

# Propagación sexual y tolerancia a la desecación del agraz (*Vaccinium meridionale* Sw) de tres fuentes semilleras localizadas en Ráquira, San Miguel de Sema (Boyacá) y Gachetá (Cundinamarca)

Carlos Iván Suárez-Ballesteros\*, Manuela Calderón-Hernández, Carolina Mancipe-Murillo

Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis, Subdirección científica, Línea de Investigación en especies y propagación, Sublínea de conservación de semillas, Bogotá, D.C., Colombia

## Resumen

*Vaccinium meridionale* es una especie con un alto potencial agroalimentario registrada en la región altoandina de Colombia. Actualmente no hay un proceso establecido para su producción y la cosecha de los frutos generalmente se hace en huertos silvestres mantenidos y propagados vegetativamente, lo que puede ocasionar pérdida de la diversidad genética. Por ello, se evaluó la propagación sexual en invernadero y la tolerancia a la desecación de *V. meridionale*. Se hicieron pruebas de viabilidad con tetrazolio y de tolerancia a la desecación, así como ensayos de propagación sexual en invernadero para evaluar la repuesta germinativa con dos beneficios (fermentado y sin fermentar) y cinco tratamientos pregerminativos (500 mgL<sup>-1</sup> de ácido giberélico, GA<sub>3</sub>, 500 mgL<sup>-1</sup> de nitrato de potasio, KNO<sub>3</sub>, agua de coco al 100 %, Aloe vera al 50 %, y control por “inmersión en agua”) de semillas recolectadas en tres fuentes semilleras localizadas en los municipios de Ráquira, San Miguel de Sema (Boyacá) y Gachetá (Cundinamarca). No se registraron diferencias en los porcentajes de germinación y el tiempo medio de germinación en cuanto a las fuentes semilleras, los beneficios y los tratamientos pregerminativos utilizados, por lo cual se recomienda evaluar otro tipo de sustratos y tratamientos de ruptura de latencia. Dado el carácter ortodoxo de las semillas de *V. meridionale*, la especie es apta para su conservación *ex situ* utilizando la estrategia de bancos de semillas. © 2018. Acad. Colomb. Cienc. Ex. Fis. Nat.

**Palabras clave:** Canco de semillas *ex situ*; Conservación; Propagación sexual; Semillas ortodoxas.

**Sexual propagation and desiccation tolerance of agraz (*Vaccinium meridionale* Sw) of three seed sources located in Ráquira, San Miguel de Sema (Boyacá) and Gachetá (Cundinamarca)**

## Abstract

*Vaccinium meridionale* is a species with high agri-food potential registered in the high-Andean region of Colombia. Currently there is no established process for its production and fruit harvesting is usually done from wild orchards that are maintained and propagated vegetatively, which can cause loss of genetic diversity. Therefore, we studied its sexual propagation in a greenhouse and its desiccation tolerance. We also evaluated the viability using the tetrazolium test, as well as desiccation tolerance and sexual propagation tests in a greenhouse. The germination response was evaluated with two benefits (fermented and unfermented) and five pre-germinative treatments (500 mgL<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub>, 500 mgL<sup>-1</sup> KNO<sub>3</sub>, coconut water 100%, *Aloe vera* 50%, control by “immersion in water”) of seeds collected in three seed sources located in the municipalities of Ráquira, San Miguel de Sema (Boyacá) and Gachetá (Cundinamarca). There were no differences in the germination percentages and the mean germination time with respect to the seed sources, the benefits and the pregerminative treatments used, for which it is recommended to evaluate another type of substrata and treatments for dormancy rupture. Given the orthodox trait of the seeds of *V. meridionale*, this species is apt to be conserved *ex situ* by means of the seed bank strategy. © 2018. Acad. Colomb. Cienc. Ex. Fis. Nat.

**Key words:** *Ex situ* seed bank; Conservation; Sexual propagation; Orthodox seed.

## Introducción

La familia Ericaceae es uno de los componentes florísticos más importantes del Neotrópico; predomina en ambientes húmedos montañosos entre los 1.000 y los 3.000 metros de altitud y su riqueza aumenta a medida que se acerca a la línea ecuatorial: El mayor número de especies se ha encontrado en Colombia y Ecuador (Luteyn, 2002). En la familia hay

plantas ornamentales y frutales de consumo humano, y en Colombia se destaca *Vaccinium meridionale*, conocida con el nombre de agraz o mortiño (Ligarreto, 2009).

### \*Correspondencia:

Carlos Iván Suárez Ballesteros; [carlosivan.sb@gmail.com](mailto:carlosivan.sb@gmail.com)

Recibido: 6 de febrero de 2018

Aceptado: 26 de abril de 2018

Editor: Elizabeth Castañeda

*Vaccinium meridionale* crece de forma silvestre en la zona altoandina de Colombia, y según **Ligarreto** (2009), hay dos regiones en donde es más representativa: la primera comprende la zona noroccidental del departamento de Antioquia, específicamente los municipios de Santa Rosa de Osos, Don Matías, Entreríos, Belmira y San José de la Montaña, y la segunda se ubica en los departamentos de Boyacá y Cundinamarca, en Boyacá principalmente en los municipios de Chiquinquirá, Ráquira y Tinjacá, y en Cundinamarca en los municipios de Guachetá y Machetá.

La especie se destaca por su gran potencial para el desarrollo de actividades productivas (**Lobo**, 2006), ya que su fruto tiene un alto contenido de compuestos polifenólicos que se expresan en su alta capacidad antioxidante (**Gaviria, et al.**, 2009). Estas cualidades han determinado la creciente demanda nacional y un alto potencial de exportación, sin embargo, la comercialización del fruto se da a pequeña escala, principalmente en plazas de mercado y sitios cercanos a las zonas de recolección (**Smith, et al.**, 2009).

En el género *Vaccinium* la germinación y el desarrollo de las plántulas se ven obstaculizados por factores como la fluctuación de la humedad, la temperatura y la luz (**Castro, et al.**, 2012). Las semillas de *V. meridionale* son fotoblásticas positivas, presentan latencia fisiológica poco profunda y un comportamiento ortodoxo frente a la desecación (**Hernández, et al.**, 2009). Este comportamiento tiene implicaciones importantes en la conservación de la especie, pues la capacidad de tolerar la desecación permite el almacenamiento a largo plazo de las semillas bajo condiciones adecuadas (**Wyse & Dickie**, 2017).

En los ensayos de propagación en condiciones de laboratorio realizados en *V. meridionale* se han encontrado diferencias en los porcentajes y el tiempo de germinación por efecto del tipo de tratamiento utilizado para romper la latencia, el tiempo de monitorización, las condiciones de luz y temperatura en las cuales se hicieron los ensayos. **Valencia & Ramírez** (1993) hicieron ensayos de germinación sin utilizar tratamientos pregerminativos y obtuvieron 62 % de germinación; **Magnitskiy & Ligarreto** (2007) evaluaron el efecto promotor de tres concentraciones (100, 200 y 500 mg l<sup>-1</sup>) de nitrato de potasio (KNO<sub>3</sub>), ácido giberélico (GA<sub>3</sub>) y ácido indolacético (AIA): en el ensayo con 500 mg l<sup>-1</sup> de KNO<sub>3</sub> se obtuvo el mayor porcentaje de germinación (38 %); los autores destacan que el KNO<sub>3</sub> y GA<sub>3</sub> favorecen la germinación en la especie. **Hernández, et al.** (2009) evaluaron el efecto promotor de tres concentraciones (500, 1.000 y 2.000 mg l<sup>-1</sup>) de GA<sub>3</sub> en dos regímenes de temperatura (20 y 25 °C), y encontraron que en los ensayos con 500 y 1.000 mg l<sup>-1</sup> se lograron los mayores porcentajes de germinación, 97 % y 98 %, respectivamente.

Con el objetivo de contribuir al conocimiento de las especies de los ecosistemas altoandinos registradas en el Banco de Semillas del Jardín Botánico de Bogotá (BSJBB), y de promover el uso de especies nativas con potencial agroalimentario, en el presente estudio se evaluó la tolerancia a

la desecación y la germinación en invernadero de semillas de *V. meridionale* con distintos tratamientos pregerminativos con el fin de explorar su aplicación en la elaboración de protocolos de propagación para el aprovechamiento y crecimiento del mercado de este fruto.

## Materiales y métodos

**Fuentes semilleras.** Los frutos se recolectaron en tres huertos silvestres de *V. meridionale* en los días 14, 23 y 28 de junio de 2016. Las semillas provenían de la finca El Pozo, municipio de Ráquira, Boyacá (5° 30' 49,9" - 73° 39' 39,8" O; 2.559 m de altitud), código de acceso en el Banco de Semillas del Jardín Botánico de Bogotá BSJBB-138; de la finca La Plazuela, municipio de Guachetá, Cundinamarca (5° 26' 24,4" N - 73° 41' 26,0" O; 2.874 m de altitud), código de acceso BSJBB-139, y de la finca Mata de Caña, municipio de San Miguel de Sema, Boyacá (5° 31' 52,3" N - 73° 43' 40,4" O; 2.753 m de altitud), código de acceso BSB-179 (Figura 1). La precipitación (mm), la temperatura (°C) media anual y la radiación solar (MJ/m<sup>2</sup>) del entorno de las poblaciones de *V. meridionale* en el departamento de Boyacá son de 1.074-1.370 mm, 14,6-15,8 °C, y 18,4-20,9 MJ/m<sup>2</sup>, respectivamente, en tanto que en Cundinamarca son de 1.117-1.237 mm, 13,5-14,1 °C y 16,1-18,8 MJ/m<sup>2</sup> (**Muñoz, et al.**, 2009).

Se tomaron muestras para herbario de cada fuente semillera de *V. meridionale*, y se depositaron en el herbario JBB con los números de colección C. I. Suárez 376, 382 y 389, respectivamente.

**Prueba de viabilidad.** Se evaluó la viabilidad de las semillas con la prueba de tetrazolio (TZ). Para ello, se hizo un corte en la parte basal de las semillas y se sumergieron en agua destilada durante 24 horas; posteriormente, se le agregó tetrazolio al 1 % y se dejaron en un horno Binder ED 53-UL (Alemania) a una temperatura de 40 °C en condiciones de oscuridad durante 24 horas. La prueba se hizo en cada fuente semillera y se utilizaron tres réplicas de 50 semillas; durante la evaluación se registró el número de semillas viables, inviables y vacías.

Los resultados de la prueba de viabilidad con TZ se compararon con los resultados de la prueba de germinación con un contenido de humedad inicial (CHI) para determinar la diferencia en la viabilidad de las semillas en cuanto a la germinación.

**Tolerancia a la desecación.** En esta prueba se utilizó la fuente semillera que presentó la mayor viabilidad en la prueba de tetrazolio. Se determinó el contenido de humedad (CH) utilizando el analizador de humedad OHAUS® MB45 (Parsippany, Nueva Jersey) con 2 ± 0,5 g de semillas. Se evaluó la germinación de las semillas con el CH inicial (CHI), y después de desecar la semilla al 5 ± 1% de CH. La reducción del contenido de humedad se hizo en una cámara de secado con gel de sílice en una proporción de 2 a 1 (gel de sílice: semillas) con base en la fórmula  $PFS = PIS * [(100 - CHI) / (100 CH_0)]$ , donde PFS corresponde al

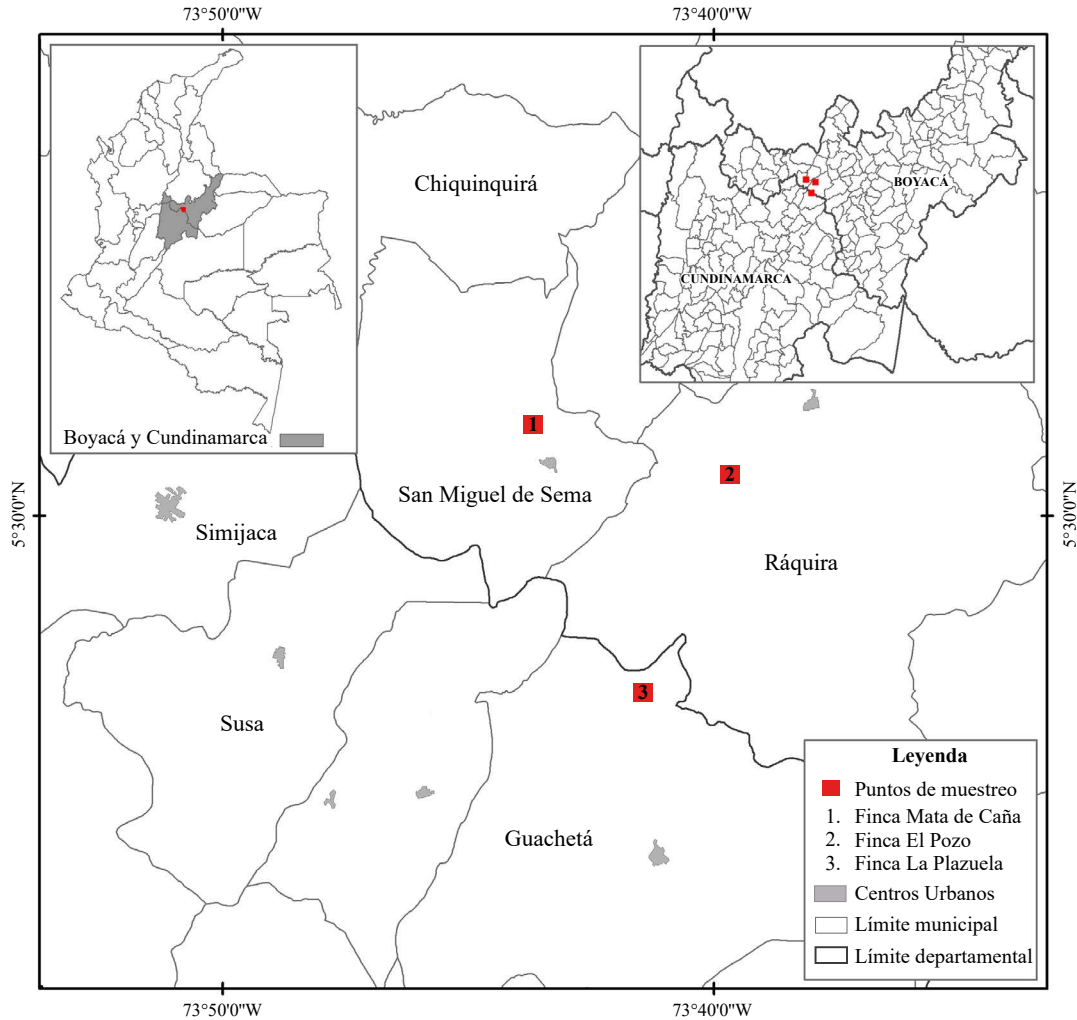


Figura 1. Ubicación de las fuentes semilleras en los municipios de Boyacá y Cundinamarca, Colombia

peso final de las semillas, PIS al peso inicial de las semillas, CHi al contenido de humedad inicial y CHo al contenido de humedad objeto o reducido (Rao, *et al.*, 2007).

En las pruebas de germinación se utilizaron tres réplicas de 50 semillas para cada experimento. Las semillas fueron desinfectadas con hipoclorito de sodio al 1 % (Muñoz & Ackerman, 2011), sembradas en cajas de Petri con doble papel de filtro y colocadas bajo condiciones controladas en una cámara de germinación Thermoline (New South Wales, Australia) y fotoperíodo de 12 horas, temperatura de  $20/10 \pm 2,5$  °C y humedad de  $75 \pm 5\%$  (Pérez, *et al.*, 2014); se monitorizaron con un Data Logger EBCHQ 94150. Los experimentos de germinación se revisaron cada tercer día durante 30 días, con el fin de determinar el número de semillas en latencia (Baskin & Baskin, 2013); la germinación se definió como la emergencia de la radícula a través de la testa (Salisbury & Ross, 1992).

**Beneficio.** En los ensayos de propagación sexual se evaluaron dos tipos de beneficio: inmediato (bsf) y fermentado (bf). En el primero se extrajeron las semillas a partir

de frutos maduros y en el segundo los frutos se dejaron fermentar durante siete días antes de extraer las semillas. El criterio para evaluar la fermentación fue la reacción de detección de producción de etanol con dicromato de potasio en medio ácido. Tras el beneficio, las semillas se conservaron en un refrigerador a 4 °C durante 30 días hasta su uso.

**Ensayos de propagación sexual en invernadero.** Se utilizó un diseño experimental con tres factores: fuentes semilleras (JBB138, JBB139, JBB179), beneficio (fermentado, sin fermentar) y tratamientos pregerminativos. Se evaluaron cinco tratamientos para romper la dormancia fisiológica:  $500 \text{ mg l}^{-1}$  de giberelinas ( $\text{GA}_3$ ) y  $500 \text{ mg l}^{-1}$  de Nitrato de potasio ( $\text{KNO}_3$ ) siguiendo lo propuesto por Magnitskiy & Ligarreto (2007), agua de coco 100%, *Aloe vera* 50% como alternativa de fácil consecución para inducir la germinación y un tratamiento control “inmersión en agua”, en cada tratamiento se realizaron tres réplicas. Para los ensayos se tomaron 50 semillas por unidad experimental; las semillas se sumergieron en los diferentes tratamientos pregerminativos durante 24 horas, y después se sembraron

en bandejas de 30×50 cm subdivididas en 10 contenedores de 15×10 cm, en cada uno de los cuales se sembró una réplica del ensayo. El sustrato empleado contenía cuatro partes de tierra, cuatro partes de turba y dos partes de cascarilla; el invernadero tenía una temperatura promedio de 17 °C y una humedad relativa promedio de 74 %. Los ensayos se monitorizaron cada tercer día registrando la germinación, para la cual se tuvo en cuenta la emergencia de los cotiledones.

**Análisis de datos.** Se probó el supuesto de normalidad de cada conjunto de datos mediante el test de Shapiro-Wilk y la homogeneidad de varianza con el test de Levene, con un nivel de confianza del 95 %. Se utilizó el análisis de varianza (ANOVA) y la prueba a posteriori de Tukey con un nivel de confianza del 95% para evaluar si existían diferencias en: la germinación en laboratorio y la viabilidad por tetrazolio; la germinación a dos contenidos de humedad y el porcentaje de germinación, el tiempo medio de germinación respecto a las fuentes semilleras, los beneficios y los tratamientos pregerminativos.

Se calculó el porcentaje de germinación (PG) y el tiempo medio de germinación (TMG) de cada ensayo con base en las siguientes fórmulas (Ranal & Santana, 2006; Tomsett & Pritchard, 1998):

$$PG = \left( \frac{N}{Ns} \right) * 100 \quad MGT = \frac{\sum_{t=1}^k ni ti}{\sum_{t=1}^k ni},$$

donde  $N$  es el número de semillas germinadas,  $Ns$  es el número de semillas totales,  $ni$  es el número de semillas germinadas en la  $i$ ésima toma de datos,  $ti$  es el tiempo (en días) de la  $i$ ésima toma de datos y  $k$  es el tiempo (en días) de duración de la prueba de germinación.

En la generación de gráficos y el análisis estadístico se empleó el programa RWizard, versión 2,3 (Guisande, 2014), los gráficos se realizaron con el paquete PlotsR (Guisande, 2016); para el ANOVA, el test de Shapiro-Wilk y el de Levene se empleó el paquete StatR (Guisande, et al., 2016).

## Resultados

**Prueba de viabilidad.** La categorización de la viabilidad de las semillas de las tres fuentes semilleras arrojó valores similares, con un promedio de 46 %, distribuido en semillas germinadas, 10 %, y semillas viables no germinadas o latentes, 36 % (Figura 2). Se registró un 36 % de semillas inviables y un 17 % de semillas vacías (Figura 3). La viabilidad evaluada con la prueba de tetrazolio (TZ) presentó valores mayores a los obtenidos con la prueba de germinación en cámara con CHI. En la finca El Pozo la viabilidad evaluada mediante TZ fue de 46,6 % en tanto que el PG fue de 10,7 % ( $F_{1,4}=52,94$ ,  $p=0,001$ ); en la finca La Plazuela la viabilidad fue de 46,6 % y el PG de 12,7 % ( $F_{1,4}=41,92$ ,  $p=0,002$ ), y en la finca Mata De Caña la viabilidad fue de 45,7 % y el PG de 7,3 % ( $F_{1,4}=17,28$ ,  $p=0,014$ ).

**Tolerancia a la desecación.** El CHI de las semillas de la finca La Plazuela fue de 9,78 %. No se encontraron diferencias entre la germinación de las semillas con CHI y con CHO

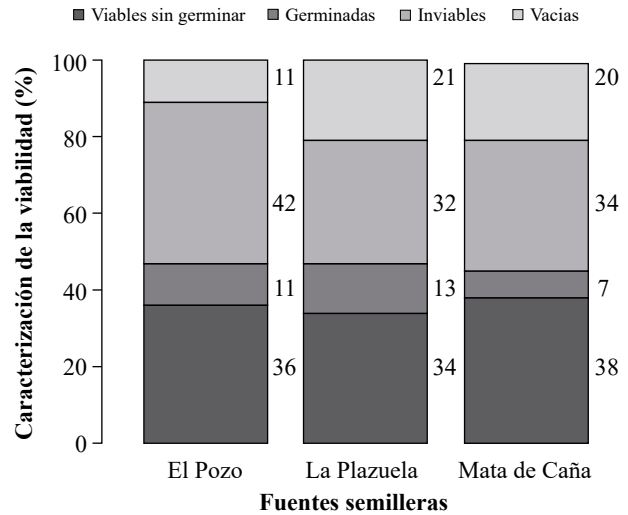


Figura 2. Categorización de la viabilidad de las semillas de *V. meridionale* en tres fuentes semilleras

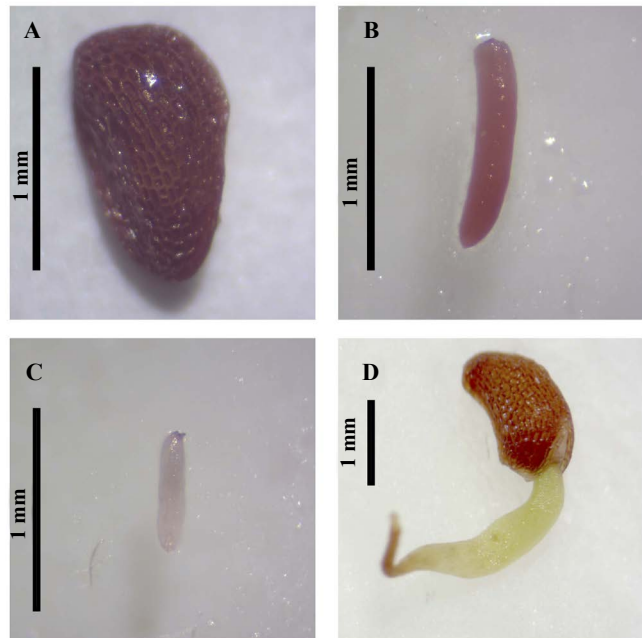
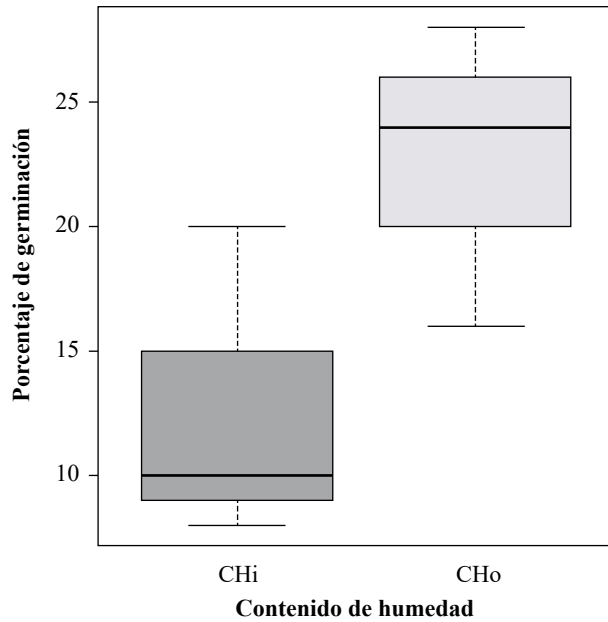


Figura 3. Pruebas de viabilidad en semillas de *V. meridionale*. A. Semilla. B. Embrión viable. C. Embrión inviable. D. Semilla germinada

( $5 \pm 1$  %) ( $F_{1,4}=3,81$ ,  $p=0,12$ ), incluso se presentó una mayor germinación con un menor contenido de humedad (Figura 4), lo que confirma el carácter ortodoxo de la especie.

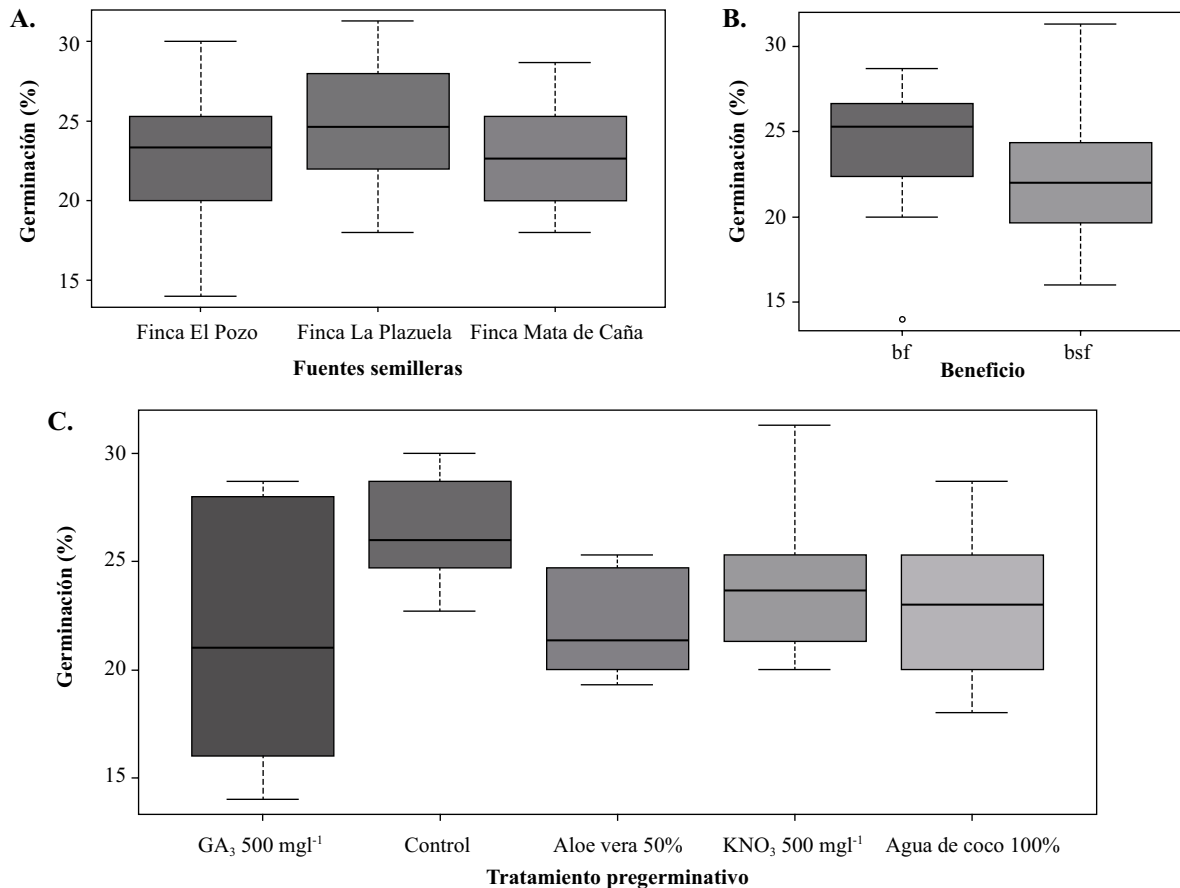
**Ensayos de propagación sexual en invernadero.** No se registraron diferencias significativas entre el PG de las fuentes semilleras ( $F_{1,27}=0,83$ ,  $p=0,44$ ), el beneficio ( $F_{1,28}=0,91$ ,  $p=0,34$ ) y los tratamientos pregerminativos utilizados ( $F_{1,25}=1,37$ ,  $p=0,27$ ). El PG presentó comportamientos particulares en las tres fuentes semilleras: la de la finca El Pozo presentó la mayor distribución de PG y el tratamiento



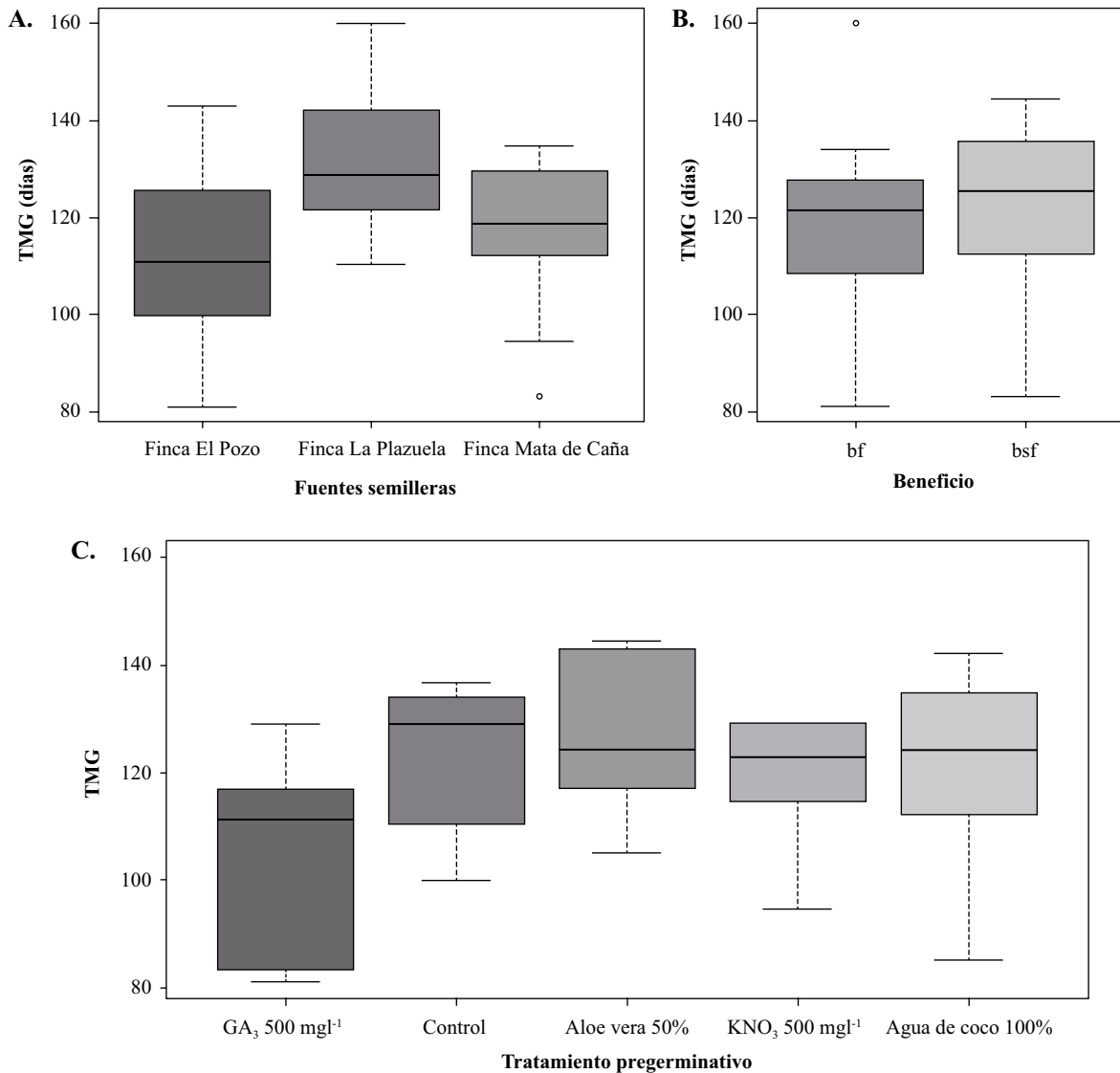
**Figura 4.** Porcentaje de germinación de las semillas de *Vaccinium meridionale* a dos contenidos de humedad: contenido de humedad inicial (9,78% Chi) y contenido de humedad objeto (5 ± 1% Cho).

(bf, GA<sub>3</sub> 500 mg l<sup>-1</sup>) tuvo el PG más bajo (14 %); la finca La Plazuela presentó el tratamiento (bsf, KNO<sub>3</sub>, 500 mg l<sup>-1</sup>) con el PG más alto (31,3 %), la finca Mata de Caña tuvo la menor dispersión de los PG (Figura 5A, Anexo 1, <https://www.raccefyfyn.co/index.php/raccefyfyn/articulo/downloadSuppFile/614/2771>). No se observaron efectos del tipo de beneficio en el PG; la mediana presentó datos similares en los diferentes beneficios y su rango osciló entre 21,3 y 25,33 % (Figura 5B, Anexo 1, <https://www.raccefyfyn.co/index.php/raccefyfyn/articulo/downloadSuppFile/614/2771>). Con respecto a los tratamientos pregerminativos se observó que el GA<sub>3</sub> no tuvo un efecto significativo en la germinación como lo indicó la amplia distribución de los datos. Los tratamientos con KNO<sub>3</sub> presentaron los mayores PG, en tanto que los ensayos de control presentaron mayor PG que aquellos en los que se agregó GA<sub>3</sub>, *Aloe vera* y agua de coco (Figura 5C, Anexo 1, <https://www.raccefyfyn.co/index.php/raccefyfyn/articulo/downloadSuppFile/614/2771>).

El TMG no presentó diferencias significativas en las fuentes semilleras (F<sub>1,27</sub>=2,9, p=0,07). La finca El Pozo presentó los menores TMG teniendo en cuenta la mediana, seguida por las fincas Mata de Caña y La Plazuela (Figura 6A, Anexo 1, <https://www.raccefyfyn.co/index.php/raccefyfyn/>



**Figura 5.** Porcentaje de germinación (PG) con cada tratamiento de las fuentes semilleras, el beneficio y los tratamientos pregerminativos. **A.** Comportamiento del PG en cuanto a las fuentes semilleras. **B.** Comportamiento del PG en cuanto a los beneficios: fermentado (bf) y sin fermentar (bsf). **C.** Comportamiento del PG en cuanto a los tratamientos pregerminativos.



**Figura 6.** Tiempo medio de germinación (TMG) de las fuentes semilleras, los tratamientos pregerminativos y el beneficio. **A.** Comportamiento del TMG en cuanto a las fuentes semilleras. **B.** Comportamiento del TMG en cuanto a los beneficios: fermentado (bf) y sin fermentar (bsf). **C.** Comportamiento del TMG en cuanto a los tratamientos pregerminativos.

article/downloadSuppFile/614/2771). No se observó influencia del tipo de beneficio en el TMG ( $F_{1,28}=0,36$ ,  $p=0,55$ ) (Figura 6B, Anexo 1, <https://www.raccefyfyn.co/index.php/raccefyfyn/article/downloadSuppFile/614/2771>) ni en los tratamientos pregerminativos evaluados ( $F_{1,25}=1,23$ ,  $p=0,32$ ), ya que tanto la mediana como la distribución de la mayoría de los datos presentó valores similares (Figura 6C, Anexo 1, <https://www.raccefyfyn.co/index.php/raccefyfyn/article/downloadSuppFile/614/2771>).

## Discusión

Las diferentes fuentes semilleras presentaron latencia en 36 % de las semillas, valor que, según **Baskin & Baskin** (2013), es equivalente al número de semillas viables sin germinar tras 30 días de evaluación. Esta latencia no uniforme de las semillas le confiere a las especies la capacidad de distribuir

la geminación en el tiempo y adaptarse a las condiciones variables del ambiente, favoreciendo la supervivencia y el establecimiento de nuevas poblaciones (**Snyder**, 2006).

El valor de la latencia, sumado al alto número de semillas vacías e inviables, refleja los bajos valores de germinación obtenidos en el laboratorio, lo cual indica que para aumentar el número de semillas germinadas es necesario aumentar el tiempo de evaluación de los experimentos, así como probar diferentes tratamientos pregerminativos que permitan romper la latencia (**Baskin & Baskin**, 2004). Además, estos resultados también pueden explicar por qué la viabilidad de las semillas de las fuentes semilleras evaluadas fue más baja que lo reportado para la especie por otros autores (**Hernández, et al.**, 2009; **Magnitskiy & Ligarreto**, 2007; **Valencia & Ramírez**, 1993)

Los resultados de tolerancia a la desecación confirman que las semillas de *V. meridionale* presentan un comportamiento ortodoxo (Figura 4), lo cual concuerda con lo encontrado por diferentes autores para las especies y el género (Gutiérrez & Camacho, 2011; Hernández, *et al.*, 2009; International Board for Plant Genetic Resources - IBPGR, 1985). El comportamiento ortodoxo le confiere a la semilla la capacidad de tolerar la deshidratación hasta el 5 % del contenido de humedad (Magnitskiy & Plaza, 2007; Rao, *et al.*, 2007), una característica que permite que la longevidad de las semillas aumente al disminuir el contenido de humedad (Nkang, *et al.*, 2003) y les confiere un alto potencial de ser almacenadas y conservadas *ex situ* en los bancos de germoplasma a bajas temperaturas y bajos contenidos de humedad (Gold, *et al.*, 2004; Hong & Ellis, 1995).

No se observó influencia de las fuentes semilleras, los beneficios y los tratamientos pregerminativos en el PG y el TMG; la propagación sexual de la especie puede verse afectada por diferentes factores, como el tamaño de las semillas, que las hace más frágiles y susceptibles al daño, la latencia, la fluctuación de la humedad, la temperatura y la luz (Castro, *et al.*, 2012; García & Ligarreto, 2014; Hernández, *et al.*, 2009; Valencia & Ramírez, 1993). Diversos autores resaltan un efecto positivo del GA<sub>3</sub> y el KNO<sub>3</sub> en la germinación de las semillas de *V. meridionale* en cámara de germinación (Hernández, *et al.*, 2009; Magnitskiy & Ligarreto, 2007). Dicho efecto promotor no se evidenció en los ensayos realizados, probablemente debido al sustrato utilizado, el cual es poroso y facilitó el hundimiento de las semillas impidiendo, en alguna medida, la incidencia de la luz, la cual es un factor relevante en la germinación de *V. meridionale*, pues las semillas son fotoblásticas positivas (Hernández, *et al.*, 2009).

Las especies de la familia Ericácea presentan un sistema radical formado por finas raicillas con un desarrollo superficial caracterizado por la ausencia de pelos absorbentes, lo que las hace susceptibles al déficit hídrico y explica las asociaciones simbióticas obligadas con micorrizas del tipo ericoide, asociación que es vital para el crecimiento de las plantas en suelos altamente orgánicos y pobres de nutrientes, favoreciendo la asimilación del fósforo y el nitrógeno en forma de nitrato y amonio, así como de aminoácidos libres (Bautista, *et al.*, 2017; Camarena-Gutiérrez, 2012; Lancho, 2012; Pérez, 2012). Así pues, el sustrato juega un papel importante, ya que debe tener la capacidad de retener el agua y poseer materia orgánica que mantenga la acidez requerida por la especie y permita la asociación simbiótica (Gutiérrez & Camacho, 2011). Para la propagación de *V. meridionale*, Valencia & Ramírez (1993) recomiendan usar suelo proveniente del medio natural donde crece la especie por la presencia de micorrizas que favorecen su establecimiento.

Otro factor a tener en cuenta es el tiempo de almacenamiento de las semillas hasta el uso, pues los principales factores que influyen en la calidad y supervivencia de las

semillas son la temperatura y el contenido de humedad (Roberts, 1972). Hernández, *et al.* (2009) y Valencia & Ramírez (1993) registraron porcentajes de germinación en laboratorio de 98 % (1.000 mg l<sup>-1</sup> de GA<sub>3</sub>) y 62 % (agua), respectivamente; las semillas utilizadas en estas investigaciones fueron evaluadas después de la cosecha, en tanto que en el estudio de Magnitskiy & Ligarreto (2007) y en el presente trabajo las semillas se conservaron durante 30 días a 5 °C hasta el montaje de los ensayos, en los cuales se obtuvieron porcentajes de germinación menores de 38 % (500 mg l<sup>-1</sup> de KNO<sub>3</sub>) y 31,3 % (500 mg l<sup>-1</sup> de KNO<sub>3</sub>), respectivamente. Es relevante mencionar que no se puede concluir si las condiciones de germinación fueron las adecuadas, pues estas no se han establecido para la especie (Magnitskiy & Ligarreto, 2007).

No se observaron diferencias en el PG entre los beneficios utilizados, lo cual indica que en el presente estudio la fermentación de los frutos no influyó en el poder germinativo de las semillas de *V. meridionale* (Figura 5B). Esto contrasta con lo sugerido por Magnitskiy & Ligarreto (2009) cuando señalan que la fermentación de los frutos está asociada con la disminución del poder germinativo.

## Conclusiones

Dado el carácter ortodoxo de las semillas, estas son aptas para conservarse *ex situ*, por lo cual se almacenaron en el Banco de Semillas del Jardín Botánico de Bogotá, donde periódicamente se verificará su viabilidad, con el fin de determinar la longevidad y el tiempo máximo de almacenamiento.

No se registraron diferencias significativas en el porcentaje de germinación en cuanto a las fuentes semilleras evaluadas, los beneficios y los tratamientos pregerminativos utilizados, y estos no influyeron en el inicio de la germinación de las semillas de *V. meridionale*. La fermentación de las semillas tampoco influyó en su germinación.

## Agradecimientos

A la Subdirección Científica del Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis, a Colciencias y al proyecto “Biodiversidad Andina al Plato de Todos” por la financiación de la investigación. Al equipo profesional y de apoyo de la línea de investigación en especies y propagación. A Sandra Castañeda y Mónica Álvarez por los valiosos aportes al documento. Queremos agradecer especialmente a Elizabeth Aguilera, Julio Casas, Nidia Castellanos y Parmenio Buitrago por su apoyo en la consecución del material vegetal para el desarrollo de este trabajo.

---

## Información suplementaria

---

**Anexo 1.** Porcentajes de germinación y tiempo medio de germinación de *Vaccinium meridionale* en tres fuentes semilleras localizadas en los municipios de Ráquira, San Miguel de Sema (Boyacá) y Gachetá (Cundinamarca). Vea el anexo 1 en: <https://www.racefyn.co/index.php/racefyn/article/downloadSupFile/614/2771>

---

## Contribución de los autores

Todos los autores participaron en los diferentes aspectos del documento.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

## Referencias

- Baskin, C. & Baskin, J.** (2013). Seeds Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination. Journal of Chemical Information and Modeling (Second Ed). Lexington, Kentucky, USA. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Baskin, J. & Baskin, C.** (2004). A classification system for seed dormancy. Seed Science Research. **14** (1), 1-16. <https://doi.org/10.1079/SSR2003150>
- Bautista, J., Posadas, L., Urbina, J., Larsen, J., Segura, S.** (2017). Colonización por micorrizas en la producción de plántulas en vivero de arándano (*Vaccinium* spp.) cv Biloxi. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. **8** (3): 695-703.
- Camarena-Gutiérrez, G.** (2012). Interacción planta-hongos micorrizicos arbusculares. Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente. **18** (3): 409-421. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2011.11.093>
- Castro, C., Olarte, Y., Rache, L., Pacheco, J.** (2012). Development of a germination protocol for blueberry seeds (*Vaccinium meridionale* Swartz). Agronomía Colombiana. **30** (2): 196-203.
- García, C., & Ligarreto, G.** (2014). Effect of fruit size on the growth and development of Andean blueberry (*Vaccinium meridionale* Swartz) seedlings from four locations in the Colombian Andes. Agronomía Colombiana. **32** (1): 14-21. <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v32n1.38714>
- Gaviria, C., Ochoa, C., Sánchez, N., Medina, C., Lobo, M., Galeano, P., Mosquera, A., Tamayo, A., Lopera, Y., Rojano, B.** (2009). Propiedades antioxidantes de los frutos de agraz o mortiño (*Vaccinium meridionale* Swartz). En G. Ligarreto (Ed.), Perspectivas del cultivo de agraz o mortiño en la zona altoandina de Colombia (p. 93-109). Bogotá D.C: Universidad Nacional de Colombia.
- Gold, K., León-Lobos, P., Way, M.** (2004). Manual de recolección de semillas de especies de plantas Silvestres para la conservación a largo plazo y restauración ecológica. La Serena, Chile: Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación INTIHUASI.
- Guisande, C.** (2014). RWizard Software, Version 2.3. Vigo: University of Vigo. Fecha de consulta: 12 de diciembre de 2017. Disponible en: <http://www.ipez.es/Rwizard/>
- Guisande, C.** (2016). PlotsR: Plots with R. R Package Version 1.6. Fecha de consulta: 12 de diciembre de 2017. Disponible en: <http://www.ipez.es/Rwizard/>
- Guisande, C., Vaamonde, L., Barreiro, A.** (2016). StatR: Estadística con R. R Package Version 1.3. Fecha de consulta: 12 de diciembre de 2017. Disponible en: <http://www.ipez.es/Rwizard/>
- Gutiérrez, V., & Camacho, D.** (2011). Evaluación de las estrategias de propagación de la especie *Vaccinium floribundum* (familia Ericaceae) presente en el paramo cruz verde. Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales.
- Hernández, M., Lobo, M., Medina, C., Cartagena, J., Delgado, O.** (2009). Comportamiento de la germinación y categorización de la latencia en semillas de mortiño (*Vaccinium meridionale* Swartz). Agronomía Colombiana. **27** (1): 15-23.
- Hong, T. D. & Ellis, R. H.** (1995). A protocol to determine seed storage behaviour. IPGRI Technical Bulletin. Roma.
- International Board for Plant Genetic Resources - IBPGR.** (1985). ERICACEAE. En Handbook of seed technology for genebanks, Compendium of specific germination information and test recommendations (p. 178-183). Roma: International board for plant genetic resources.
- Lancheros, H.** (2012). Caracterización de las micorrizas nativas en agraz *Vaccinium meridionale* Swartz y evaluación de su efecto sobre el crecimiento plantular. Bogotá, Colombia; Universidad Nacional de Colombia.
- Ligarreto, G.** (2009). Descripción del género *Vaccinium*, estudio de caso: agraz o mortiño (*Vaccinium meridionale* Swartz). In G. A. Ligarreto (Ed.), Perspectivas de cultivo de agraz o mortiño: *vaccinium meridionale* Swartz en la zona altoandina de Colombia (p. 13-27). Bogotá D.C: Universidad Nacional de Colombia.
- Lobo, M.** (2006). Recursos genéticos y mejoramiento de frutales andinos: una visión conceptual. Revista Corpoica – Ciencia y Tecnología Agropecuaria Agropecuaria. **7** (2): 40-54.
- Luteyn, J.** (2002). Diversity, Adaptation, and Endemism in Neotropical Ericaceae: Biogeographical Patterns in the Vaccinieae. Botanical Review. **68** (1): 55-87.
- Magnitskiy, S. & Ligarreto, G.** (2007). El efecto del nitrato de potasio, del ácido giberélico y del ácido indolacético sobre la germinación de semillas de agraz (*Vaccinium meridionale* Swartz). Revista Colombiana De Ciencias Hortícolas. **1** (2): 137-141. [http://virtual.upte.edu.co/revistas2013f/index.php/ciencias\\_hortícolas/article/view/1155](http://virtual.upte.edu.co/revistas2013f/index.php/ciencias_hortícolas/article/view/1155)
- Magnitskiy, S. & Ligarreto, G.** (2009). Plantas de agraz o mortiño (*Vaccinium meridionale* Swartz): potencial de propagación sexual. In G. A. Ligarreto (Ed.), Perspectivas de cultivo de agraz o mortiño: *Vaccinium meridionale* Swartz en la zona altoandina de Colombia (p. 75-88). Bogotá D.C: Universidad Nacional de Colombia.
- Magnitskiy, S. & Plaza, G.** (2007). Fisiología de semillas recalcitrantes de árboles. Agronomía Colombiana. **25** (1): 96-103.
- Muñoz, J., Martínez, L., Ligarreto, G.** (2009). Caracterización de los ambientes agroecológicos del agraz o mortiño (*Vaccinium meridionales* Swartz), en la zona altoandina de Colombia. En G. A. Ligarreto (Ed.), Perspectivas de cultivo de agraz o mortiño: *Vaccinium meridionale* Swartz en la zona altoandina de Colombia (Universidad, p. 29-55). Bogotá D.C: Universidad Nacional de Colombia.
- Muñoz, M. C. & Ackerman, J. D.** (2011). Spatial distribution and performance of native and invasive *Ardisia* (Myrsinaceae) species in Puerto Rico: The anatomy of an invasion. Biological Invasions. **13** (7): 1543-1558. <https://doi.org/10.1007/s10530-010-9912-7>
- Nkang, A., Omokaro, D., Egbe, A., Amanke, G.** (2003). Variations in fatty acid proportions during desiccation of *Telfairia occidentalis* seeds harvested at physiological and agronomic maturity. African Journal of Biotechnology. **2**: 33-39.
- Pérez, J.** (2012). Estudio del transporte y metabolismo del nitrógeno en micorrizas arbusculares. Granada, España: Universidad de Granada.



- Pérez, L. V., Rodríguez, N. A., Melgarejo, L. M., Vargas, O.** (2014). Propagación por semilla de 13 especies de páramo. En O. Vargas R & L. V. Pérez-Martínez (Eds.), Semillas de plantas de páramo: ecología y métodos de germinación aplicados a la restauración ecológica (p. 116-174). Bogotá, D.C Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Ranal, M. A., & Santana, D.** (2006). How and why to measure the germination process. *Revista Brasileira de Botânica*. **29** (1): 1-11. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042006000100002>
- Rao, N. K., Hanson, J., Dulloo, M. E., Ghosh, K., Nowell, D., Larinde, M.** (2007). Manual para el manejo de semillas en bancos de germoplasma. Manuales para Bancos de Germoplasma No. 8. Roma: Biodiversity International.
- Roberts, E.** (1972). Storage environment and the control of viability. In E. Roberts (Ed.), *Viability of Seeds* (Chapman AN, p. 14-58). London.
- Salisbury, F. B. & Ross, C. W.** (1992). *Plant physiology*. Belmont: Wadsworth Pub. Co.
- Smith, W., Montoya, I., Ligarreto, G. A.** (2009). Aspectos sociales y económicos de la producción de agraz o mortiño (*Vaccinium meridionale* Swartz). En G. Ligarreto (Ed.), *Perspectivas de cultivo de agraz o mortiño: Vaccinium meridionale Swartz en la zona altoandina de Colombia* (pp. 113-134). Bogotá D.C: Universidad Nacional de Colombia.
- Snyder, R. E.** (2006). Multiple risk reduction mechanisms: Can dormancy substitute for dispersal?. *Ecology Letters*. **9**: 1106-1114. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2006.00962.x>
- Tompsett, P. B. & Pritchard, H. W.** (1998). The Effect of Chilling and Moisture Status on the Germination, Desiccation Tolerance and Longevity of *Aesculus hippocastanum* L. Seed. *Annals of Botany*. **82** (2): 249-261. <https://doi.org/10.1006/anbo.1998.0676>
- Valencia, M. & Ramírez, F.** (1993). Notas sobre la morfología, anatomía y germinación del agraz (*Vaccinium meridionale* Swartz.). *Agronomía Colombiana*. **10** (2): 151-159.
- Wyse, S. V. & Dickie, J. B.** (2017). Predicting the global incidence of seed desiccation sensitivity. *Journal of Ecology*. **105** (4): 1082-1093. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12725>