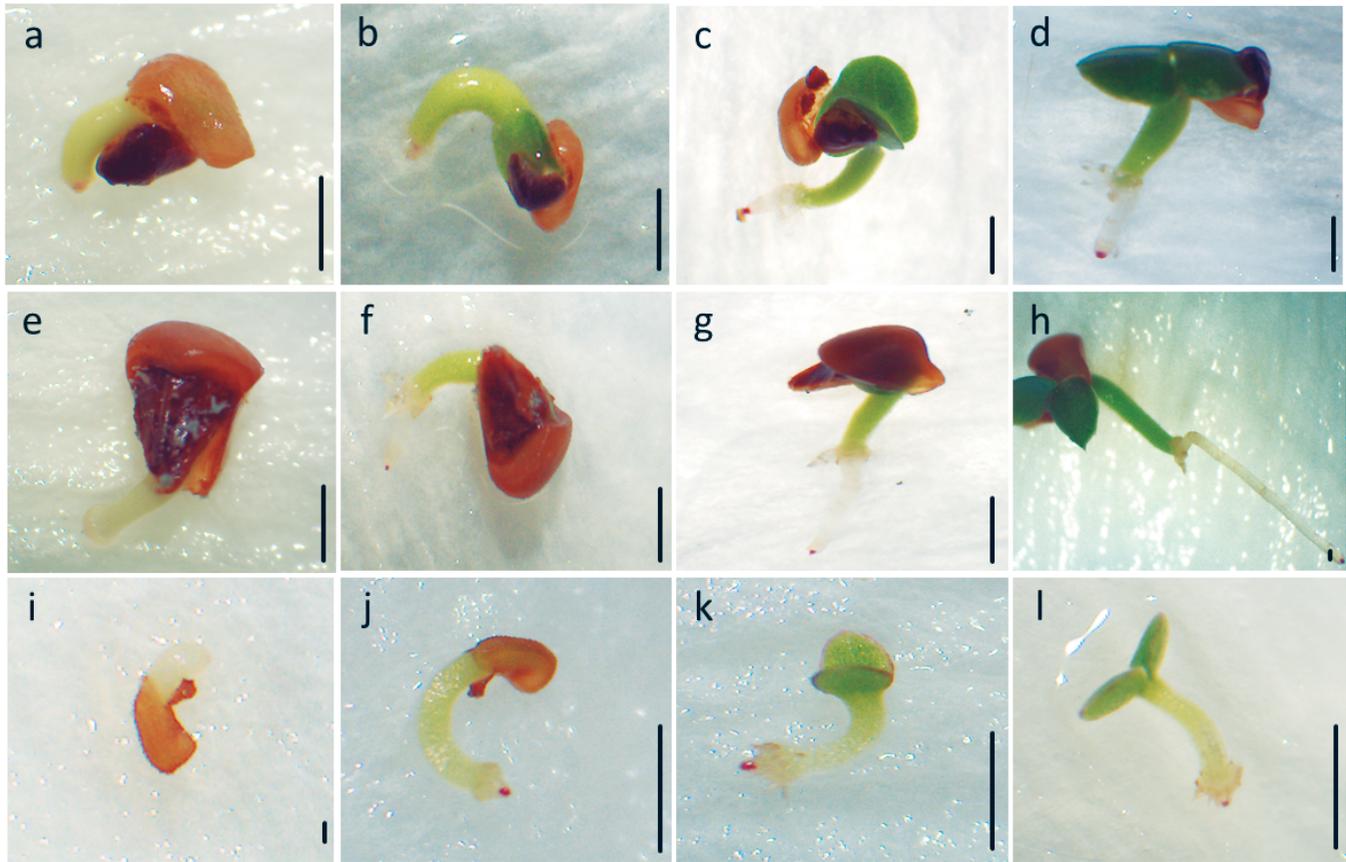
Especie	Siembra	Semana evaluada	Crecimiento		Mes evaluado	Supervivencia (%)
			Longitud tallo (mm±ee)	Longitud raíz (mm±ee)		
<i>Miconia squamulosa</i>	Laboratorio	1	1,28±0,53	0,58±0,51	1	100
		2	2,61±1,23	1,54±0,99	2	100
		3	4,98±1,25	4,12±2,52	3	37
		4	5,95±1,29	7,98±3,62	4	64
	Tradicional	1	2,82±1,12	6,61±3,66	1	100
		2	4,36±1,38	8,69±4,13	2	73
		3	5,44±1,28	12,32±4,63	3	57
		4	6,25±1,39	14,44±5,24	4	13
<i>Miconia ligustrina</i>	Laboratorio	1	1,28±0,41	0,31±0,07	1	87
		2	2,21±0,56	1,15±0,80	2	69
		3	3,05±0,92	3,61±1,87	3	0
		4	3,78±1,03	6,84±3,75	4	0
	Tradicional	1	2,49±0,70	4,68±3,04	1	100
		2	3,47±0,90	7,94±4,79	2	63
		3	3,99±0,83	10,48±4,63	3	47
		4	4,62±0,99	12,90±5,13	4	33
<i>Tibouchina grossa</i>	Laboratorio	1	0,80±0,27	0,25±0,19	1	27
		2	1,17±0,26	0,47±0,35	2	0
		3	1,29±0,32	0,60±0,60	3	0
		4	1,38±0,38	0,77±0,97	4	0
	Tradicional	1	1,99±0,37	12,76±5,00	1	100
		2	3,27±0,72	15,93±4,51	2	17
		3	3,85±0,62	18,10±3,29	3	17
		4	4,40±0,63	19,80±3,67	4	0

con su viabilidad. La diferencia en PG de cada una de las especies puede estar relacionada con la ausencia de endospermo pues de acuerdo con Valencia-Díaz *et al.* (2015) el endospermo además de actuar como tejido de reserva actúa como protección del embrión por lo que en *T. grossa* el pequeño tamaño de la semilla y la falta de endospermo hace que el embrión sea más susceptible. En el caso de las miconias se presentan cotiledones más gruesos con posible presencia de tejidos de reserva que permite una mayor germinación.

El PG de las semillas que se encontraban en condiciones de laboratorio se relaciona con su tamaño y peso, ya que la respuesta y capacidad de emergencia bajo enterramiento está relacionada con esa característica de las semillas,

siendo menos dependientes a la luz las semillas más pesadas (Escobar Escobar y Cardoso 2015), de ahí que la germinación en *Miconia* haya sido mayor. Adicionalmente estas especies se caracterizan por ser fotoblásticas positivas (Silveira *et al.* 2013b), este comportamiento pudo afectar la germinación de *M. ligustrina* y *T. grossa* en la propagación de forma tradicional, ya que por el tamaño de las semillas se puede generar una insuficiencia en la energía metabólica al germinar bajo tierra, esto podría causar la muerte de la plántula antes de alcanzar la superficie del suelo (Fenner y Thompson 2005, Escobar Escobar y Cardoso 2015).

Uno de los factores más importantes en la germinación es la temperatura y sus valores óptimos, los cuales varían dependiendo de la especie (Heschel *et al.* 2007); estos va-



**Figura 5.** Crecimiento semanal de la parte aérea y de la parte radicular de las tres especies estudiadas. *Miconia ligustrina* a-d. sembrada en laboratorio, e-h. sembrada de forma tradicional; *Miconia squamulosa* i-l. en laboratorio, m-o. de forma tradicional; y *Tibouchina grossa* p-s. en laboratorio, t-w. de forma tradicional. Escala = 1mm.

lores afectan el porcentaje y la velocidad de germinación ya que influyen en la absorción de agua por las semillas y en la regulación del metabolismo que desencadena la germinación (Souza *et al.* 2013). La temperatura fue uno de los factores más relevantes entre las condiciones de siembra utilizadas, ya que esta varió entre 20–10 °C en laboratorio y se mantuvo en un promedio de 17 °C en invernadero siendo una temperatura similar a la de la zona de recolección de semillas. En condiciones de invernadero se obtuvo una mayor germinación en todas las especies, probablemente debido a que la variación de la temperatura en laboratorio afectó el metabolismo reduciendo la actividad enzimática (Souza *et al.* 2013). En Melastomataceae este intervalo oscila entre 15–30 °C, aunque en muchas especies no se encuentra registrado (Silveira *et al.* 2013a). Souza *et al.* (2013) obtuvo una mayor germinación a una temperatura constante de 25 °C en *M. ligustroides* y la tasa de germinación más baja la reportó con una oscilación entre 20–30 °C. Al igual que Rodrigues y Silveira (2013) quienes reportaron una germinación óptima a una temperatura

constante de 25 °C y una germinación mínima a los 15 y 30 °C para *Trembleya laniflora* (D. Don) Cogn.

La diferencia entre los TMG en los dos tipos de siembra se relaciona con el criterio de germinación en cada caso, ya que en laboratorio se tomó como germinación la emergencia de la radícula a través de la testa, mientras en la propagación tradicional la germinación se evidenció hasta que los cotiledones sobresalieron del sustrato. Se obtuvo mayor TMG en *T. grossa*, seguido por *M. squamulosa* y por último *M. ligustrina*. Estos resultados no coinciden con lo reportado por Souza *et al.* (2013), ya que ellos obtuvieron un comportamiento similar en el TMG y PG en *M. ligustroides*.

Las especies evaluadas presentaron una germinación fanerocicular y epigea, ya que los cotiledones emergen del sustrato debido al crecimiento del hipocótilo y posteriormente se da el desprendimiento de la cubierta seminal; este tipo de germinación coincide con lo reportado por Souza *et al.* (2013) para *Miconia ligustroides* (DC.) Nau-

din. El proceso inicia con la emergencia de la radícula a través del micrópilo, posteriormente se forma el gancho hipocotíleo, en este momento los cotiledones aún se encuentran recubiertos por la testa y finalmente estos se desprenden obteniendo como resultado una plántula (Souza *et al.* 2013). Este proceso se evidenció en diferentes días para cada una de las especies lo se relaciona con la morfología de cada una de las semillas, por ejemplo *T. grossa* no presenta endospermo que limite la germinación y su testa es blanda (Valencia-Díaz *et al.* 2015), caso contrario de las dos especies de *Miconias* que aunque no tienen endospermo presentan una testa dura. Souza *et al.* (2013) estudió la germinación de *M. ligustroides* y obtuvo un inicio a los 12 dds y una duración de 5 dds.

El tamaño inicial, crecimiento y supervivencia de las plántulas depende del tamaño de las semillas, de tal forma que mientras mayor es el tamaño de la semilla, mayor es la reserva metabólica que se tiene y se puede emplear en la etapa inicial de desarrollo (Leishman 2001, Westoby *et al.* 2002). De esta forma, el tamaño de las semillas se relaciona con el crecimiento y supervivencia de las especies trabajadas, pues *M. squamulosa* presentó un mayor tamaño, crecimiento y supervivencia seguido por *M. ligustrina* y *T. grossa* con el menor tamaño, crecimiento y una supervivencia nula al finalizar el monitoreo (Tabla 1).

Adicionalmente el tamaño pudo afectar la supervivencia en las dos condiciones de siembra evaluadas, ya que las semillas en laboratorio no obtuvieron los nutrientes requeridos para el desarrollo adecuado de las plántulas y posterior establecimiento y supervivencia, así mismo es de tener en cuenta que la aclimatación de las plantas producidas en laboratorio es una etapa fundamental ya que de ella depende la calidad final de las plantas producidas; en comparación con las plantas cultivadas tradicionalmente, éstas presentan un comportamiento diferente en condiciones de invernadero o de campo, teniendo cambios

morfológicos y fisiológicos que ocasionan una pérdida de plantas al momento del trasplante, la aclimatación permitirá que la planta alcance un crecimiento autotrófico en ambientes de menor humedad, con más luz y sustratos asépticos (Indacochea-Ganchozo *et al.* 2017).

## CONCLUSIONES

Los frutos de *M. ligustrina*, *M. squamulosa* y *T. grossa* poseen características similares a nivel morfológico, pero varían en tamaño y forma, propiedades que pueden relacionarse con el tipo de fruto, dispersión y estrategias reproductivas de las plantas para garantizar su establecimiento, características que a su vez se reflejan en la viabilidad de las semillas, siendo para el caso de estudio mayor en las especies de *Miconia*. En general las especies evaluadas presentan una mejor germinación, crecimiento y supervivencia en condiciones de sustrato, teniendo los valores más altos de germinación, crecimiento de la parte aérea en *M. squamulosa* y en el caso *T. grossa* se presentó el mayor crecimiento radicular, por lo cual se puede concluir que las condiciones de siembra tradicional son las más adecuadas para realizar trabajos de propagación, ya que para las tres especies se presentó mayor germinación, crecimiento de la plántula y supervivencia en este tipo de siembra. Estos resultados generan un aporte al conocimiento de la ecofisiología de las semillas de especies altoandinas, en su manejo y conservación *ex situ*.

## LITERATURA CITADA

- Abril-Saltos R, Ruíz-Vásquez T, Alonso-Lazo J, Cabrera-Murillo G. 2017. Germinación, diámetro de semilla y tratamientos pregerminativos en especies con diferentes finalidades de uso. *Agron. Mesoam.* 28(3):703–717. doi: <https://doi.org/10.15517/ma.v28i3.26205>.
- Bernal R, Gradstein SR, Celis M. c2015. Catálogo de plantas y líquenes de Colombia. [Revisada en: 19 Jun 2018]. <http://catalogoplantascolombia.unal.edu.co>

### PARTICIPACIÓN DE AUTORES

LVFS toma de datos; LVFS, CMM y MCH análisis de datos y escritura del documento.

### CONFLICTO DE INTERESES

Las autoras declaran que no presentan conflicto de intereses.

### AGRADECIMIENTOS

A la Subdirección Científica del Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis por el apoyo financiero, al investigador Carlos Iván Suarez Ballesteros por la identificación taxonómica de las especies y consecución de las fuentes semilleras. Se agradece a Ana Milena Torres y a Sebastian Muñoz por su ayuda en las labores de acondicionamiento y apoyo en el desarrollo del proyecto.

- Bewley JD, Black M, Halmer P. 2006. The encyclopedia of seeds: science, technology and uses. Londres: CABI.
- Buhler DD, Kohler KA, Thompson RL. 2001. Weed Seed Bank Dynamics during a Five-Year Crop Rotation. *Weed Technol.* 15(1):170–176. doi: [https://doi.org/10.1614/0890-037X\(2001\)015\[0170:WSBDDA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1614/0890-037X(2001)015[0170:WSBDDA]2.0.CO;2).
- Cantillo-Higuera EE, Castiblanco-Gutiérrez V, Pinilla-Mondragón DF, Alvarado CL. 2008. Caracterización y valoración del potencial de regeneración del Banco de Semillas germinable de La Reserva Forestal Cárpatos (Guasca, Cundinamarca). *Colomb. For.* 11(1):45–70. doi: <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2008.1.a04>.
- Carreira RC, Zaidan LB. 2007. Germinação de sementes de espécies de Melastomataceae de Cerrado sob condições controladas de luz e temperatura. *Hoehnea* 34(3):261–269. doi: <https://doi.org/10.1590/S2236-89062007000300001>.
- Dalling JW. 2002. Ecología de semillas. En: Guariguata MR, Kattan GH, editores. *Ecología y Conservación de bosques neotropicales*. Cartago, Colombia: Editorial Tecnológica. p. 345–375.
- Dosch JJ, Peterson CJ, Haines BL. 2007. Seed rain during initial colonization of abandoned pastures in the premontane wet forest zone of southern Costa Rica. *J. Trop. Ecol.* 23(2):151–159. doi: <https://doi.org/10.1017/S0266467406003853>.
- Escobar Escobar DF, Cardoso VJ. 2015. Germinación y latencia de semillas de *Miconia chartacea* (Melastomataceae), en respuesta a luz, temperatura y hormonas vegetales. *Rev. Biol. Trop.* 63(4):1169–1184. doi: <https://doi.org/10.15517/rbt.v63i4.17955>.
- Fenner M, Thompson K. 2005. *The Ecology of Seeds*. United Kingdom: Cambridge University Press. Capítulo 5, Germinación; p. 110–135.
- Godoi S, Takaki M. 2007. Seed germination in *Miconia theaezans* (bonpl.) Cogniaux (Melastomataceae). *Braz. arch. biol. technol.* 50(4):571–578. doi: <https://doi.org/10.1590/S1516-89132007000400002>.
- Goldenberg R, Almeda F, Caddah MK, Martins AB, Meirelles J, Michelangeli FA, Weiss M. 2013. Nomenclator botanicus for the neotropical genus *Miconia* (Melastomataceae: Miconieae). *Phytotaxa* 106(1):1–171. doi: <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.106.1.1>.
- Heschel MS, Selby J, Butler C, Whitlam GC, Sharrock RA, Donohue K. 2007. A new role for phytochromes in temperature-dependent germination. *New Phytol.* 174(4):735–741. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2007.02044.x>.
- Higuera HD, Rivas AC. 2007. Estudio De La Familia Melastomataceae en el área de jurisdicción de Corantioquia. Informe técnico. Medellín: Universidad de Antioquia, Corantioquia.
- Indacochea-Ganchozo B, Parrales-Villacreses J, Castro-Piguave C, Vera-Tumbaco M, Gabriel-Ortega J. 2017. Aclimatación *in vitro* de especies forestales nativas del Sur de Manabí en peligro de extinción. *J. Selva Andina Res. Soc.* 8(2):124–134.
- Leishman MR. 2001. Does the seed size/number trade-off model determine plant community structure? An assessment of the model mechanisms and their generality. *Oikos* 93(2):294–302. doi: <https://doi.org/10.1034/j.1600-0706.2001.930212.x>.
- Leishman MR, Wright LJ, Moles AT, Westoby M. 2000. The evolutionary ecology of seed size. En: Fenner M, editor. *Seeds: the Ecology of Regeneration in Plant Communities*. Wallingford: CABI International. p. 31–57.
- Mena-Lozano F, Orózco de Amézquita M. 1986. Propagación vegetativa del sietecueros (*Tibouchina lepidota* (Bonpl.) Baill.). *Caldasia* 14(68-70):491–501.
- Mendoza H, Ramírez BR. 2006. Guía ilustrada de generos Melastomataceae y Memecylaceae de Colombia. Bogotá, Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt; Univerisad del Cauca.
- Moles AT, Falster DS, Leishman MR, Westoby M. 2004. Small-seeded species produce more seeds per square metre of canopy per year, but not per individual per lifetime. *J. Ecol.* 92(3):384–396. doi: <https://doi.org/10.1111/j.0022-0477.2004.00880.x>.
- Moles AT, Hodson DW, Webb CJ. 2000. Seed size and shape and persistence in the soil in the New Zealand flora. *Oikos* 89(3):541–545. doi: <https://doi.org/10.1034/j.1600-0706.2000.890313.x>.
- Niembro A. 1988. *Semillas de árboles y arbustos: Ontogenia y estructura*. Primera edición. Mexico D.F: Editorial Limusa.
- Nurse RE, DiTommaso A. 2005. Corn competition alters the germinability of velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) seeds. *Weed Sci.* 53(4):479–488. doi: <https://doi.org/10.1614/WS-04-185R1>.
- Ocampo G, Almeda F. 2013. Seed diversity in the Miconieae (Melastomataceae): Morphological characterization and phenetic relationships. *Phytotaxa* 80(1):1–129. doi: <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.80.1.1>.
- Pérez-Martínez LV, Rodríguez NA, Melgarejo LM, Vargas RO. 2014. Propagación por semilla de 13 especies de páramo. En: Vargas RO, Pérez-Martínez LV, editores. *Semillas de plantas de páramo: ecología y métodos de germinación aplicados a la restauración ecológica*. Bogotá. D.C.: Universidad Nacional de Colombia. p. 115–124.
- Pita JM, Perez F. 1998. *Germinación de Semillas. Hojas divulgativas, 2090*. Madrid: Ministerio de agricultura pesca y alimentación.
- Posada JM, Sierra JA, Sanin D, Coca LF. 2016. Annotated Catalogue of melastomataceae species of a humid forest at margin of the Cauca river (Chinchiná, Caldas, Colombia). *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. Univ. Caldas* 20(1):17–26.
- Quiñones LM. 2001. *Diversidad de la familia Melastomataceae en la Orinoquia Colombiana*. Bogotá, DC: Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia.
- Ranal MA, Santana D. 2006. How and why to measure the germination process? *Ver. bras. Bot.* 29(1):1–11. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-84042006000100002>.
- Rodrigues ERS, Silveira FAO. 2013. Seed germination requirements of *Trembleya laniflora* (Melastomataceae), an endemic species from neotropical montane rocky savannas. *Plant Species Biol.* 28(2):165–168. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1442-1984.2012.00396.x>.
- Rojas González S, García Lozano J, Alarcón Rojas M. 2004. *Propagación asexual de plantas: Conceptos Básicos y Experiencias con especies amazónicas*. Primera edición. Colombia: Corpoica.
- Salisbury F, Ross C. 1992. *Plant physiology*. Cuarta edición. Belmont, CA. Wadsworth: Universidad de California.

- Sawma JT, Mohler CL. 2002. Evaluating Seed Viability by an Unimbibed Seed Crush Test in Comparison with the Tetrazolium Test. *Weed Technol.* 16(4):781–786. doi: [https://doi.org/10.1614/0890-037X\(2002\)016\[0781:ESVBAU\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1614/0890-037X(2002)016[0781:ESVBAU]2.0.CO;2).
- Silveira FAO, Fernandes GW, Lemos-Filho JP. 2013a. Seed and seedling ecophysiology of neotropical melastomataceae: Implications for conservation and restoration of savannas and rainforests. *Ann. Mo. Bot. Gard.* 99(1):82–99. doi: <https://doi.org/10.3417/2011054>.
- Silveira AO, Ribeiro RC, Soares S, Rocha D, Oliveira C. 2013b. Physiological dormancy and seed germination inhibitors in *Miconia* (Melastomataceae). *Plant. Ecol. Evol.* 146(3):290–294. doi: <https://doi.org/10.5091/plecevo.2013.817>.
- Simão E, Takaki M. 2008. Effect of light and temperature on seed germination in *Tibouchina mutabilis* (Vell.) Cogn. (Melastomataceae). *Biota Neotrop.* 8(2):63–68. doi: <https://doi.org/10.1590/S1676-06032008000200006>.
- Souza I, Alvarenga A, Dousseau S, Souza E, Artur M, Lara T. 2013. Morphological characterization of fruits, diaspores and germination of *Miconia ligustroides* (DC.) Naundim (Melastomataceae). *Acta Sci. Biol. Sci.* 35(1):93–98. doi: <https://doi.org/10.4025/actascibiolsci.v35i1.12648>.
- Stiles FG, Rosselli L. 1993. Consumption of Fruits of the Melastomataceae by Birds: How Diffuse Is Coevolution? *Vegetatio* 107(1):57–73. doi: [https://doi.org/10.1007/978-94-011-1749-4\\_4](https://doi.org/10.1007/978-94-011-1749-4_4).
- Tompsett PB, Pritchard HW. 1998. The effect of chilling and moisture status on the germination, desiccation tolerance and longevity of *Aesculus hippocastanum* L. seed. *Ann. Bot.* 82(2):249–261. doi: <https://doi.org/10.1006/anbo.1998.0676>.
- Valencia-Díaz S, Flores-Morales A, Flores-Palacios A, Perea-Aran-go I. 2015. How does the presence of endosperm affect seed size and germination? *Bot. sci.* 93(4):783–789. doi: <https://doi.org/10.17129/botsci.251>.
- Velasco Linares P, Vargas Rios O. 2004. Dinámica de la dispersión de plantas ornitócoras, reclutamiento y conectividad en fragmentos de bosque altoandino secundario (Reserva Natural Protectora, Cagua Cundinamarca). *Acta biol. Colomb.* 9(2):121–122.
- Westoby M, Falster DS, Moles AT, Vesk PA, Wright IJ. 2002. Plant ecological strategies: Some leading dimensions of variation between species. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 33(1):125–159. doi: <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.33.010802.150452>.
- Zaia JE, Takaki M. 1998. Estudo da germinação de sementes de espécies arbóreas pioneiras: *Tibouchina pulchra* Cogn. e *Tibouchina granulosa* Cogn. (Melastomataceae). *Acta bot. bras.* 12(3):221–229. doi: <https://doi.org/10.1590/S0102-33061998000300004>.