

Rasgos funcionales de semillas de *Calycophyllum candidissimum* (*Rubiaceae*), árbol pionero del Neotrópico

Functional seed traits of *Calycophyllum candidissimum* (*Rubiaceae*), pioneer tree of Neotropic

Alejandra Gutiérrez¹ , Mayté Pernús^{2*}  y Jorge A. Sánchez² 

¹Facultad de Biología, Universidad de La Habana, Calle 25, N° 455, e/ J e I, Vedado, Plaza de la Revolución, La Habana, Cuba. CP. 10400. ²Instituto de Ecología y Sistemática (IES), Agencia de Medio Ambiente (AMA), CITMA, Carretera de Varona, N° 11835, e/ Oriente y Lindero, Reparto Parajón, Boyeros, La Habana, Cuba. C.P. 11900. *Autor para correspondencia (e-mail: mayte@ecologia.cu).

RESUMEN

Calycophyllum candidissimum es un árbol pionero del Neotrópico, melífero, maderable, medicinal y ornamental. En Cuba está considerado como una especie Casi Amenazada; sin embargo, poco se conoce sobre la biología de su semilla. Con el objetivo de contribuir a su propagación y conservación, se estudiaron características morfofisiológicas de las semillas, clases de dormancia y requerimientos germinativos. La germinación se evaluó en condiciones de laboratorio bajo luz y oscuridad constante a temperatura ambiente ($27,5 \pm 2$ °C). Los frutos presentaron como promedio 49 semillas viables, pequeñas, de bajo contenido de humedad inicial (9,25 %) y con embriones desarrollados y espatulados. Las semillas solo germinaron a la luz (fotoblásticas positivas), pero el proceso germinativo de las que estuvieron en la oscuridad se reanudó rápidamente en la luz. Una parte del lote resultó no dormante, mientras que otra parte presentó dormancia fisiológica. Se discute el papel ecológico de los rasgos identificados y se brindan recomendaciones para la siembra en vivero.

Palabras clave: árbol tropical, dormancia, flora melífera, germinación

ABSTRACT

Calycophyllum candidissimum is a pioneer tree of Neotropic, melliferous, timber, medicinal and ornamental. In Cuba it is considered an Near Threatened species; however, little is known about the biology of its seed. In order to contribute to its propagation and conservation, morphophysiological characteristics of seeds, dormancy classes and germination requirements were studied. Germination was evaluated in laboratory conditions under light and constant darkness at room temperature ($27,5 \pm 2$ °C). The fruits presented an average of 49 viable seeds, small, with low initial moisture content (9,25 %) and with developed and spatulated embryos. The seeds only germinated in the light (positive photoblastic), but the germination process of those in dark quickly resumed in the light. A part of the lot was non-dormant, while another part presented physiological dormancy. The ecological role of the identified traits is discussed and recommendations for nursery planting are provided.

Keywords: tropical tree, dormancy, melliferous flora, germination

Citación: Gutiérrez, A., Pernús, M. & Sánchez, J.A. 2020. Rasgos funcionales de semillas de *Calycophyllum candidissimum* (*Rubiaceae*), árbol pionero del Neotrópico. *Revista Jard. Bot. Nac. Univ. Habana* 41: 71-77.

Recibido: 4 de mayo de 2020. **Aceptado:** 15 de julio de 2020. **Publicado en línea:** 26 de septiembre de 2020. **Editor encargado:** José Angel García-Beltrán.

INTRODUCCIÓN

Los árboles pioneros son de gran significado en las primeras fases de la sucesión vegetal, debido a que son los encargados de crear las condiciones edafoclimáticas necesarias para el establecimiento de las no pioneras (Herrera-Peraza & al. 1997, Muñoz & al. 2012). *Calycophyllum candidissimum* (Vahl) DC. es una especie arbórea de importancia ecológica y económica. Según su estrategia regenerativa es considerada como pionera temprana (Herrera-Peraza & al. 2016) y no solo se usa con fines medicinales o como proveedor de madera, sino que también tiene alto valor melífero y ornamental (Rosete & al. 2000, Cordero & Boshier 2003, Pérez 2017). Dicho árbol forma parte de la flora nativa de Cuba, así como de América Tropical Continental y se cultiva ampliamente en Puerto Rico (Bisse 1988, Greuter & Rankin 2017).

En Cuba, esta especie se conoce como dagame (Roig 2014) y se encuentra distribuido por todo el archipiélago en bosques semidecíduos mesófilos independientemente del sustrato (Bisse 1988, González-Torres & al. 2016). Sin embargo, actual-

mente la especie se considera en la categoría Casi Amenazada para Cuba (González-Torres & al. 2016).

La semilla constituye uno de los principales recursos para la conservación del germoplasma vegetal, la recuperación de especies valiosas, la reforestación y la regeneración de los bosques (Donohue & al. 2010, Baskin & Baskin 2014). La propagación por semilla no solo es el método más económico y simple, sino que asegura la diversidad genética y con esto la supervivencia y reproducción de las especies bajo continuos cambios del ambiente y en posibles escenarios inducidos por el cambio climático (Fenner & Thompson 2005, Sánchez & al. 2011). En este sentido, la caracterización de los rasgos funcionales de las semillas es de gran importancia para comprender el ciclo de vida y las estrategias reproductivas de las especies vegetales (Jiménez-Alfaro & al. 2016, Duncan & al. 2019).

Los estudios sobre biología de la semilla en *Calycophyllum candidissimum* son escasas a nivel internacional. Algunas han

abordado aspectos de su germinación, como los trabajos de Sautu & al. (2007) y González-Rivas & al. (2009), quienes clasifican a las semillas del dagame como no dormantes.

Por otra parte, Sánchez & al. (2019) infieren dormancia fisiológica en la especie a partir de características seminales y datos de germinación no publicados. De hecho, esta clase de dormancia ha sido referida para muchas especies de la familia *Rubiaceae* (Finch-Savage & Leubner-Metzger 2006, Baskin & Baskin 2014) y de acuerdo al hábitat estacional que ocupa el dagame, esta clase de dormancia también podría aparecer en sus semillas (Willis & al. 2014). En consecuencia, el objetivo del presente estudio fue identificar en *Calycophyllum candidissimum* características morfofisiológicas de las semillas, clases de dormancia y requerimientos germinativos que puedan contribuir a su propagación y conservación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio de colecta y material vegetal

La recolecta se realizó en mayo de 2019 en áreas del sitio recreativo Río Cristal, La Habana, Cuba (23°01'55,8" lat. N, 82°24'08,7" long. W). El clima del sitio es subtropical húmedo, con una época lluviosa que se extiende de mayo a octubre y un período seco de noviembre a abril, este último se corresponde con las temperaturas más bajas para Cuba (Borhidi 1996). La zona tiene un régimen de lluvia anual cercano a los 1 370 mm y valores de temperatura promedio máximos y mínimos alrededor de los 29,7 y 20,6 °C, respectivamente (ONEI 2019).

Las semillas se obtuvieron de frutos maduros sobre las plantas, a partir de cinco árboles diferentes con ayuda de una vara telescópica. Todas las semillas se mezclaron en un lote único. Los ensayos de laboratorio se realizaron inmediatamente después de la recolecta. En cada caso las muestras fueron tomadas al azar.

Caracterización morfofisiológica de las semillas

Se determinó el número de semillas por fruto en 25 frutos cerrados. Solo se contaron las semillas desarrolladas (con presencia de embrión). Debido al pequeño tamaño de las semillas, se tomó una muestra de 25 réplicas de 15 semillas cada una, a las cuales se les determinaron la masa fresca (g), la masa seca (g) y el contenido de humedad inicial (%) con relación a la masa fresca. Posteriormente, tales valores obtenidos se dividieron entre 15 para obtener los valores de una semilla independiente. Para obtener la masa fresca y seca se empleó una balanza digital *Sartorius* con una incertidumbre de 0,001 g. La masa seca y el contenido de humedad inicial se obtuvieron por el método de secado a temperatura constante en una estufa a 150 °C, por tres horas (ISTA 2007).

A 25 semillas se les midió el largo (mm) (con y sin alas), ancho (mm) y la razón entre la longitud sin alas y la longitud total. A partir de otra muestra de 25 semillas, se determinó el tipo de embrión y la relación entre el largo del embrión con respecto al largo interno de la semilla (E/S). La descripción del

tipo de embrión se realizó de acuerdo al criterio de Baskin & Baskin (2007), en base a la morfología (forma) y al grado de desarrollo del mismo (tamaño) con relación a la semilla (E/S). Las longitudes, tanto de las semillas como de los embriones, fueron medidas digitalmente en el programa *tpsDig 2.1* (Rohlf 2006) a través de un registro fotográfico. Las imágenes fueron capturadas con una cámara digital Sony de 12,1 megapíxeles en un microscopio estereoscópico a 10× y 20×, respectivamente. Para la determinación del tipo de embrión se diseccionaron las semillas longitudinalmente con ayuda del estereoscopio y un bisturí. Las semillas fueron hidratadas pocos minutos antes del corte para facilitar dicho proceso.

Requerimientos germinativos y clases de dormancia seminal

El ensayo de germinación se realizó en condiciones de laboratorio bajo luz y oscuridad constante a temperatura ambiente (27,5 ± 2 °C). Las semillas fueron previamente esterilizadas en hipoclorito de sodio al 1 % durante diez minutos y colocadas en placas de Petri de 9 cm de diámetro con doble capa de papel de filtro humedecido con agua destilada estéril. La siembra se realizó bajo dos lámparas de luz blanca de 40 W (30 μmolm⁻²s⁻¹, 400-700 nm) colocadas a 50 cm de las semillas y se estableció un fotoperíodo de 8 h luz / 16 h oscuridad. La oscuridad constante se logró al envolver las placas con dos capas de papel aluminio. Por cada tratamiento se utilizaron cinco réplicas de 30 semillas cada una. El conteo de germinación fue diario para las semillas expuestas a la luz y para las expuestas a la oscuridad se realizó al finalizar el experimento, cuya duración fue de un mes. En ambas condiciones se determinó el porcentaje de germinación final y el porcentaje de semillas muertas y vivas no germinadas (o dormantes). Se consideró germinación como emergencia de la radícula, semillas vivas no germinadas aquellas que presentaron embriones firmes y semillas muertas lo contrario (Baskin & Baskin 2014).

Para expresar los requerimientos de luz para la germinación se calculó el índice de Germinación Relativa a la Luz (GRL) mediante la fórmula $GRL = GL/(GO+GL)$, donde GL es el porcentaje de germinación a la luz, y GO el porcentaje de germinación en oscuridad (Milberg & al. 2000). El índice de GRL varía entre 0 (germinación solo en oscuridad) y 1 (germinación solo a la luz). Si el índice GRL es superior a 0,75 se considera que la especie es dependiente de la luz (fotoblástica positiva), si es menor a 0,25 se considera repelente de la luz (fotoblástica negativa) y si el valor está entre 0,25 y 0,75 se establece como indiferente a la luz (Funes & al. 2009).

Se empleó el sistema de clasificación y la clave dicotómica propuestos por Baskin & Baskin (2014) para la identificación de clases de dormancia seminal. Las semillas que no germinaron en condiciones de oscuridad fueron transferidas un mes a la luz para hallar posible fotoinhibición o fotodormancia. Si en la resiembra se logran altos porcentajes de germinación se considera fotoinhibición, de lo contrario ocurre una fotodormancia (Baskin & Baskin 2014).

RESULTADOS

Caracterización morfofisiológica de las semillas

Calycophyllum candidissimum presentó numerosas semillas por fruto, achatadas, pequeñas, de muy poca masa fresca y seca y con un bajo contenido de humedad inicial (Tabla I). El número de semillas por fruto fue la variable con mayor desviación estándar, seguida por el contenido de humedad inicial y el largo total. La relación largo de las semillas sin alas / largo total indicó que las alas representaron más del 50 % del largo total de las semillas (Tabla I). Los embriones de la especie fueron espatulados, desarrollados y ocuparon más del 50 % del largo total de la semilla sin alas (Tabla I y Figura 1).

Requerimientos germinativos y clases de dormancia seminal

Las semillas no germinaron en la oscuridad; por tanto, el índice de germinación relativo a la luz fue 1, correspondiente a semillas fotoblásticas positivas. La germinación en condiciones de luz se inició a los siete días, con un porcentaje final de $35,56 \pm 2,94$ % (Figura 2A). De las semillas no germinadas a la luz, el $41,11 \pm 7,79$ % permanecieron vivas al finalizar el experimento y $23,33 \pm 5,10$ % estaban muertas. La germinación de las semillas que estuvieron en condiciones de oscuridad se inició al día siguiente de haber sido transferidas a la luz. En este caso se alcanzó el mismo valor promedio de germinación final ($35,56 \pm 4,01$ %) (Figura 2B), pero $16,67 \pm 5,10$ % de semillas vivas no germinadas y $47,78 \pm 2,94$ % de semillas muertas. En ambas condiciones de iluminación (luz y oscuridad constante), la parte del lote que permaneció viva se consideró con dormancia fisiológica.

DISCUSIÓN

Los bajos valores de masa fresca obtenidos en las semillas de *Calycophyllum candidissimum* se corresponden con el rango informado para la especie (Cordero & Boshier 2003, Sautu & al. 2006). La producción de un gran número de semillas pequeñas es una de las características que se ha fijado evolutivamente en las especies pioneras, como una estrategia que les permite ocupar mayor número de micrositios posibles en ambientes desprovistos de vegetación (Herrera-Peraza & al. 1997, Muñoz & al. 2012). El pequeño tamaño de las semillas del taxón de estudio, la presencia de alas y la proporción de las mismas, son rasgos que facilitan la dispersión por el viento y, por tanto, que las semillas alcancen grandes distancias y puedan ocupar diferentes micrositios para su germinación y establecimiento. Se ha comprobado que existe una fuerte asociación entre la forma de la semilla y el mecanismo de dispersión seminal, que evidencian la adaptación de las especies a su hábitat (Montejo & al. 2014). Estos rasgos (forma, tamaño y masa) no solo están relacionados con el modo de dispersión, sino también con la persistencia de las semillas en el suelo, la probabilidad de depredación y la estrategia reproductiva de las especies (Jiménez-Alfaro & al. 2016).

El contenido de humedad inicial de las semillas (9,25 %) fue muy similar al informado por Sautu & al. (2006) para la

misma especie en un bosque estacional húmedo de Panamá (10,27 %). Según Hong & Ellis (1996), los valores de contenido de humedad inicial inferiores a 15 % corresponden a semillas potencialmente tolerantes a la deshidratación u ortodoxas. Este tipo de semillas son las que podrían tolerar mejor las variaciones climáticas que ocurren en sitios abiertos o claros de vegetación y los posibles escenarios futuros provocados por el cambio climático global (Sánchez & al. 2011). En el dagame, la conducta de almacenamiento ha sido referida previamente por Cordero & Boshier (2003), quienes plantean que semillas almacenadas a 4°C con contenidos de humedad de 5-6 % mantienen su viabilidad hasta por tres años.

Cabe señalar que en el presente estudio el contenido de humedad inicial de las semillas del dagame varió desde 4 % hasta 16,07 %. Este rasgo fue el que presentó mayor variabilidad, luego del número de semillas por fruto. Quizás las semillas que provenían de frutos abiertos o semiabiertos sufrieron cierta hidratación o deshidratación en las plantas madre antes de realizar la recolecta. También se conoce que las características seminales pueden variar dentro y entre poblaciones, así como dentro y entre individuos (Gutterman 2000, Jaganathan & al. 2019). Las variaciones pueden ser de origen genético o ambiental y permiten a las especies adaptarse a los cambios del ambiente (Gutterman 2000, Gratini 2014, Cochrane & al. 2015). Después del contenido de humedad, el largo de las semillas fue el rasgo de mayor variabilidad en el dagame. Estos rasgos también resultaron variables en semillas de *Cedrela odorata* L., especie pionera tardía (Pernús & Sánchez 2016). De hecho, en el estudio realizado por dichos autores con semillas provenientes de sitios diferentes, el contenido de humedad inicial y el largo de las semillas fueron las únicas características morfofisiológicas, de las once evaluadas, que mostraron diferencias significativas entre procedencias.

El embrión espatulado de *Calycophyllum candidissimum* coincide con el tipo de embrión informado para la familia *Rubiaceae* (Finch-Savage & Leubner-Metzger 2006). La relación E/S fue superior a 0,5 por lo que se descarta la posibilidad de dormancia morfológica o morfofisiológica (Baskin & Baskin 2014). En dicha familia se han encontrado especies con semillas no dormantes y con dormancia fisiológica (Finch-Savage & Leubner-Metzger 2006, Baskin & Baskin 2014), incluso especies con ambas clases de dormancia (Baskin & Baskin 2014). Particularmente, las semillas frescas del dagame han sido reportadas como no dormantes (Sautu & al. 2007, González-Rivas & al. 2009) y con dormancia fisiológica (Sánchez & al. 2019). Por otro lado, Cordero & Boshier (2003) plantean que el porcentaje de germinación oscila entre un 60-80 % sin tratamientos pregerminativos. Sin embargo, en el presente estudio apenas un 36 % de las semillas germinaron antes del mes y más de la mitad de las no germinadas se mantuvo viable después del mes. Según el sistema de clasificación y la clave dicotómica propuestos por Baskin & Baskin (2014), esta última fracción del lote presentó dormancia fisiológica.

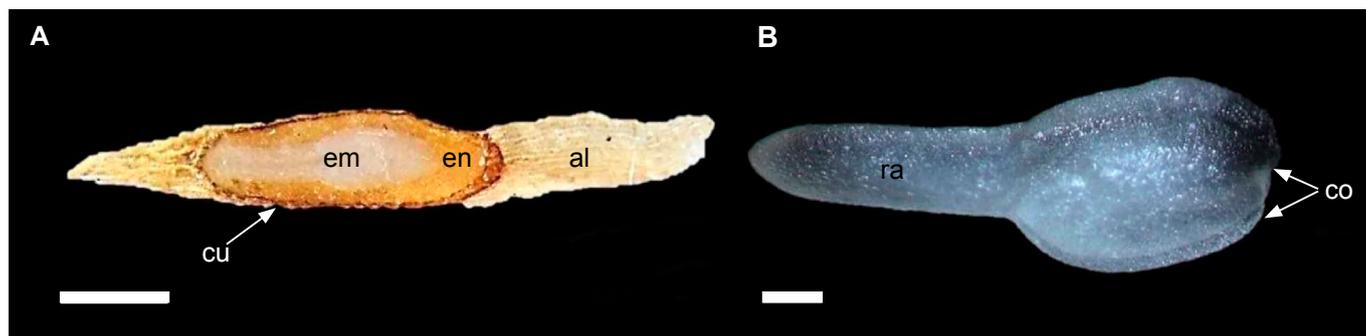


Fig. 1. Corte longitudinal de una semilla de *Calycophyllum candidissimum* (A) y embrión espátulado desarrollado (B). Embrión (em), endospermo (en), alas (al), cubierta seminal (cu), cotiledones (co), radícula (ra). Barras de escala: 1 mm (A) y 2,5 mm (B).

Fig. 1. Longitudinal section of a *Calycophyllum candidissimum* seed (A) and developed spatulate embryo (B). Embryo (em), endosperm (en), wings (al), seminal cover (cu), cotyledons (co), radicle (ra). Scale bars: 1 mm (A) y 2,5 mm (B).

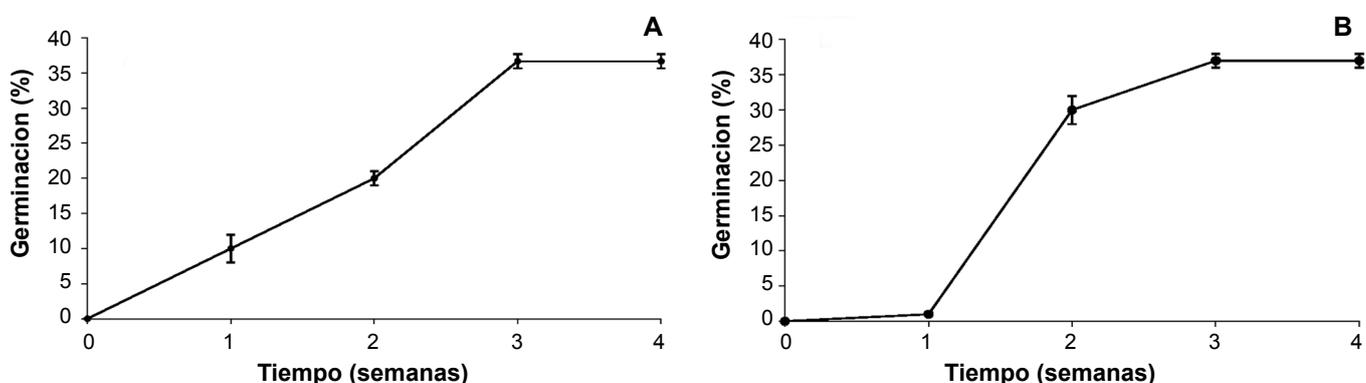


Fig. 2. Germinación acumulativa de semillas de *Calycophyllum candidissimum* a temperatura ambiente. **A.** Semillas que estuvieron un mes en condiciones de iluminación. **B.** Semillas que estuvieron un mes en condiciones de oscuridad y posteriormente fueron transferidas a la luz. Las barras representan el error estándar de las medias.

Fig. 2. Cumulative germination of *Calycophyllum candidissimum* seeds at room temperature. **A.** Seeds that were one month in lighting conditions. **B.** Seeds that were one month in dark conditions and were subsequently transferred to light. The bars represent the standard error of the means.

TABLA I

Estadísticos descriptivos de variables morfofisiológicas de semillas frescas de *Calycophyllum candidissimum*

TABLE I

Descriptive statistics of morphophysiological variables of fresh *Calycophyllum candidissimum* seeds

| Variable | Media \pm Desviación estándar | Mínimo | Máximo |
|--|---------------------------------|--------|--------|
| Número de semillas por fruto | 49 \pm 17 | 12 | 78 |
| Masa fresca (mg) | 0,37 \pm 0,05 | 0,27 | 0,52 |
| Masa seca (mg) | 0,33 \pm 0,05 | 0,25 | 0,48 |
| Contenido de humedad (%) | 9,25 \pm 2,78 | 4,00 | 16,07 |
| Ancho de la semilla (mm) | 0,80 \pm 0,13 | 0,51 | 1,03 |
| Largo total de la semilla (mm) | 5,58 \pm 1,00 | 3,76 | 7,35 |
| Largo de la semilla sin ala (mm) | 2,27 \pm 0,41 | 1,57 | 3,12 |
| Largo de la semilla sin ala / largo total de la semilla | 0,41 \pm 0,04 | 0,31 | 0,48 |
| Largo del embrión (mm) | 1,83 \pm 0,27 | 1,37 | 2,42 |
| Relación largo del embrión / largo interno de la semilla (E/S) | 0,87 \pm 0,05 | 0,79 | 0,98 |

La dormancia es otro rasgo que puede variar dentro de especies e individuos, una porción del lote puede contener semillas no dormantes y la otra parte ser dormante (Baskin & Baskin 2014, Jaganathan & al. 2019). Una vez llegadas las semillas al suelo en el medio natural, si las condiciones de agua e iluminación son favorables, aquellas que no presentan dormancia deben germinar antes que las dormantes. Esta estrategia podría garantizar el establecimiento de plántulas en etapas favorables posteriores, en caso de que la germinación de las no dormantes haya tenido lugar bajo condiciones efímeramente favorables (Willis & al. 2014). Por tanto, la presencia de dormancia fisiológica en *Calycophyllum candidissimum* podría ser considerada una estrategia reproductiva de la especie, aunque en condiciones de vivero sea un rasgo no deseado.

En el futuro, deberán evaluarse posibles tratamientos pregerminativos que resulten óptimos para eliminar la dormancia fisiológica de las semillas de *Calycophyllum candidissimum*. También sería oportuno evaluar la germinación de la especie bajo diferentes rangos de temperatura, ya que después del agua la temperatura es el factor más importante que controla la germinación y por tanto tiene una alta influencia en la dormancia (Bewley & al. 2013, Baskin & Baskin 2014). En el caso de las especies pioneras, la germinación está condicionada a la ocurrencia de temperaturas alternas diarias y se podría afectar por temperaturas fijas, aunque estas sean altas (Sánchez & al. 2003, Muñoz & al. 2012). Por su parte, las diferentes condiciones de siembra y lotes de semillas podrían explicar las diferentes clasificaciones de dormancia/ no dormancia que se han propuesto para el dagame, así como los diferentes porcentajes de germinación.

La ocurrencia de la germinación solo a la luz indica que la especie en estudio es fotoblástica positiva (Milberg & al. 2000), lo que coincide con otras especies pioneras (Muñoz & al. 2012). Según Vázquez-Yanes & Orozco-Segovia (1994) y Pearson & al. (2002), la germinación de la mayoría de las especies pioneras es estimulada por alteraciones ambientales o disturbios tales como aperturas del dosel forestal de forma natural o artificial. Esto se debe a que los árboles pioneros se han adaptado a crecer y desarrollarse en lugares abiertos, con abundante iluminación, marcadas fluctuaciones diarias de temperatura y déficit hídrico (Herrera-Peraza & al. 1997). Es por ello que dichos autores recomiendan que deben ser las primeras en plantarse dentro de los planes de repoblación forestal, porque son capaces de construir poblaciones fuertes, de crecimiento rápido, que mejoran las condiciones edafoclimáticas y permiten así la aparición de especies de fases superiores de la sucesión.

También se conoce que los requerimientos de luz para la germinación pueden variar con la temperatura (Bewley & al. 2013, Baskin & Baskin 2014), lo que podría explicar las diferencias entre los resultados de la presente investigación y los de González-Rivas & al. (2009). Estos últimos obtienen germinación para semillas de *Calycophyllum candidissimum* en la oscuridad bajo diferentes rangos de temperatura,

aunque concluyen que la germinación del dagame fue significativamente inhibida en la oscuridad. Del igual modo, Sánchez & al. (2019) refieren que la germinación del dagame se favorece en la luz. Por otra parte, los requerimientos de luz también están fuertemente correlacionados con el tamaño de la semilla, de modo que la luz como señal de germinación es más importante en especies con semillas pequeñas (Milberg & al. 2000, Sánchez & al. 2015). En condiciones naturales, el pequeño tamaño de las semillas del *C. candidissimum* y la posible tolerancia a la deshidratación, pudieran permitir la formación de bancos de semillas y una respuesta rápida a la apertura del dosel.

Por último, resultó interesante la respuesta germinativa de las semillas que estuvieron en la oscuridad y que posteriormente fueron transferidas a la luz. El experimento de resiembra evidenció que la oscuridad inhibió la germinación, ya que el proceso germinativo se reanudó rápidamente en la luz, por lo que se descarta una posible fotodormancia. Dicho comportamiento se ha observado en semillas frescas de otras especies de árboles pioneros del Neotrópico (Vázquez-Yanes & Orozco-Segovia 1994, Sánchez & al. 2003). En las semillas sembradas se obtuvo en un mes el mismo porcentaje de germinación que en las que solo estuvieron a la luz. Sin embargo, el porcentaje de semillas muertas fue mayor en la resiembra. Esto podría deberse al agotamiento de las reservas mientras la germinación se encontraba inhibida en la oscuridad o a la contaminación (Bewley & al. 2013), la cual se vio favorecida en esta condición.

CONCLUSIONES

Se confirma la existencia de dormancia fisiológica en una parte del lote de semillas de *Calycophyllum candidissimum*, lo que podría representar una estrategia reproductiva para la especie. Las semillas resultaron fotoblásticas positivas, por lo que deberá garantizarse una adecuada iluminación para reproducir esta especie en vivero. Según el pequeño tamaño de las semillas, estas no deben enterrarse y sería recomendable el uso de semilleros y el riego por inmersión. El sustrato deberá mantenerse húmedo incluso después del mes, para garantizar que germinen las semillas con dormancia fisiológica.

En el futuro, deberán evaluarse posibles tratamientos pregerminativos que permitan eliminar esta dormancia y por consiguiente acelerar la germinación y el establecimiento de las plántulas. También se deberá profundizar en estudios sobre conducta de almacenamiento y en la germinación bajo diferentes rangos de temperatura. Debido a la importancia de la especie y su categoría de amenaza, la presencia de dormancia no debe ser un impedimento para iniciar su reproducción y uso en los planes de restauración ecológica o jardinería de las ciudades.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Julio César Álvarez, Ramona Oviedo, Gustavo Pineda y Héctor M. Díaz por su ayuda en la recolecta de los frutos, así como a Yilian Dupuig por la asistencia técnica en el laboratorio y a Yamir Torres-Arias por la foto del embrión. Esta investigación fue realizada en el marco del proyecto "Gestión integrada del humedal

al sur de las provincias de Artemisa y Mayabeque, como alternativa para el enfrentamiento al cambio climático". A los revisores anónimos y editores de la Revista del Jardín Botánico Nacional por sus comentarios y sugerencias.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

A. Gutiérrez procesó los datos, elaboró las figuras y escribió la primera versión del manuscrito. M. Pernús concibió la idea original, diseñó la investigación y recolectó el material vegetal. J.A. Sánchez recolectó el material vegetal y supervisó la investigación. Todos los autores contribuyeron en el trabajo de laboratorio, la discusión de los resultados y revisión crítica del manuscrito.

CUMPLIMIENTO DE NORMAS ÉTICAS

Conflicto de intereses: Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

Aprobación de ética: Todos los autores han llevado a cabo el trabajo de campo y la generación de datos de forma ética, incluida la obtención de permisos adecuados.

Consentimiento para la publicación: Todos los autores han dado su consentimiento para publicar este trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Baskin, C.C. & Baskin, J.M. 2014. *Seeds: Ecology, Biogeography and Evolution of Dormancy and Germination*. Academic Press. San Diego, USA.

Baskin, J.M. & Baskin, C.C. 2007. A revision of Martin's seed classification system, with particular reference to his dwarf-seed type. *Seed Sci. Res.* 17: 11-20.

Bewley, J.D., Bradford, K.J., Hilhorst, H.W.M. & Nonogaki, H. 2013. *Seeds: physiology of development, germination and dormancy*. Springer. New York, USA.

Bisse, J. 1988. *Árboles de Cuba*. Editorial Científico-Técnica. La Habana, Cuba.

Borhidi, A. 1996. *Phytogeography and Vegetation Ecology of Cuba*. Akademiai Nyomda. Martonvazar, Hungary.

Cochrane, A., Colin, J.Y., Gemma, L.H. & Nicotra A.B. 2015. Will among-population variation in seed traits improve the chance of species persistence under climate change? *Global Ecol. Biogeogr.* 24: 12-24.

Cordero, J. & Boshier, D.H. 2003. *Árboles de Centroamérica. Un manual para extensionistas*. OFI/CATIE. Oxford, UK & San José, CR.

Donohue, K., Rubio de Casas, R., Burghardt, L., Kovach, K. & Willis, C.G. 2010. Germination, postgermination adaptation, and species ecological ranges. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 41: 293-319.

Duncan, C., Schultz, N.L., Good, M.K., Lewandrowski, W. & Cook, S. 2019. The risk-takers and avoiders: germination sensitivity to water stress in an arid zone with unpredictable rainfall. *AOB PLANTS* 11: plz066. doi: 10.1093/aobpla/plz066.

Fenner, M. & Thompson, K. 2005. *The ecology of seeds*. Cambridge University Press. Cambridge, UK.

Finch-Savage, W. & Leubner-Metzger, G. 2006. Seed dormancy and the control of germination. *New Phytol.* 171: 501-523.

Funes, G., Díaz, S. & Venier, P. 2009. La temperatura como principal determinante de la germinación en especies del Chaco seco de Argentina. *Ecol. Aust.* 19: 129-138.

González-Rivas, B., Tigabu, M., Castro-Marín, G. & Odén, P.C. 2009. Seed germination and seedling establishment of Neotropical dry forest species in response to temperature and light conditions. *J. Forest. Res.* 20: 99-104.

González-Torres, L.R., Palmarola, A., González-Oliva, L., Bécquer, E.R., Testé, E., Castañeira-Colomé, M.A., Barrios, D., Berazaín, R., Gómez-Echavarría, J.L., García-Beltrán, J.A., Granado, L., Rodríguez-Cala, D., & Regalado, L. (Comp.). 2016. Lista Roja de la flora de Cuba. *Bisbea* 10 (número especial 1): 33-283.

Gratini, L. 2014. Plant phenotypic plasticity in response to environmental factors. *Adv. Botany*. doi: 10.1155/2014/208747.

Greuter, W. & Rankin, R. 2017. *Plantas Vasculares de Cuba. Inventario Preliminar. Segunda edición, actualizada, de Espermatófitos de Cuba con inclusión de los Pteridófitos*. Botanischer Garten & Botanisches Museum Berlin-Dahlem & Jardín Botánico Nacional, Universidad de La Habana. Berlín, Alemania & La Habana, Cuba. DOI: <http://dx.doi.org/10.3372/cubalist.2017.1>.

Gutterman, Y. 2000. Maternal effects on seeds during development. Pp. 59-84. En: Fenner, M. (ed.). *Seeds: The Ecology of Regeneration in Plant Communities*, 2nd edition. CAB International. Wallingford, USA.

Herrera-Peraza, R.A., Bever, J.D., de Miguel, J.M., Gómez-Sal, A., Herrera-Peraza, P., García, E.E., Oviedo, R., Torres-Arias, Y., Delgado, F., Valdéz-Lafont, O., Muñoz, B.C. & Sánchez, J.A. 2016. A new hypothesis on humid and dry tropical forest succession. *Acta Bot. Cub.* 215: 232-280.

Herrera-Peraza, R.A., Ulloa, D.R., Valdés-Lafont, O., Priego, A.G. & Valdés, A.R. 1997. Ecotechnologies for the sustainable management of tropical forest diversity. *Nature & Resources* 33: 2-17.

Hong, T.D. & Ellis, R.H. 1996. A protocol to determine seed storage behaviour. Technical Bulletin No. 1. International Plant Genetic Resources Institute. Roma, Italy.

ISTA [International Seed Testing Association]. 2007. *International rules for seed testing*. Bassersdorf, Suiza.

Jaganathan, G.K., Boenisch, G., Kattge, J. & Dalrymple, S.E. 2019. Physically, physiologically and conceptually hidden: Improving the description and communication of seed persistence. *Flora* doi: [org/10.1016/j.flora.2019.05.012](https://doi.org/10.1016/j.flora.2019.05.012).

Jiménez-Alfaro, B., Silveira, F.A.O., Fidelis, A., Poschlod, P. & Commander, L.E. 2016. Seed germination traits can contribute better to plant community ecology. *J. Veg. Sci.* 27: 637-645.

Milberg, P., Andersson, L. & Thompson, K. 2000. Large-seeded species are less dependent on light for germination than small-seeded ones. *Seed Sci. Res.* 10: 99-104.

Montejo, L., Muñoz, B.C., Sánchez, J.A. & Gamboa, A. 2014. Variabilidad seminal entre las especies de un bosque siempre verde tropical de la Sierra del Rosario, Cuba. *Bosque* 31: 37-47.

Muñoz, B.C., Sánchez, J.A., Montejo, L.A., Herrera-Peraza, P. & Gamboa A. 2012. *Guía técnica para la reproducción de especies arbóreas pioneras*. Editorial AMA. La Habana, Cuba.

ONEI [Oficina Nacional de Estadística e Información]. 2019. Medio Ambiente. Pp. 7-60. En: *Anuario Estadístico de Cuba 2018*. Oficina Nacional de Estadística e Información. La Habana, Cuba.

Pearson, T., Burslem, D., Mullins, C. & Dalling J. 2002. Germination ecology of neotropical pioneers: interacting effects of environmental conditions and seed size. *Ecology* 83: 2798-2807.

Pérez, A. 2017. La apicultura en Cuba y su situación actual. *Agroecología* 12: 67-73.

Pernús, M. & Sánchez, J.A. 2016. Efecto de la procedencia sobre rasgos seminales y requerimientos germinativos de *Cedrela odorata* (Meliaceae). *Revista Jard. Bot. Nac. Univ. Habana* 37: 203-211.

Roig, J.T. 2014. Diccionario botánico de nombres vulgares cubanos. Editorial Científico-Técnica. La Habana, Cuba.

Rohlf, F. J. 2006. *TpsDig Version 2.1*—Department of Ecology and Evolution. State University of New York at Stony Brook. New York, USA.

Rosete, S., Herrera, P., Toscano, B.L. & Menéndez, A. 2000. Plantas de múltiples usos en Cuba. *Acta Bot. Cub.* 181: 21-27.

Sánchez, J.A., Montejo, L. & Muñoz, B. 2003. Efectos de tratamientos robustecedores de semillas sobre la germinación y establecimiento de árboles pioneros bajo condiciones de estrés. *Ecotrópicos* 6: 91-112.

Sánchez, J.A., Montejo, L., Gamboa, A., Albert-Puentes, D. & Hernández, F. 2015. Germinación y dormancia de arbustos y trepadoras del bosque siempreverde de la Sierra del Rosario, Cuba. *Pastos y Forrajes* 38: 11-28.

Sánchez, J.A., Pernús, M., Torres-Arias, Y., Barrios, D. & Dupuig, Y. 2019. Dormancia y germinación en semillas de árboles y arbustos de Cuba: implicaciones para la restauración ecológica. *Acta Bot. Cub.* 218: 77-108.

Sánchez, J.A., Suárez, A.G., Montejo, L.A. & Muñoz, C.B. 2011. El cambio climático y las semillas de las plantas nativas cubanas. *Acta Bot. Cub.* 214: 38-50.

Sautu, A., Baskin, J.M., Baskin, C.C. & Condit, R. 2006. Studies on the seed biology of 100 native species of tree in a seasonal moist tropical forest, Panama, Central America. *Forest Ecol. Manag.* 234: 245-263.

Sautu, A., Baskin, J.M., Baskin, C.C., Deago, J. & Condit, R. 2007. Classification and ecological relationships of seed dormancy in a seasonal moist tropical forest, Panama, Central America. *Seed Sci. Res.* 17: 127-140.

Vázquez-Yanes, C. & Orozco-Segovia, A. 1994. Signals for seeds to sense and respond to gaps. Pp. 209-235. En: Caldwell MM, Pearcy RW. (eds.). *Exploitation of environmental heterogeneity by plants*. Academic Press. San Diego, USA.

Willis, C.G., Baskin, C.C., Baskin, J.M., Auld, J.R., Venable, D.L., Cavender-Bares, J., Donohue, K., Rubio de Casas, R. & The NESCent Germination Working Group. 2014. The evolution of seed dormancy: environmental cues, evolutionary hubs, and diversification of the seed plants. *New Phytol.* 203: 300-309.