



## Ruptura de la dormancia física en semillas de *Pseudosamanea cubana* (Fabaceae), árbol endémico y en Peligro Crítico de Cuba

Breaking physical dormancy in seeds of *Pseudosamanea cubana* (Fabaceae), an endemic and Critically Endangered tree in Cuba

Jorge A. Sánchez\*, Mayté Pernús Alvarez

Instituto de Ecología y Sistemática, Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), La Habana, Cuba.

\*Correspondencia: [jasanchez@ecologia.cu](mailto:jasanchez@ecologia.cu)

Recibido: 03 de agosto de 2023

Aceptado: 17 de octubre de 2023

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

**CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES:** JAS y MPA: Igual contribución (conceptualización, validación, análisis formal, investigación, recursos, visualización, redacción del borrador original y edición final del documento).



Este es un artículo publicado en acceso abierto bajo una licencia Creative Commons



<https://cu-id.com/2402/v222e10>

### RESUMEN

*Pseudosamanea cubana* es un árbol endémico de Cuba que se encuentra En Peligro Crítico de extinción. La especie posee un área de distribución muy restringida, fundamentalmente sitios secos cercanos a la costa sur del oriente y occidente cubano, pero recientemente se descubrió en la costa norte del occidente de Cuba (Punta Guanós, Matanzas). Esta especie se emplea en los sistemas forestales de Cuba, por su alto valor maderable, pero nada se conoce de los mecanismos de germinación de las semillas procedentes de sitios naturales. Por consiguiente, el objetivo principal de este trabajo fue identificar la clase de dormancia seminal que presentan las semillas frescas de *P. cubana* recolectadas en la zona norte de Matanzas (Punta Guanós). Para ello, se realizó la caracterización morfofisiológica, prueba de imbibición y aplicación de tratamientos pregerminativos a semillas recolectadas del matorral xeromorfo costero y bosque siempreverde micrófilo del sitio de estudio. Las semillas presentaron un bajo contenido de humedad inicial (10.2%), alto porcentaje de distribución de biomasa seminal a las estructuras de cubiertas (55.3%), alta tolerancia a la desecación, presencia de dormancia física (PY), y rápida hidratación y germinación una vez eliminada la PY. El mejor tratamiento pregerminativo para incrementar la germinación se logró con la escarificación con ácido sulfúrico durante una hora, que alcanzó un 97% de germinación final en un día. Se brindan recomendaciones prácticas para incrementar la germinación y el establecimiento de las plántulas en condiciones de vivero y siembra directa en campo.

**Palabras clave:** *Albizia*, bacona, flora amenazada, germinación ecológica, Punta Guanós

### ABSTRAC

*Pseudosamanea cubana* is a Cuban endemic tree that is Critically Endangered. The species has a very restricted range, mainly in dry sites near the southern coast of eastern and western Cuba, but was recently discovered on the north coast of western Cuba (Punta Guanós, Matanzas). This species is used in Cuban forestry systems because of its high timber value, but nothing is known about the germination mechanisms of seeds from natural sites. Therefore, the main objective of this work was to identify the seminal dormancy class of fresh seeds of *P. cubana* collected in the northern area of Matanzas (Punta Guanós). For this purpose, morphophysiological characterization, imbibition test and application of pregermination treatments to seeds collected from the coastal xeromorphic scrub and microphyllous evergreen forest of the study site were carried out. Seeds showed low initial moisture content (10.2%), high percentage distribution of seed biomass to the canopy structures (55.3%), high tolerance to desiccation, presence of physical dormancy (PY), and rapid hydration and germination once PY was removed. The best pregermination treatment to increase germination was achieved with sulfuric acid scarification for one hour, which reached 97% final germination in one day. Practical recommendations are given to increase germination and seedling establishment in nursery conditions and direct seeding in the field.

**Keywords:** *Albizia*, bacona, germination ecology, Punta Guanós, threatened flora

## INTRODUCCIÓN

La dormancia de las semillas es un rasgo funcional que se considera relevante en las estrategias de historia de vida de las plantas (Baskin y Baskin, 1998; 2021). Este mecanismo optimiza el tiempo de germinación de las semillas, para que solo ocurra cuando las condiciones ambientales sean óptimas para el establecimiento y supervivencia de las plántulas. Por consiguiente, la dormancia seminal está bajo una fuerte presión de la selección natural para asegurar la máxima adecuación biológica de las especies; y con ello, minimizar los riesgos ambientales (Baskin y Baskin, 2014; Willis *et al.*, 2014; Phartyal *et al.*, 2020). La dormancia de las semillas también puede facilitar la colonización de nuevos hábitats al permitir que las especies ajusten el momento de germinación bajo diferentes regímenes estacionales o en ambientes novedosos (Donohue *et al.*, 2010; Gioria *et al.*, 2021).

Por su parte, en condiciones de vivero la dormancia seminal posiblemente sea el rasgo de la semilla que tenga mayor influencia sobre la propagación (o domesticación) de las plantas nativas. Esta característica adaptativa está presente en el 76% de las plantas con semillas a nivel mundial (Baskin y Baskin, 2021). De este modo, si se quiere producir plántulas de forma masiva para programas de restauración ecológica o de reforzamiento poblacional, se hace necesario buscar protocolos óptimos de germinación para las especies nativas que se quieran emplear. Estos protocolos no solo deben contener información sobre la dormancia de las semillas, resulta necesario también conocer sobre requerimientos de germinación, tratamientos pregerminativos y conducta de almacenamiento (Baskin y Baskin, 1998; Sánchez *et al.*, 2011; Kildisheva *et al.*, 2020). Sin embargo, para las plantas de los ecosistemas tropicales muy poco se conoce sobre los mecanismos de dormancia, realidad que es mayor en los países subdesarrollados (o llamados del Tercer Mundo). Aunque para la región del Neotrópico recientemente se han realizado contribuciones significativas del tema dormancia seminal para países como Brasil, Costa Rica, Cuba, México y Panamá (Sautu *et al.*, 2007; Sánchez *et al.*, 2019; Escobar *et al.*, 2018; Cortés-Flores *et al.*, 2020; Ley-López *et al.*, 2023).

Existen varias clasificaciones de dormancia seminal, algunas con un enfoque ecológico y otras más fisiológico; pero la propuesta por Baskin y Baskin (2004) es la más empleada, a nivel mundial, por ser simple

y práctica. En la actualidad, dichos autores proponen un sistema jerárquico que tiene seis categorías: división, subdivisión, clases, subclases, niveles y tipos de dormancia (Baskin y Baskin, 2021) y reconocen las clases de dormancia como la categoría principal en este sistema de clasificación. Se proponen cinco clases: 1) la dormancia fisiológica, 2) la dormancia morfológica; 3) la dormancia morfofisiológica; 4) la dormancia física, y 5) la dormancia combinada; que se distinguen sobre la base de la permeabilidad o impermeabilidad de la cubierta de la semilla (o fruto) al agua, por la presencia de embrión completamente desarrollado o subdesarrollado en la madurez de la semilla, o bien si el embrión está fisiológicamente activo o inactivo (Nikolaeva, 1977; Baskin y Baskin, 1998).

En semillas con dormancia física (PY, por sus siglas en inglés) la impermeabilidad de las cubiertas se debe a la presencia de una o más capas de células lignificadas o suberizadas en el parénquima en empalizada (Baskin *et al.*, 2000). Esta clase de dormancia se ha informado para 18 familias botánicas (Baskin y Baskin, 2014). En la familia Fabaceae es la más importante (c.a., del 77% de las especies estudiadas) (Willis *et al.*, 2014) y está representada en especies que ocupan ambientes secos o estacionales (Hu *et al.*, 2018; Rosbakh *et al.*, 2023). Pero también en menor medida en la familia Fabaceae se han identificado semillas con dormancia fisiológica (PD) y dormancia combinada (PY+PD). La PD se debe a la inhibición fisiológica del embrión desarrollado (i.e., presencia de altos niveles de ácido abscísico) que disminuye el crecimiento potencial del mismo frente a las barreras mecánicas que imponen las cubiertas seminales o de los frutos indehiscentes; y la PY+PD aparece en semillas con cubiertas impermeables al agua y embriones con dormancia fisiológica (Baskin y Baskin, 2014; 2021). Por su parte, en semillas con dormancia se establece como criterio que necesitan más de 28 días para germinar; en cambio, en las semillas no dormantes la germinación ocurre en menos de 28 días bajo un amplio rango de condiciones ambientales (Baskin y Baskin, 1998).

La presencia de PY se informa para semillas frescas de *Pseudosamanea cubana* (Britton & P. Wilson) Barneby & J. W. Grimes ( $\equiv$  *Albizia cubana* Britton & P. Wilson) procedentes de árboles de la antigua Estación Agronómica de Santiago de las Vegas, La Habana, Cuba (actualmente Instituto de Investigaciones

Sánchez y Pernús: Dormancia física en semillas de *Pseudosamanea cubana*

Fundamentales en Agricultura Tropical, Alejandro de Humboldt) (Sánchez *et al.*, 2018). Sin embargo, nada se conoce sobre los mecanismos germinativos de semillas frescas de *P. cubana* recolectadas de sitios naturales, aunque la especie se siembra en sistemas forestales del oriente de Cuba (Rodríguez-Matos *et al.*, 2011). Según Pérez *et al.* (2015), en los viveros forestales cubanos con un tratamiento pregerminativo de agua hirviendo durante 30 segundos se logra que la germinación comience a los 15 días, con un 40% de germinación final. Sin embargo, dichos autores no informan nada sobre la posible clase de dormancia que presenta la especie, ni del estado de viabilidad del 60% de las semillas que no germinan.

*Pseudosamanea cubana* (Fabaceae: Mimosoideae) (Barneby y Grimes, 1996) es un árbol endémico de Cuba en Peligro Crítico de extinción, con distribución muy restringida en montes secos del sur del oriente y el occidente de Cuba (Bässler, 1998; González-Torres *et al.*, 2016); pero recientemente se encontró una nueva localidad para *P. cubana* en Punta Guanós (costa norte de Matanzas, Cuba) (Sánchez *et al.*, 2023). En Punta Guanós, sitio de donde provienen las semillas de la presente investigación, la especie aparece en suelos pocos profundos del matorral xeromorfo costero y subcostero (manigua costera) y del bosque siempreverde micrófilo (bosque seco), ambas formaciones vegetales muy cercanas a la línea de costa y bajo una marcada estacionalidad climática (Sánchez *et al.*, 2023). Por consiguiente, las semillas de *P. cubana* posiblemente estén adaptadas a germinar bajo diferentes presiones ambientales (i.e., altas temperaturas, salinidad, sequía) que pudieran o no comprometer su regeneración natural. Igualmente, en Punta Guanós la regeneración natural de la especie podría afectarse por las variaciones climáticas futuras inducidas por el cambio climático global (Sánchez *et al.*, 2011; Baskin y Baskin, 2022), o bien por las múltiples amenazas provocadas por la actividad humana que traen aparejado un gran número de estreses ambientales (García-Beltrán *et al.*, 2022; Sánchez *et al.*, 2023).

Por su parte, en condiciones naturales los factores fundamentales que eliminan la PY son la temperatura y el agua (Baskin y Baskin, 2014). La ruptura de la PY ocurre cuando las semillas reciben fluctuaciones altas de temperaturas del verano, calor húmedo y/o seco, (provocado o no por el fuego), alternancias de ciclos de humedecimiento-deseccación, o combinación de los factores mencionados (Baskin y Baskin, 2014;

Martínez y Sánchez, 2016; Hu *et al.*, 2018; Tang *et al.*, 2022). Conforme con lo anterior, en condiciones de laboratorio se emplean tratamientos pregerminativos que simulan las condiciones ambientales que eliminan la PY, como son tratamientos pregerminativos de escarificación mecánica (e.g., ruptura de la testa total o parcial), química (e.g., inmersión en ácido sulfúrico) y física (e.g., inmersión en agua caliente, nitrógeno líquido), y de choque térmico (Baskin y Baskin, 2014; Sánchez *et al.*, 2019; Kildisheva *et al.*, 2020).

De acuerdo a lo comentado anteriormente, el objetivo principal de este trabajo fue identificar la clase de dormancia seminal que presentan las semillas frescas de *P. cubana* recolectadas en Punta Guanós. Para ello, se realizó la caracterización morfofisiológica de las semillas, la prueba de imbibición y aplicación de tratamientos pregerminativos. Se parte de la hipótesis que las semillas de *P. cubana* presentan PY y que los procedimientos de escarificación seminal son efectivos para eliminar la PY; y por consiguiente, para incrementar la germinación y la emergencia de las plántulas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Sitio de estudio

El área de Punta Guanós se localiza al noroeste del municipio Matanzas (23.1498° lat. N, -81.6366° long. W), a unos 90 km al Este de La Habana, Capital de Cuba. La zona constituye una llanura cársica costera, aterrada y suavemente inclinada hacia el norte, con buen drenaje y presencia de carso semidesnudo que cubre entre el 40-50% de la superficie y abarca unos 3.45 Km<sup>2</sup> (c.a., 345 ha) (Enríquez *et al.*, 2006; Domínguez de la Cruz, 2009). Punta Guanós forma parte del distrito fitogeográfico Costa Norte de Habana-Matanzas (Havanense) (Cejas-Rodríguez y Geler-Roffe, 2023) y conforme a datos climáticos históricos la zona es tropical estacional (Borhidi, 1996). Con una estación seca en invierno (noviembre-abril) y otra lluviosa en verano (mayo-octubre), y precipitaciones medias entre 800-1600 mm (Enríquez *et al.*, 2006). La humedad relativa promedio alcanza el 77.5% en la estación seca y un promedio de temperatura de 24.1°C, mientras que en la estación lluviosa la humedad relativa alcanza el 87.1% y un promedio de temperaturas de 26.5°C (García-Beltrán *et al.*, 2022). También datos climáticos recientes obtenidos por WorldClim 2 (Fick y Hijmans, 2017), confirmaron un

Sánchez y Pernús: Dormancia física en semillas de *Pseudosamanea cubana*

régimen de lluvia anual de 1466.0 mm y una temperatura media anual de 25°C, con valores de temperatura máxima del mes más cálido de 31.3°C y temperatura del mes más frío de 17.7°C.

**Recolecta del material vegetal**

La recolecta de los frutos maduros (i.e., secos) se realizó en mayo del 2022 a partir de individuos fructificados, que crecen en el matorral xeromorfo costero y subcostero (manigua costera) y en el bosque siempreverde micrófilo (monte seco), que es la vegetación continua al matorral en Punta Guanos. En todos los casos, los frutos se tomaron de las plantas madres con ayuda de una vara telescópica y también de frutos secos y cerrados recién caídos al suelo. Las semillas recolectadas de ambas formaciones vegetales se mezclaron en un lote único. Los ensayos se realizaron inmediatamente después de la recolecta, y en cada caso las muestras se tomaron al azar.

**Caracterización morfofisiológica de las semillas**

A 25 semillas se le tomó su longitud, ancho y grosor, y con estos valores se calculó el índice de la varianza de las dimensiones seminales según el método propuesto por [Thompson et al. \(1993\)](#). De esta forma, una semilla esférica presentará un valor de varianza de 0, mientras que en una alargada o achatada, su varianza puede ser hasta 0.33. La masa fresca de las semillas se determinó mediante el pesaje en una balanza Sartorius con precisión 10<sup>-4</sup>g. La masa seca de las semillas y su contenido de humedad inicial se establecieron por el método de secado a baja temperatura constante (103 ± 2°C durante 17 horas), a partir de las normas del [ISTA \(2007\)](#). Estas variables se calcularon individualmente para cada semilla en una muestra de 50 semillas. Para calcular la asignación (fracción) de la masa a las estructuras de cubiertas, o bien a los tejidos de reservas se dividió cada valor o componente seminal entre la masa seca total de la semilla ([Sánchez et al., 2009](#)). Los valores de ambas fracciones se multiplicaron por 100 para facilitar la interpretación de los datos.

La descripción del tipo de embrión se realizó con base a la morfología (forma) y grado de desarrollo del mismo (tamaño) mediante la relación largo del embrión con respecto al largo interno de la semilla (E/S), tal como proponen [Baskin y Baskin \(2007\)](#). Para este propósito se utilizó una muestra de 25 semillas a las que se les realizaron cortes longitudinales con una tijera de jardinería. De acuerdo con dichos autores,

se considera que una semilla presenta embrión totalmente desarrollado cuando ocupa más de 50% de la cavidad seminal (E/S > 0.5). Todas las mediciones de semillas y embriones se realizaron con un pie de rey Mitutuyo con error de 0.02 mm de precisión.

**Viabilidad, prueba de imbibición y tolerancia a la desecación**

La determinación de la viabilidad inicial de las semillas se realizó por una prueba de corte ([Baskin y Baskin, 2014](#)), previo a esto se descartaron las semillas dañadas por insectos (brúquidos). Para ello, se seleccionaron 50 semillas a las que se les realizaron cortes longitudinales para verificar si contenían un embrión amarillo y firme (semillas vivas), o bien un embrión suave o gris, indicativo de no viabilidad (semillas muertas) ([Baskin y Baskin, 2014](#)). Para probar la permeabilidad al agua de las cubiertas seminales se midió el incremento en masa a las 1, 2, 4 y 24 horas de semillas intactas (control) y escarificadas (con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> al 96% durante una hora), utilizando 50 semillas por tratamiento. Las semillas se colocaron individualmente en viales con agua destilada estéril, a temperatura ambiente y expuesta a la luz difusa de laboratorio. El porcentaje de incremento en masa (PIM) se calculó mediante la fórmula propuesta por [Baskin et al. \(2004\)](#): PIM = [(masa húmeda - masa fresca) / masa fresca] X 100. Antes de tomar la masa húmeda, se eliminó el agua superficial de cada semilla en una bomba de vacío. Un incremento significativo del PIM indicó que las cubiertas seminales fueron permeables al agua ([Baskin et al., 2004](#)).

La probabilidad de la sensibilidad a la desecación  $P(D-S)$  de las semillas se calculó por el índice propuesto por [Daws et al. \(2006\)](#):

$$P(D-S) = \frac{e^{3,269 - 9,974a + 2,156b}}{1 + e^{3,269 - 9,974a + 2,156b}}$$

En este índice la variable  $a$  representa la fracción de la masa seca seminal destinada a las cubiertas con relación a la masa seca total y la variable  $b$  es el log<sub>10</sub> de la masa seca total de la semilla (g). Si los valores de  $P(D-S)$  son > 0.5 se considera probable que las semillas sean sensibles a la desecación y cuando  $P(D-S) < 0.5$  se considera probable que las semillas sean tolerantes a la desecación.

**Ensayo de germinación y tratamientos pregerminativos**

Las pruebas de germinación se realizaron en cámaras de crecimiento (FRIOCEL 111L, Alemania) bajo un



Sánchez y Pernús: Dormancia física en semillas de *Pseudosamanea cubana*

diseño completamente aleatorizado. Las semillas se colocaron en placas de Petri de 9 cm de diámetro sobre dos capas de papel de filtro humedecido con agua destilada estéril. Se incubaron en condiciones de luz blanca a temperatura alterna de 25/35°C (12 horas a 25°C, 8 horas a 35°C y una transición entre ellas de 4 horas); este rango de temperatura se considera el óptimo para la germinación de la especie (Sánchez *et al.*, 2018). La iluminación coincidió con el período de mayor temperatura, con exposición a la luz de 8 horas de aproximadamente  $40 \mu\text{mol}^{-2}\text{s}^{-1}$  y longitud de 400-700 nm que se logró con cinco lámparas blancas fluorescentes (20 w). Previo a la siembra las semillas se sometieron a los siguientes tratamientos pregerminativos: semillas no tratadas o control (T1), semillas sometidas a escarificación con agua a 80°C por un minuto (T2), y semillas sometidas a escarificación con  $\text{H}_2\text{SO}_4$  al 96% durante una hora y posterior lavado durante 10 minutos con agua corriente (T3). El tratamiento T3 se recomienda por Sánchez *et al.* (2018) para aumentar la germinación de semillas frescas de *P. cubana*, mientras que el T2 se reconoce como un tratamiento tradicional que se emplea en gran número de especies con dormancia física o fisiológica en condiciones de vivero (Baskin y Baskin, 2014; Sánchez *et al.*, 2019).

Las semillas no se esterilizaron previo a la siembra y se utilizaron cinco réplicas por tratamiento de 25 semillas cada una. Se consideraron germinadas aquellas semillas con emergencia radicular visible. El conteo de la germinación fue diario durante 30 días. Al final del experimento se determinó por réplica el porcentaje de germinación final, el día de inicio de la germinación, el día final de la germinación, el porcentaje de semillas duras (i.e., semillas vivas y no permeables) y el porcentaje de semillas muertas. Se empleó el sistema de clasificación y la clave dicotómica propuestos por Baskin y Baskin (2014, 2021) para la identificación de la clase de dormancia seminal.

#### Ensayo de establecimiento de plántulas

Las semillas frescas provenientes del tratamiento pregerminativo T3 se germinaron bajo las condiciones de laboratorio anteriormente descritas. Al día siguiente de la emergencia de la radícula, las plántulas se sembraron individualmente en tubetes de capacidad de 200 cm<sup>3</sup> (16 estrías y diámetro interno de 5 cm), que contenían suelo de tipo Fersialítico Amarillento recolectado en áreas de vegetación secundaria del Instituto de Ecología y Sistemática (La Habana, Cuba).

Este suelo presentó un pH neutro, un 2.8% de materia orgánica y una textura franco arcillosa (Sánchez *et al.*, 2005). El experimento se realizó en junio del 2022 para lo cual se empelaron dos bandejas de 48 tubetes cada una, y el suelo se regó diariamente durante los primeros 15 días y luego tres veces por semana a capacidad de campo. Las condiciones experimentales fueron similares a las que se presentan en los viveros comerciales en Cuba, es decir, a temperatura ambiente (entre 23°C y 30°C) y bajo luz natural (aproximadamente entre 30 y 40% de la radiación fotosintéticamente activa). Se identificó el tipo funcional de plántula según las categorías propuestas por Garwood (1996) y al final del experimento (30 días) se determinaron el porcentaje de supervivencia de las plántulas y su altura total. La altura se tomó en 25 individuos seleccionados al azar, tomándose la altura total desde la base del tallo hasta el punto más alto de la planta (cm).

#### Análisis estadístico

Se calculó la media y el error estándar de cada variable. Los modelos lineales generalizados (MLGs) se emplearon para evaluar los efectos del factor tratamiento pregerminativo (variable fija) sobre los rasgos de germinación (variables respuestas). Para ello, se consideró una distribución del error tipo binomial y función *logit* de ligamiento para analizar las variables en porcentajes (germinación final, semillas duras y semillas muertas), mientras que se utilizó una distribución Poisson y función identidad de ligamiento para el día de inicio y final de la germinación. El nivel de probabilidad seleccionado como significativo fue de  $P \leq 0.05$ . Los análisis estadísticos se realizaron por el programa *InfoStat v.2020* (Di Rienzo *et al.*, 2020) con su interface en *R*.

## RESULTADOS

#### Caracterización morfofisiológica de las semillas

Las semillas frescas fueron elípticas, de color marfil y en muchas se observó el pleurograma (línea elíptica abierta en el extremo hilar de la testa) (Fig. 1). El largo promedio de las semillas fue  $7.86 \pm 0.10$  mm, el ancho  $4.26 \pm 0.07$  mm y el grosor  $2.62 \pm 0.03$  mm. La varianza de las dimensiones seminales ( $0.11 \pm 0.002$ ) indicó que las semillas tienden a ser aplanadas. Las semillas presentaron una masa fresca y seca de  $0.044 \pm 0.001$  g y  $0.039 \pm 0.001$  g, respectivamente y un contenido de humedad inicial de  $10.2 \pm 0.46\%$ . La masa seca de las reservas y las cubiertas semina-

Sánchez y Pernús: Dormancia física en semillas de *Pseudosamanea cubana*

**Figura 1.** Semillas frescas de *Pseudosamanea cubana*. Barra de escala = 5 mm.

**Figure 1.** Fresh seeds of *Pseudosamanea cubana*. Scale bars = 5 mm.

les fueron de  $0.017 \pm 0.0002$  g y  $0.021 \pm 0.0006$  g, respectivamente. El porcentaje de la masa seminal destinado a las reservas fue  $44.7 \pm 0.81\%$  y para las cubiertas seminales de  $55.3 \pm 0.83\%$ . Finalmente, las semillas presentaron un embrión de tipo inverso sin endospermo y la relación E/S fue de  $0.98 \pm 0.003$ .

#### Viabilidad inicial, prueba de imbibición y tolerancia a la desecación

Las semillas presentaron una viabilidad de un 100%. Después de 1, 2, 4 y 24 horas de estar en contacto con el agua, las semillas intactas exhibieron muy poco incremento en masa:  $0.43 \pm 0.16$ ,  $0.47 \pm 0.15$ ,  $0.48 \pm 0.15$  y  $0.54 \pm 0.14\%$ , respectivamente. Mientras que las semillas escarificadas con ácido sulfúrico, en similares tiempos de imbibición, sí mostraron un incremento significativo en masa de un  $71.9 \pm 4.9$ ,  $128.6 \pm$

$3.2$ ,  $170.5 \pm 4.0$  y  $223.4 \pm 15.8\%$  respectivamente; lo que demostró que las semillas intactas fueron impermeables. Por último, el índice de sensibilidad a la desecación fue  $0.0051 \pm 0.0003$ , correspondiente a semillas tolerantes a la desecación.

#### Ensayo de germinación y tratamientos pregerminativos

Todos los rasgos de germinación estudiados se afectaron significativamente por el factor tratamiento pregerminativo (Tabla 1). Las semillas frescas de *P. cubana* presentaron un alto potencial germinativo una vez que las mismas fueron sometidas a tratamientos pregerminativos de escarificación (Tabla 2). Este efecto fue máximo con el tratamiento de escarificación con ácido sulfúrico concentrado por una hora, que logró casi un 100% de germinación final un día después de la siembra. El tratamiento de escarificación en agua a  $80^\circ\text{C}$  por un minuto también resultó significativo para incrementar la germinación con relación al tratamiento control (semillas intactas), pero con este el proceso germinativo se inició después de cuatro días de la siembra y terminó casi a los 12 días. La germinación de las semillas no tratadas fue casi nula al cabo de los 30 días después de la siembra. Por último, con el tratamiento de escarificación en agua se logró el mayor porcentaje de semillas muertas, y el de semillas duras con el tratamiento control (Tabla 2).

**Tabla 1.** Resultados de los MLGs para los rasgos de germinación de *Pseudosamanea cubana*.

**Table 1.** Results of the GLMs for the germination traits of *Pseudosamanea cubana*.

Rasgos germinativos	Devianza	P-valor
Germinación final	629.84	< 0.0001
Inicio de la germinación	27.33	< 0.0001
Final de la germinación	132.34	< 0.0001
Semillas duras	732.54	< 0.0001
Semillas muertas	94.62	< 0.0001

**Tabla 2.** Efecto de tratamientos pregerminativos sobre la germinación de *Pseudosamanea cubana*.

**Table 2.** Effect of pregermination treatments on germination of *Pseudosamanea cubana*.

Rasgos germinativos	Control	Escarificación con agua	Escarificación con ácido
Germinación final (%)	$1.6 \pm 0.9$	$64.0 \pm 2.8$	$97.6 \pm 1.6$
Inicio de la germinación (días)	$7.4 \pm 1.3$	$4.4 \pm 3.5$	$1.0 \pm 0.0$
Final de la germinación (días)	$7.4 \pm 1.3$	$11.8 \pm 1.1$	$1.0 \pm 0.0$
Semillas duras (%)	$98.4 \pm 0.9$	$17.6 \pm 2.0$	$0.0 \pm 0.0$
Semillas muertas (%)	$0.0 \pm 0.0$	$18.4 \pm 0.9$	$2.4 \pm 1.6$

### Ensayo de establecimiento de plántulas

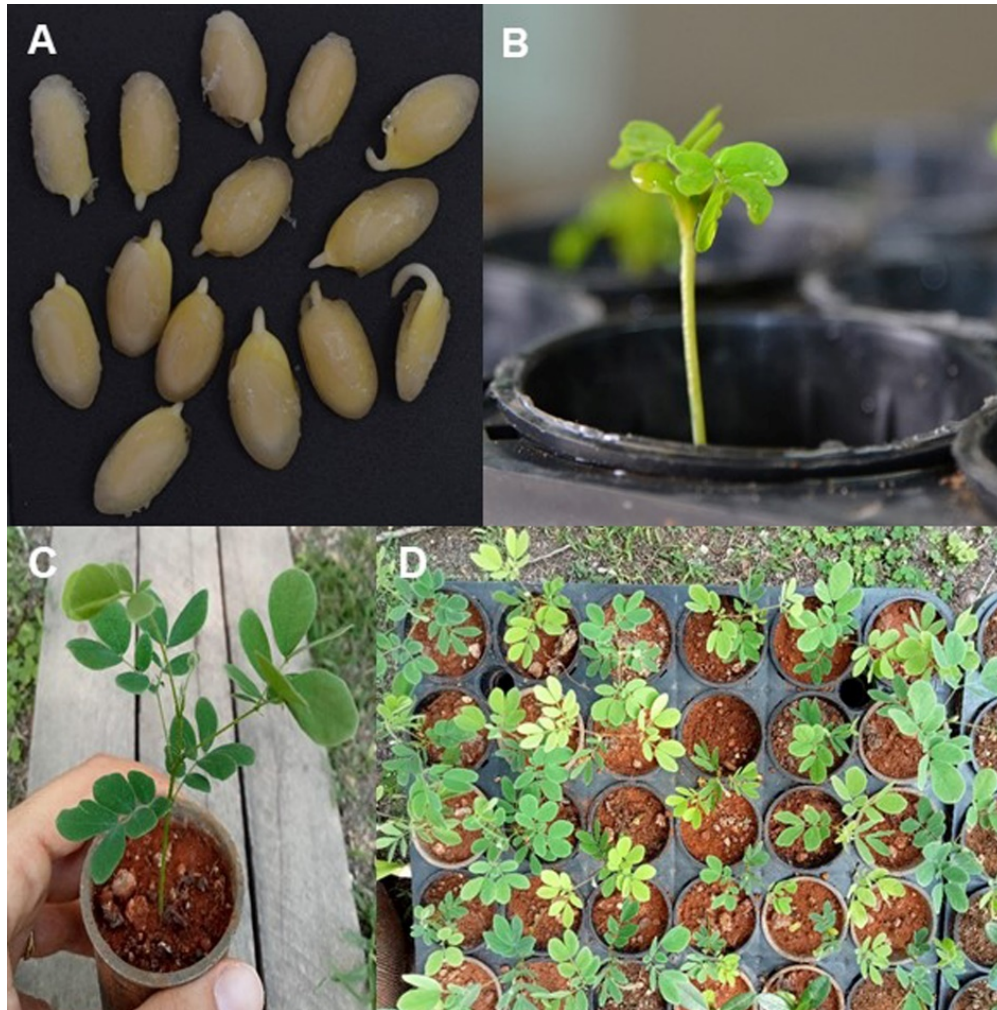
Las semillas recién germinadas procedentes del tratamiento de escarificación ácida (Fig. 2A) presentaron un 95% de supervivencia de las plántulas en suelo al cabo de los 30 días de siembra y sus plántulas fueron del tipo fanerocotilar epigea con cotiledones de reservas (Fig. 2B). La altura total de la planta fue  $13.4 \pm 2.2$  cm y la gran mayoría al cabo de un mes presentaron entre tres o cuatro hojas compuestas (Fig. 2C, D).

### DISCUSIÓN

#### Dormancia y otros rasgos funcionales de semillas

La prueba de imbibición de las semillas intactas (i.e., no escarificadas) de *P. cubana* demostró que presen-

tan cubiertas seminales impermeables; y por tanto, dormancia física (PY). Mientras que las semillas escarificadas mostraron una rápida hidratación y germinación, lo que evidenció que esta especie solo presentó PY. Conforme a los ensayos de germinación de semillas intactas esta clase de dormancia está presente en más de 95% de las semillas frescas. Por su parte, el comportamiento de hidratación y de germinación encontrado en las semillas intactas y escarificadas de *P. cubana* es el típico de semillas con PY (Baskin y Baskin, 1998; 2014; Funes y Venier, 2006; Pound *et al.*, 2014; Hu *et al.*, 2018). También la presencia de embriones desarrollados de tipo invertido descartó la presencia de algún componente morfológico de la dormancia (Baskin y Baskin, 2014). Este tipo de embrión se describe para muchas especies de Fabaceae



**Figura 2.** Semillas recién germinadas de *Pseudosamanea cubana* (A); plántulas de tres días de emergidas con cotiledones y hojas verdaderas (B) y plántulas con un mes de emergencia (C y D).

**Figure 2.** Freshly germinated seeds of *Pseudosamanea cubana* (A); three-day-old seedlings with cotyledons and true leaves (B) and seedling with one month of emergence (C, D).



Sánchez y Pernús: Dormancia física en semillas de *Pseudosamanea cubana*

con PY, pero también se informa para fabáceas con semillas no dormantes (ND) o bien con una fracción de semillas con PY y otra ND (Jayasuriya y Phartyal, 2023).

La presencia de PY en semillas frescas de *P. cubana* es de esperar, pues se informa previamente para la especie por Sánchez *et al.* (2018) y también para otra especie del género *Pseudosamanea*, en semillas de *P. guachapele* recolectadas de bosques semidecuidos de Panamá (Sautu *et al.*, 2007). Se propone que la PY es una adaptación ecológica que favorece la dispersión, el escape a los depredadores y patógenos, y la supervivencia del embrión durante largos periodos de desecación, hasta que ocurra la germinación cuando las condiciones sean favorables para el establecimiento de las plántulas (Paulsen *et al.*, 2014; Jaganathan *et al.*, 2016; Dalling *et al.*, 2020). Para semillas de *P. cubana* se necesitan ensayos experimentales que permitan dilucidar el verdadero papel de la PY en condiciones naturales.

Otros rasgos funcionales de semillas encontrados en *P. cubana* también podrían permitirle a la especie su persistencia en el banco de semillas del suelo, y con esto propiciar su naturalización o invasividad de nuevos ecosistemas (Chen *et al.*, 2023; Jayasuriya y Phartyal, 2023). Además de la PY, se identificaron características funcionales propias de semillas de especies de Fabaceae que ocupan sitios semiáridos o con una marcada estacionalidad en la distribución de las lluvias (Jaganathan, 2016; Hu *et al.*, 2018; Sánchez *et al.*, 2018; Gioria *et al.*, 2021). Entre estas características sobresalen su bajo contenido de humedad inicial (10.2%), tolerancia a la desecación y mayor porcentaje de distribución de biomasa seminal a las estructuras de cubiertas (o defensas, 55.3%). También, de acuerdo con Sánchez *et al.* (2018) las semillas escarificadas con ácido sulfúrico de *P. cubana* germinan en condiciones de luz y oscuridad cuando se siembran a temperaturas alternas de 25/30°C, 25/35°C y 25/40°C. Por consiguiente, la presencia de estos rasgos funcionales de semillas en *P. cubana* deberá favorecer que la especie pueda ocupar diferentes micrositios, nuevos hábitats y presentar mayor tolerancia al cambio climático global, así como a las transformaciones antropogénicas del ecosistema.

De hecho, se conoce que los rasgos relacionados con la tolerancia térmica de las semillas no evolucionaron

independientemente; más bien son parte de un síndrome de coadaptación de rasgos funcionales a ambientes secos (Sánchez *et al.*, 2011; Cochrane *et al.*, 2015; Baskin y Baskin, 2022). Aunque, por ejemplo, solo para la respuesta germinativa se postula que especies con amplio nicho de germinación ocupan ambientes heterogéneos y presentan un amplio rango de distribución; en cambio, en ambientes homogéneos se favorecen la presencia de especies especialistas y con un estrecho nicho de germinación (Brändle *et al.*, 2003; Luna y Moreno, 2010; Sánchez *et al.*, 2020).

Igualmente se conoce que en semillas con solo PY la germinación puede ocurrir inmediatamente después de que esta se elimina (i.e., semillas permeables) bajo un amplio rango de temperaturas y en diferentes condiciones de luz (Thanos y Georghiou, 1988; Baskin *et al.*, 2004). Este comportamiento se ha notificado para un gran número de especies de familias botánicas como Anacardiaceae, Convolvulaceae, Cistaceae, Fabaceae, Malvaceae y Sapindaceae (Baskin y Baskin, 2014). En Cuba, por ejemplo, se obtiene esta conducta de germinación para semillas frescas de *Guazuma ulmifolia* Lam. (Malvaceae) una vez eliminada la PY (Sánchez *et al.*, 2017).

#### Perspectiva para la propagación por semillas

Para realizar proyectos de restauración ecológica o de reforzamiento poblacional con base al empleo de semillas se parte de la premisa, que la mayoría de las especies nativas empleadas germinen rápido, alto y uniforme en diferentes condiciones ambientales (Baskin *et al.*, 2021; Wang *et al.*, 2022). Acorde a los resultados obtenidos en el presente trabajo y a los informados por Sánchez *et al.* (2018) para *P. cubana*, eso no parece ser un problema en condiciones de laboratorio. El tratamiento pregerminativo más adecuado es la escarificación ácida como ya se comentó, pero también podría emplearse agua hirviendo por diferentes tiempos. El empleo de papel de lija o un corte a las cubiertas (D. Barios y M. Pernús, comentario personal) igualmente pueden resultar procedimientos adecuados y baratos para incrementar la germinación de esta especie, aunque implican mayor consumo de tiempo que la escarificación ácida o térmica y posiblemente menor uniformidad.

Por tanto, será adecuado en semillas frescas aplicar un tratamiento de escarificación de cubiertas que promueva su rápida germinación en vivero, y si la siembra se realiza directamente en campo se deberá



Sánchez y Pernús: Dormancia física en semillas de *Pseudosamanea cubana*

sembrar en una condición de semisombra para asegurar un suministro adecuado de humedad, al menos durante los primeros meses de vida de sus plántulas. Estas condiciones de campo parecen ser las más adecuadas para muchas especies del ecosistema de Punta Guanos que se propagan por semillas (ver por e.g., Pernús y Sánchez, 2021; Sánchez *et al.*, 2023), y también se identifican para muchas especies arbóreas de bosques siempreverdes estacionales del occidente cubano (Sánchez *et al.*, 2019). Al parecer, la siembra en sitios sucesionalmente intermedios (o semiprotectidos) podría evitar la deshidratación de las semillas sin dormancia PY, la fotoinhibición de la fotosíntesis en las plántulas y el estrés hídrico; procesos que han sido bien documentados en un gran número de especies tropicales (Alves *et al.*, 2002; Sánchez *et al.*, 2006).

## CONCLUSIONES

El presente trabajo contribuye a ampliar el conocimiento sobre la biología de semillas de *P. cubana* recolectadas de un sitio natural (Punta Guanos, Matanzas). Las semillas frescas presentaron dormancia física y los tratamientos pregerminativos implementados fueron adecuados para incrementar la germinación y establecimiento de las plántulas, particularmente la escarificación ácida. De este modo, se contribuye a aumentar la propagación efectiva de la especie. Las semillas de *P. cubana* resultaron tolerantes a la deshidratación y altamente viables, rasgos que facilitan su conservación *ex situ*, y posterior empleo en diferentes programas de conservación. En el futuro, se deben identificar variables ambientales que favorezcan la germinación y establecimiento de la especie en condiciones de campo, y con ello asegurar una estrategia de recuperación más adecuada. Experimentos bajo estrés hídrico, calórico y salinidad, así como aplicación de tratamientos pregerminativos de tipo fisiológico (e.g., acondicionadores o robustecedores de semillas) serían factibles ensayar para precisar el comportamiento germinativo bajo estrés, escenarios ambientales inducidos por el cambio climático o combinación de estos.

## AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue financiada por el proyecto “Acciones para la conservación de especies vegetales del matorral xeromorfo costero y subcostero de Punta Guanos, Matanzas” (PS211LH003-030), del Programa Sectorial Uso Sostenible de los Componentes de la Diversidad Biológica en Cuba. Los autores agra-

decen a Mabelkis Terry Rosabal, Yasiel Hernández Rivero y Héctor Manuel por la asistencia técnica en el campo.

## LITERATURA CITADA

- Alves PL, Magalhaes ACN, Barja PR. 2002. The phenomenon of photoinhibition of photosynthesis and its importance in reforestation. *The Botanical Review*. 68: 193-208.
- Barneby RC, Grimes JW. 1996. Silk tree, guanacaste, monkey's earring. A generic system for the synandrous Mimosaceae of the Americas. Part. I. *Abarema*, *Albizia*, and Allies. *Memoirs of the New York Botanical Garden*. 74: 1-292.
- Baskin CC, Baskin JM. 1998. *Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination*. Academic Press, San Diego.
- Baskin CC, Baskin JM. 2007. A revision of Martin's seed classification system, with particular reference to his dwarf-seed type. *Seed Science Research*. 17: 11-20.
- Baskin CC, Baskin JM. 2014. *Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination* (2nd ed.). Elsevier/Academic Press, San Diego.
- Baskin CC, Baskin JM. 2022. *Plant regeneration from seeds: A global warming perspective*. Academic Press, San Diego.
- Baskin JM, Baskin CC. 2004. A classification system for seed dormancy. *Seed Science Research*. 14: 1-16.
- Baskin JM, Baskin CC. 2021. The great diversity in kinds of seed dormancy: a revision of the Nikolaeva-Baskin classification system for primary seed dormancy. *Seed Science Research*. 31: 249-277.
- Baskin CC, Baskin JM, Yoshinaga A, Wolkis D. 2021. Physiological dormancy in seeds of tropical montane woody species in Hawai'i. *Plant Species Biology*. 36: 60-71.
- Baskin JM, Baskin CC, Li X. 2000. Taxonomy, ecology, and evolution of physical dormancy in seeds. *Plant Species Biology*. 15: 139-152.
- Baskin JM, Davis BH, Baskin CC, Gleason SM, Cordell S. 2004. Physical dormancy in seed of *Dodonea viscosa* (Sapindales, Sapindaceae) from Hawaii. *Seed Science Research*. 14: 81-90.
- Bässler M. 1998. Mimosaceae. En: Bässler M (eds.), *Flora de la República de Cuba. Serie A. Plantas Vasculares*. Fascículo 2, Koeltz Scientific Books.

Sánchez y Pernús: Dormancia física en semillas de *Pseudosamanea cubana*

- Borhidi A. 1996. *Phytogeography and vegetation ecology of Cuba*. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Brändle M, Stadler J, Klotz S, Brandl R. 2003. Distributional range size of weedy plant species is correlated to germination patterns. *Ecology*. 84: 136-144.
- Cejas-Rodríguez C, Geler-Roffé T. 2023. Ajustes en la delimitación fitogeográfica de distritos cubanos. II. Cuba Central. *Acta Botánica Cubana*. 222. <https://cu-id.com/2402/v222e02>.
- Chen S-C, Hu X-W, Baskin CC, Baskin JM. 2023. A long-term experiment reveals no trade-off between seed persistence and seedling emergence. *New Phytologist*. DOI: <https://doi:10.1111/nph.19270>.
- Cochrane A, Colin JY, Gemma LH, Nicotra AB. 2015. Will among-population variation in seed traits improve the chance of species persistence under climate change? *Global Ecology and Biogeography*. 24: 12-24.
- Cortés-Flores J, Cornejo-Tenorio G, Sánchez-Coronado ME, Orozco-Segovia A, Ibarra-Manríquez G. 2020. Disentangling the influence of ecological and historical factors on seed germination and seedling types in a Neotropical dry forest. *PLoS ONE*. 15: DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0231526>.
- Dalling JW, Davis AS, Arnold AE, Sarmiento C, Zalamea PC. 2020. Extending plant defense theory to seeds. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*. 51: 123-141.
- Daws MI, Garwood NC, Pritchard HW. 2006. Prediction of desiccation sensitivity in seeds of woody species: a probabilistic model based on two seed traits in 104 species. *Annals of Botany*. 97: 667-674.
- Di Rienzo JA, Casanoves F, Balzarini MG, Gonzalez L, Tablada M, Robledo CW. 2020. InfoStat versión 2020. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Domínguez de la Cruz B. 2009. Diagnóstico del área de Punta Guanós. Medidas para la conservación de la especie *Coccothrinax borhidiana* Muñiz. Tesis de Maestría. Universidad de Matanzas.
- Donohue K, Rubio de Casas R, Burghardt L, Kovach K, Willis CG. 2010. Germination, postgermination adaptation, and species ecological ranges. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*. 41: 293-319.
- Enríquez A, Robledo L, Cruz R. 2006. Notas sobre la distribución y conservación de *Coccothrinax borhidiana* (Arecaceae) en Cuba. *Revista Jardín Botánico Nacional*. 27: 145-146.
- Escobar DFE, Silveira FAO, Morellato LPC. 2018. Timing of seed dispersal and seed dormancy in Brazilian savanna: two solutions to face seasonality. *Annals of Botany*. 121: 1197-1209.
- Fick SE, Hijmans RJ. 2017. WorldClim 2: new 1-kmspatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*. 37: 4302-4315.
- Funes G, Venier P. 2006. Dormancy and germination in three *Acacia* (Fabaceae) species from central Argentina. *Seed Science Research*. 16: 77-82.
- García-Beltrán JA, Toledo S, Pernús M, González-Torres LR, Robledo L, Barrios D. 2022. Population structure and conservation of the coastal palm *Coccothrinax borhidiana* (Arecaceae) in the northwest of Cuba. *Journal for Nature Conservation*. 68: DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2022.126206>.
- Garwood NC. 1996. Functional morphology of tropical tree seedlings. En: Swaine MD (ed.), *The ecology of tropical tree seedlings*, 59-130, Parthenon, New York.
- Gioria M, Carta A, Baskin CC, Dawson W, Essl F, Holger F, et al. 2021. Persistent soil seed banks promote naturalisation and invasiveness in flowering plants. *Ecology Letters*. 24: 1655-1667.
- González-Torres LR, Palmarola A, González-Oliva L, Bécquer ER, Testé E, Barrios D. 2016. *Lista Roja de la Flora de Cuba*. Editorial AMA, La Habana.
- Hu D, Baskin JM, Baskin CC, Yang X, Huang Z. 2018. Ecological role of physical dormancy in seeds of *Oxytropis racemosa* in a semiarid sand land with unpredictable rainfall. *Journal of Plant Ecology*. 11: 542-552.
- ISTA (International Seed Testing Association). 2007. *International rules for seed testing*. Bassersdorf, Suiza.
- Jaganathan GK. 2016. Influence of maternal environment in developing different levels of physical dormancy and its ecological significance. *Plant Ecology*. 217: 71-79.
- Jayasuriya KMG, Phartyal SS. 2023. Dormancy, germination, and associated seed ecological traits of 25 Fabaceae species from northern India. *Plant Biology*. DOI: <https://doi.org/10.1111/plb.13589>.
- Kildisheva OA, Dixon KW, Silveira FAO, Chapman T, Sacco AD, Mondoni A, et al. 2020. Dormancy and germination: making every seed count in restoration. *Restoration Ecology*. 28: S256-S265.

Sánchez y Pernús: Dormancia física en semillas de *Pseudosamanea cubana*

- Ley-López JM, Krzysztof Wawrzyniak M, Chacón-Madrigal E, Chmielarz P. 2023. Seed traits and tropical arboreal species conservation: a case study of a highly diverse tropical humid forest region in Southern Costa Rica. *Biodiversity and Conservation*. 32: 1573-1590.
- Luna B, Moreno JM. 2010. Range-size, local abundance and germination niche-breadth in Mediterranean plants of two life-forms. *Plant Ecology*. 210: 85-95.
- Martínez J, Sánchez JA. 2016. Incremento de la germinación en semillas de *Guazuma ulmifolia* (Malvaceae) por ciclos de hidratación-deshidratación y fluctuaciones en la temperatura. *Acta Botánica Cubana*. 215: 352-360.
- Nikolaeva MG. 1977. Factors controlling the seed dormancy pattern. En: Khan AA. (ed.), *The physiology and biochemistry of seed dormancy and germination*, 51-74, North-Holland, Amsterdam.
- Paulsen TR, Högstedt G, Thompson K, Vadvik V, Eliassen S. 2014. Conditions favoring hard seediness as a dispersal and predator escape strategy. *Journal of Ecology*. 102: 1475-1484.
- Pérez MH, Sordo L, Álvarez O. 2015. *Guía para manejo de semillas forestales. Manual Técnico*. Instituto de Investigaciones Agro-Forestales, Cuba.
- Pernús M, Sánchez JA. 2021. Germinación de *Coccothrinax borhidiana* (Arecaceae), palma endémica de Punta Guanós, Matanzas, Cuba. *Revista Jardín Botánico Nacional*. 42: 69-76.
- Phartyal SS, Rosbakh S, Ritz C, Poschod P. 2020. Ready for change: seed traits contribute to the high adaptability of mudflat species to their unpredictable habitat. *Journal of Vegetation Science*. 31: 331-342.
- Pound LM, Ainsley PJ, Facelli, JM. 2014. Dormancy-breaking and germination requirements for seeds of *Acacia papyrocarpa*, *Acacia oswaldii* and *Senna artemisioides* ssp. *x coriacea*, three Australian arid-zone Fabaceae species. *Australian Journal of Botany*. 62: 546-557.
- Rodríguez-Matos Y, Álvarez-Olivera P, Reiera-Nelson MC; Telo-Crespo L, Jay-Herrera O. 2011. Efecto de la aplicación de productos biológicos a la especie *Albizia cubana* Britton. *Revista Forestal Baracoa*. 30: 43-50.
- Rosbakh S, Carta A, Fernández-Pascual E, Phartyal SS, Dayrell RLC, Mattana E, et al. 2023. Global seed dormancy patterns are driven by macroclimate but no fire regime. *Ney Phytologist*. DOI: <https://doi.org/10.1111/nph.19173>.
- Sánchez JA, Fuentes Marrero IM, Pernús M, Vega-Catalá C, Rosa R, Terry M. 2023. Descubrimiento de *Pseudosamanea cubana* (Fabaceae) en Punta Guanós, Matanzas, norte del occidente de Cuba. *Acta Botánica Cubana*. 222. <https://cu-id.com/2402/v222e09>.
- Sánchez JA, Martínez J, Pernús M, Barrios D. 2017. Efecto de la temperatura y la iluminación sobre la germinación de semillas no dormantes de *Guazuma ulmifolia* (Malvaceae). *Acta Botánica Cubana*. 216: 116-121.
- Sánchez JA, Muñoz BC, Hernández L, Montejo LA, Suárez A, Torres-Arias Y. 2006. Tratamientos robustecedores de semillas para mejorar la emergencia y el crecimiento de *Trichospermum mexicanum*, árbol tropical pionero. *Agronomía Costarricense*. 30: 7-26.
- Sánchez JA, Muñoz BC, Montejo LA. 2009. Rasgos de semillas de árboles en un bosque siempreverde tropical de la Sierra del Rosario, Cuba. *Pastos y Forrajes*. 32: 141-164.
- Sánchez JA, Pernús M, Martínez J. 2020. Tratamientos de semillas para mejorar la germinación de *Guazuma ulmifolia* bajo estrés hídrico y calórico: comparación entre árboles tropicales pioneros. *Revista Jardín Botánico Nacional*. 41: 93-108.
- Sánchez JA, 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 Botánica Cubana*. 218: 77-108.
- Sánchez JA, Pernús M, Torres-Arias Y, Furrázola E, Oviedo R, Álvarez JC. 2018. Características regenerativas de árboles tropicales para la restauración ecológica de ecosistemas limítrofes al manglar. *Acta Botánica Cubana*. 217: 170-188.
- Sánchez JA, Reino J, Muñoz BC, González Y, Montejo L, Machado R. 2005. Efecto de los tratamientos de hidratación-deshidratación en la germinación, la emergencia y el vigor de plántulas de *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham. *Pastos y Forrajes*. 28: 209-220.
- Sánchez JA, Suárez AG, Montejo LA, Muñoz BC. 2011. El cambio climático y las semillas de las plantas nativas cubanas. *Acta Botánica Cubana*. 214: 38-50.
- Sautu A, Baskin JM, Baskin CC, Deago J, Condit R. 2007. Classification and ecological relationships of seed dormancy in a seasonal moist tropical forest, Panama, Central America. *Seed Science Research*. 17: 127-140.



Sánchez y Pernús: Dormancia física en semillas de *Pseudosamanea cubana*

---

- Tang L, Baskin CC, Baskin JM, Luo K, Yu X, Huang W, *et al.* 2022. Methods of breaking physical dormancy in seeds of the invasive weed *Mimosa pudica* (Fabaceae) and a comparison with 36 other species in the genus. *PeerJ*. DOI: <http://doi.org/10.7717/peerj.13567>.
- Thanos CA, Georghiou K. 1988. Ecophysiology of fire-stimulated seed germination in *Cistus incanus* ssp. *creticus* (L.) Heywood and *C. salvifolius* L. *Plant, Cell and Environment*. 11: 841-849.
- Thompson K, Band SR, Hodgson JG. 1993. Seed size and shape predict persistence in soil. *Functional Ecology*. 7: 236-241.
- Wang J, Wang XY, Pan W, Li JY, Xue L, Li S. 2022. Seed germination traits and dormancy classification of 27 species from a degraded karst mountain in central Yunnan-Guizhou Plateau: seed mass and moisture content correlate with germination capacity. *Plant Biology*. 24: 1043-1056.
- Willis CG, Baskin CC, Baskin JM, Auld JR, Venable DL, Cavender-Bares J, *et al.* 2014. The evolution of seed dormancy: environmental cues, evolutionary hubs, and diversification of the seed plants. *New Phytologist*. 203: 300-309.