



## Dormancia y germinación en semillas de árboles y arbustos de Cuba: implicaciones para la restauración ecológica

Dormancy and germination in tree and shrub seeds of Cuba:  
implications for ecological restoration

Jorge A. Sánchez<sup>1\*</sup>, Mayté Pernús<sup>1</sup>, Yamir Torres-Arias<sup>1</sup>, Duniel Barrios<sup>2</sup> y Yilian Dupuig<sup>1</sup>

### RESUMEN

El conocimiento de los mecanismos de germinación de las plantas silvestres es básico para entender procesos de regeneración de las comunidades vegetales y tener éxito en proyectos de restauración forestal y acciones de conservación. Sin embargo, muy poco se conoce sobre la biología de la semilla de las plantas tropicales, particularmente para la región del Caribe. De esta realidad Cuba no escapa; y consecuentemente, la información que existe sobre mecanismos de germinación es muy escasa. En la presente contribución se revisó el estado del arte de la biología de la semilla en las plantas nativas de Cuba, con énfasis en las clases de dormancia y rasgos de germinación de árboles. Se brinda información sobre clases de dormancia seminal, requerimientos de germinación y tratamientos pregerminativos óptimos para 254 especies nativas (246 árboles y ocho arbustos) de interés en ecosistemas naturales y agroforestales. La clase de dormancia fisiológica fue la más común en la mayoría de las especies estudiadas (44%) y la germinación se favoreció con la alternancia de la temperatura del sustrato (25/30°C ó 25/35°C). También se ofrece información de cómo la filogenia (familia botánica) y rasgos de historia de vida de las plantas (estrategias de regeneración, forma de vida, tamaño de la semilla, tiempo y modo de dispersión) se relacionan con la dormancia. Este último conocimiento en combinación con la identificación de la clase dormancia y los requerimientos germinativos por especie permiten acceder a protocolos óptimos de germinación para el empleo de nuevas especies nativas en programas de restauración y conservación.

**Palabras clave:** árboles pioneros, clases de dormancia, ecología de la germinación, restauración, semillas del Caribe

### ABSTRACT

Knowledge of the germination mechanisms of wild plants is essential to understand regeneration processes of plant communities and succeed in forest restoration projects and conservation actions. However, very little is known on the seed biology of many tropical trees, particularly for the Caribbean region. From this reality, Cuba does not escape; and consequently, the information that exists on germination mechanisms is very scarce. In this contribution, the state of the art of seed biology in plants native to Cuba was reviewed, with emphasis on dormancy classes and germination traits of tree seeds. Information on seed dormancy, germination requirements and optimal pregermination treatments for 254 native species (246 trees and 8 shrubs) of interest in natural and agroforestry ecosystems was provide. The physiological dormancy class was the most common in most of the species studied (44%) and germination was favored by alternating substrate temperature (25/30°C or 25/35°C). Information is also given on how the phylogeny (botanical family) and life history traits of plants (regeneration strategies, life form, seed size, dispersion mode and time) are related to seed dormancy. This last knowledge in combination with the identification of the dormancy class and germination requirements by species allow access to optimal germination protocols for the use of new native plants in restoration programs and conservation.

**Keywords:** Caribbean seeds, dormancy classes, germination ecology, restoration, tree pioneers

\*Autor para Correspondencia:  
jasanchez@ecologia.cu

<sup>1</sup>Instituto de Ecología y Sistemática,  
Ministerio de Ciencia, Tecnología  
y Medio Ambiente, Carretera  
de Varona 11835 e/ Oriente y  
Líndero, Boyeros, La Habana 19,  
C.P. 11900, Cuba.

<sup>2</sup>Jardín Botánico Nacional,  
Universidad de La Habana, Cuba.

Recibido: 04/05/2019  
Aceptado: 11/09/2019

Jorge A. Sánchez  
<http://orcid.org/0000-0002-3504-5941>

Mayté Pernús  
<http://orcid.org/0000-0003-1554-0328>

Yamir Torres-Arias  
<http://orcid.org/0000-0002-7118-8608>

Duniel Barrios  
<http://orcid.org/0000-0003-0972-9263>

## INTRODUCCIÓN

En América Central y el Caribe los suelos que sostienen las formaciones boscosas continúan disminuyendo, con la consiguiente pérdida de la biodiversidad y de los servicios ecosistémicos (FAO, 2011); siendo las causas fundamentales de la deforestación, el cambio de uso de la tierra (para fines agrícolas, la siembra de pastos, etc.) y la acelerada urbanización. También, diversas publicaciones resaltan la vulnerabilidad de los ecosistemas naturales a las especies exóticas invasoras y a los efectos adversos del cambio climático de origen antropogénico (CDB, 2012; IPCC, 2014). En particular, para los sistemas tropicales existen muy pocas contribuciones sobre los mecanismos de regeneración de las plantas nativas que pudieran facilitar acciones de restauración forestal. No obstante, valiosos aportes sobre la biología de la semilla se han obtenido en países de América Latina como Brasil, Costa Rica, México y Panamá (Baskin y Baskin, 2014). El conocimiento de los rasgos funcionales de las semillas no solo es relevante para realizar proyectos de restauración ecológica, sino que también es clave para entender los procesos de coexistencias de las especies, el impacto del cambio climático en la regeneración, la capacidad de tolerancia de las especies nativas a las invasiones vegetales y el ensamblaje de las comunidades (Willis *et al.*, 2014; Jiménez-Alfaro *et al.*, 2016; Gioria y Pyšek, 2017).

En particular para la región del Caribe, un punto caliente de la biodiversidad del planeta (Acevedo-Rodríguez y Strong, 2012), existe muy escasa información sobre los mecanismos de regeneración de las plantas nativas. En Cuba (la mayor isla del Caribe y con mayor biodiversidad), si bien se han realizado enormes esfuerzos para incrementar la superficie boscosa, esta voluntad no se corresponde con el saber acumulado sobre la biología de la semilla a nivel internacional y nacional (e.g., Baskin y Baskin, 2014; Sánchez *et al.*, 2015a, b). Esta problemática, sin dudas, compromete la permanencia del patrimonio vegetal cubano y el éxito de los programas de conservación y de restauración forestal, dado que existe muy poca información sobre su capacidad de regeneración (o propagación) bajo la variabilidad climática actual y en los posibles escenarios ambientales inducidos por el cambio climático. Incluso para Cuba, en ocasiones, las técnicas de propagación que se emplean en los viveros forestales son inadecuadas para acelerar y sincronizar la germinación.

Por su parte, la restauración con base al empleo de semillas sigue siendo el método más utilizado para recuperar la cobertura vegetal a nivel global (Larson y Funk, 2016; Ladouceur *et al.*, 2018), aun cuando la regeneración natural (espontánea) y la regeneración natural asistida (activa) han ganado gran

popularidad para restaurar grandes extensiones de tierra en el Neotrópico (Chazdon y Guariguata, 2016). Las razones para seguir propagando las especies por semillas son obvias: los costos económicos en los viveros no son tan elevados y se obtiene un gran número de plántulas robustas. Sin embargo, el problema comienza cuando se quiere aumentar el número de especies nativas a emplear en los proyectos de restauración ecológica tradicional o de regeneración natural asistida, pues para la gran mayoría de las semillas de las especies silvestres no se conocen sus clases de dormancia, requerimientos germinativos, métodos efectivos para incrementar la germinación y conducta de almacenamiento (Sautu *et al.*, 2006; 2007; Dayrell *et al.*, 2016; Sánchez *et al.*, 2018). También se conoce muy poco sobre las fuentes semilleras y los servicios que brindan las especies arbóreas al ecosistema (Meli *et al.*, 2014). Estos aspectos frenan el incremento de las plantas nativas a utilizar en los programas de reforestación y de restauración, aunque exista una voluntad estatal para ello. Cabe señalar, además, que la falta de conocimiento sobre atributos de semillas y metodologías de germinación en programas de restauración ecológica es un problema que concierne tanto a los países del tercer mundo como a los desarrollados (Silveira, 2013; Erickson *et al.*, 2017; Kildisheva *et al.*, 2019).

El presente trabajo tiene como principal objetivo realizar una revisión sobre el estado del arte de la biología de la semilla en plantas nativas de Cuba, con énfasis en rasgos de germinación de semillas de árboles cubanos. También se pretende acercar al lector al uso del sistema de clasificación de dormancia de las semillas como primer paso para entender y aplicar técnicas apropiadas de ruptura de la dormancia. Se brinda información sobre clases de dormancia seminal, requerimientos de germinación y tratamientos pregerminativos para 254 especies nativas cubanas. Igualmente se proponen las posibles clases de dormancia que pudieran presentar las familias botánicas a la que pertenecen los árboles cubanos. La información generada en la presente contribución, podrá ser empleada para crear protocolos óptimos para germinar nuevas especies nativas en programas de restauración ecológica de Cuba, así como en otros sistemas tropicales del Caribe y América Central.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Especies seleccionadas y área de estudio

La lista de plantas empleadas en la compilación sobre rasgos de germinación (**Anexo 1**) fue propuesta por el Grupo de Especialistas de Plantas del Instituto de Ecología y Sistemática (IES) de Cuba ([www.ecosis.cu](http://www.ecosis.cu)) para la restauración ecológica o reforestación de sitios degradados. La nomenclatura taxonómica de las plantas estudiadas se estableció según

Sánchez *et al.*: Mecanismos de germinación de plantas cubanas

Greuter y Rankin (2017). Esta lista contiene 254 especies nativas de usos múltiples (246 árboles y ocho arbustos), pertenecientes a 160 géneros de 61 familias que incluyen 90 endemismos cubanos. Con relación al número estimado más reciente de árboles para Cuba estos datos constituyen un 18.2% del total de árboles informados (1353) y un 60.6% con relación a la cantidad de familias (99) (Botanic Garden Conservation International, 2019). Sin embargo, el porcentaje de árboles estudiados debe ser superior dado que la lista propuesta por *Botanic Garden Conservation International* (2019) presenta un gran número de arbustos como árboles. La clasificación en forma de vida (i.e., árboles o arbustos) se realizó siguiendo el criterio de Bisse (1988), y con relación a las estrategias de regeneración propuestas por Herrera-Peraza *et al.* (2016), 23 especies arbóreas fueron reconocidas como pioneras. Las especies investigadas ocupan diversas formaciones vegetales por toda Cuba, pero de manera general pueden agruparse en bosques, matorrales y vegetación secundaria (Capote y Berazaín, 1984). El clima en el archipiélago cubano es tropical, con una distribución estacional de las precipitaciones, y la temporada de lluvias se extiende de mayo a octubre y la menos lluviosa de noviembre a abril. El régimen de precipitaciones alcanza un promedio de 1375 mm al año, pero su distribución espacial no es homogénea, y los registros de la temperatura máxima media están entre los 27°C y 32°C y la temperatura mínima media entre los 17°C y 23°C (Borhidi, 1996; Planos *et al.*, 2013). Por último, Cuba al igual que otras regiones del Caribe, serán impactadas fuertemente por los efectos del cambio climático, se pronostica el incremento de la temperatura media anual, la intensificación y expansión de la sequía, el ascenso del nivel del mar y el incremento en la frecuencia e intensidad de los huracanes (Planos *et al.*, 2013; IPCC, 2014).

### Compilación de rasgos de germinación

Se revisaron todas las publicaciones científicas seriadas de Cuba donde podrían aparecer contribuciones sobre la biología de la semilla o mecanismos de regeneración. También para la indagación en las clases de dormancia se realizaron revisiones por el Google Académico (<https://scholar.google.com>) y en la obra publicada por Baskin y Baskin (2014), que es la monografía global más completa y actualizada sobre clases de dormancia de las semillas. En caso de no existir información para una especie en particular, la asignación de la clase de dormancia se realizó siguiendo la propuesta para el género; y en último caso, si no existió para el género se asignó la informada con mayor frecuencia para la familia botánica (Willis *et al.*, 2014). Esta metodología se empleó debido a que la clase de dormancia es un rasgo filogenético altamente conservado; por tanto, la información correspondiente a niveles taxonómicos superiores puede ser empleada para identificar clases de dormancia a

nivel de especie (Baskin y Baskin, 2003; 2014; Finch-Savage y Leubner-Metzger, 2006; Kos *et al.*, 2012; Willis *et al.*, 2014). Para definir las clases de dormancia, se utilizó además la información disponible sobre tipos de embriones y otras características morfológicas de las semillas (e.g., permeabilidad de cubiertas, contenido de humedad inicial, distribución de biomasa seminal a cubiertas) tal como se recomienda por diversos autores (Baskin *et al.*, 2000; Baskin y Baskin, 2005a; Montejo *et al.*, 2014). Igualmente, para muchas especies se emplearon datos germinación no publicados del Grupo de Semillas del IES. Los tratamientos pregerminativos para las especies se asignaron con base a ensayos de laboratorio, o bien por las características de la unidad de dispersión (frutos/semillas) de cada especie o género.

## DESARROLLO DEL TEMA

### Estado del conocimiento de la biología de la semilla

Los primeros resultados relevantes sobre el tema de biología de la semilla en Cuba se ofrecen en el Manual de Semillas Forestales creado por un colectivo de autores de la Facultad de Ingeniería Forestal de la provincia de Pinar del Río (Anónimo, 1983) y en la obra de Betancourt (1987) "Silvicultura especial de árboles maderables tropicales". En ambas contribuciones se aportan numerosos elementos sobre aspectos prácticos de las semillas, fundamentalmente aquellos relacionados con la fenología de producción de frutos, recolección y manipulación de las semillas, reproducción en vivero, etc. Estas compilaciones incluyen gran número de especies procedentes de familias botánicas típicas del Caribe y especies exóticas; pero la información que abordan sobre mecanismos de regeneración es muy pobre y en muchos casos muy descriptiva (i.e., no respaldada por evidencias experimentales). Esto implica que dichas compilaciones presentan múltiples errores en aspectos biológicos y prácticos del manejo de las semillas; además, aportan muy poca información sobre los endemismos cubanos, tal como evidencian Sánchez *et al.* (2011, 2015a, b) en revisiones sobre la germinación de las plantas nativas cubanas.

De acuerdo a lo anterior, se puede asegurar que la información sobre biología de la semilla que existía en Cuba hasta finales del siglo pasado, se concentra en unas pocas especies nativas de interés para plantaciones forestales. De hecho, para las 61 especies nativas que están protegidas por la Ley Forestal de Cuba (Álvarez *et al.*, 2006) existe un gran vacío de información sobre sus semillas y mecanismos de propagación. Téngase en cuenta que solo para 32 especies hay algo de información sobre sus semillas, y de 29 especies no se conoce cómo germinan; de este último grupo, 19 son endemismos cubanos. Esta situación es peor cuando se estima para Cuba entre 7000 y 7500 plantas

Sánchez *et al.*: Mecanismos de germinación de plantas cubanas

con flores con un 53% de endemismo (González-Torres *et al.*, 2016); donde muchos de los endemismos cubanos ocupan ecosistemas que están sometidos a condiciones extremas en cuanto a suelo y clima (Borhidi, 1996). De acuerdo a la información publicada, para la flora cubana hasta los inicios del presente siglo solo se conocían los mecanismos de germinación/dormancia de menos de 50 especies endémicas (Sánchez *et al.*, 2011; 2015a). Esto último implica que el conocimiento existente sobre la biología de la semilla de los endemismos cubanos no alcanza siquiera el 2% con relación al número total de plantas endémicas superiores.

En la actualidad esta situación ha mejorado ligeramente, pues ya se acumula información (la mayoría no publicada) en especies endémicas de familias como *Arecaceae* y *Cactaceae* (ver por e.g., Barrios *et al.*, 2015; Pernús y Sánchez, 2017; García-Beltrán *et al.*, 2017), y en otras familias botánicas de formaciones vegetales con gran número de endemismos, como son las serpentinas, los bosques semidecíduos y los bosques húmedos (ver por e.g., Ferrandis *et al.*, 2011; López *et al.*, 2016; Sánchez *et al.*, 2017; Pernús *et al.*, 2018); pero aún el total de plantas endémicas estudiadas no alcanza las 100 especies. Una cantidad un poco superior a los endemismos se ha estudiado para aquellas especies nativas no endémicas del occidente de Cuba (Faife-Cabrera y Toledo Reina, 2007; Sánchez *et al.*, 2009a, b; 2015b; 2018; Montejo *et al.*, 2014; 2015; Pernús y Sánchez, 2016). Sin embargo, en general, muchas de estas especies no se han incorporado a los planes de producción de plántulas de los sistemas forestales. Esto probablemente se deba a la falta de divulgación de los resultados en el medio rural o agronómico, o bien por la limitación en la fuente de semillas o de técnicas de tratamientos pregerminativos que sean eficientes a un gran número de semillas.

En el Manual de Semillas Forestales cubano se ofrece información de 122 especies forestales (77 nativas y 45 exóticas) (Anónimo, 1983) y en el más reciente Manual de Vivero cubano se recomiendan solo 43 especies para propagar en los sistemas forestales, que incluye nativas y exóticas (Grá *et al.*, 2003); pero la realidad actual es que las generalidades de los viveros forestales emplean menos de 20 especies, entre ellas exóticas. Por su parte, para realizar la siembra de las semillas en condiciones de vivero, la mayoría de las empresas forestales cubanas utilizan semillas certificadas y en menor cuantía, se recolectan semillas de sitios cercanos al área del vivero. Esto podría afectar la diversidad genética y funcional del área a reforestar o repoblar; y, por consiguiente, incrementa la fragilidad del nuevo ecosistema a las especies exóticas invasoras (Seglías *et al.*, 2018). Como agravante a este escenario, también se presenta que no todas las especies empleadas por

los viveros en Cuba son las más adecuadas para restaurar todos los sitios del país (Capote *et al.*, 2011; Sánchez *et al.*, 2011). En el archipiélago de Cuba aparece una gran diversidad de ambientes abióticos (tipos de suelos, climas, etc.) que requieren ensamblajes particulares de especies (Borhidi, 1996), por lo que el empleo de una mezcla o matriz única de especies no será eficiente para reforestar o rehabilitar.

En este sentido, Herrera-Peraza *et al.* (2016) proponen 221 especies arbóreas útiles para restaurar ecosistemas secos y húmedos, que también pudieran utilizarse en la restauración de un mayor número de ecosistemas cubanos. Sin embargo, para este pequeño grupo de especies apenas existe información sobre biología de la semilla. De este modo, queda bien establecido que es necesario incrementar los estudios de ecofisiología de la germinación para aumentar la disponibilidad de plantas nativas potencialmente útiles en proyectos de reforestación, rehabilitación o restauración. En este camino, resulta interesante mencionar que recientemente se han realizado manuales o publicaciones que contienen información de un gran número de plantas nativas cubanas que podrían contribuir a la restauración de sitios específicos dentro del archipiélago cubano (Muñoz *et al.*, 2012a; Sánchez *et al.*, 2018; Torres-Arias *et al.*, 2019), pero también existe un manual o guía técnica para facilitar la propagación por semillas de 10 especies arbóreas pioneras (árboles nodrizas para la reforestación o restauración sucesional) que se distribuyen por gran parte de Cuba y en el resto del Neotrópico (Muñoz *et al.*, 2012b). Este último manual, ha tenido una gran divulgación en el medio académico, forestal y productivo cubano, y también aparece disponible en internet (<https://repositorio.geotech.cu>).

**Conocer más de semillas para reforestar mejor**

Comprender la biología de la semilla es el paso previo para poder establecer protocolos óptimos de germinación que permitan propagar o domesticar las especies nativas. Este proceso biológico como ya se comentó apenas se conoce para especies tropicales, ni tan siquiera para muchas de interés económico que son ampliamente explotadas. Por consiguiente, para muchos investigadores este es el principal obstáculo para introducir nuevas especies nativas en los planes de reforestación y restauración ecológica (Merritt *et al.*, 2007; Sánchez *et al.*, 2015a; Larson y Funk, 2016). En el caso de muchos países tropicales, esta problemática es mayor por la falta de recursos materiales que existe y el gran número de especies vegetales que muestran una amplia diversidad de frutos o semillas con múltiples estrategias de regeneración o mecanismos de adaptación de las plantas (Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia, 1994). Sin embargo, esta variabilidad seminal para algunas especies tropicales no constituye un impedimento para su

Sánchez *et al.*: Mecanismos de germinación de plantas cubanas

reproducción en condiciones artificiales, pues germinan muy rápido (no presentan dormancia seminal). Aunque también se conoce que muchas especies arbóreas y arbustivas tienen mecanismos de germinación que aún no han podido ser domesticados por su complejidad (diferentes mecanismos de dormancia y longevidad seminal); lo cual dificulta su propagación por semillas, en específico para programas de conservación y reforestación.

Esta última situación es particularmente importante para aquellas especies silvestres que se encuentran en ambientes extremos o con algún grado de amenaza, pues por lo general dichas especies proceden de poblaciones pequeñas con individuos que producen pocas semillas y con baja viabilidad o vigor (Meli *et al.*, 2014; Barrett-Lennard *et al.*, 2016; Dayrell *et al.*, 2016). En estas condiciones se encuentran también muchas plantas con ciclos de vida especializados que presentan complejos mecanismos de germinación para su domesticación, como son semillas de plantas acuáticas, parásitas y orquídeas (Baskin y Baskin, 2014).

En condiciones de vivero o semicontroladas, muchas son las causas que pueden impedir o retardar la germinación, entre ellas se destacan: las características propias o inherentes de las semillas (dormancia seminal) y las condiciones ambientales durante la siembra (temperatura, humedad, iluminación, etc.). Pero también estos mismos factores ambientales y su interacción con los biológicos pueden afectar la germinación y el establecimiento de las plántulas (Finch-Savage y Bassel, 2015; Mitchell *et al.*, 2017). Por tanto, estamos frente a un problema complejo; que se agudiza, solo por no conocer la biología de la semilla, en particular aspectos sobre mecanismos de dormancia y requerimientos germinativos, que afectará tanto la producción de plántulas robustas, como el coste del vivero. El conocimiento de los mecanismos de germinación nos permitirá estar en mejores condiciones para manipular tanto las especies cultivadas, como las silvestres (Mitchell *et al.*, 2017).

### Dormancia de las semillas

La dormancia seminal posiblemente sea el rasgo o característica interna de la semilla que tenga mayor influencia sobre la propagación de las plantas en condiciones de vivero o durante su domesticación (Baskin y Baskin, 2005a; 2014; Kildisheva *et al.*, 2019). Esta característica adaptativa está presente en cerca del 70% de las plantas con semillas (Baskin y Baskin, 2014); pero se conoce muy poco para las plantas silvestres, en particular para aquellas procedentes de ecosistemas tropicales. Aunque es válido aclarar que no siempre la dormancia es la responsable de la no germinación.

Por ejemplo, la presencia de semillas vanas, la latencia seminal y la dormancia secundaria también pueden afectar la germinación (Baskin y Baskin, 2005a).

Se considera que una semilla se encuentra en estado dormante cuando por razones inherentes a su desarrollo morfológico, composición y estructura de sus cubiertas, la existencia de mecanismos fisiológicos inhibitorios, o la combinación de más de uno de estos factores, determinan que el proceso de germinación no ocurra a pesar de que las condiciones físicas del medio: humedad, temperatura, iluminación, etc., sean óptimas para ello (Nikolaeva, 1977; Baskin y Baskin, 2014). Este estado también se conoce como dormancia innata o primaria de las semillas. De este modo, en los ensayos de germinación, una especie se considera con semillas dormantes si su germinación comienza después de 28 días bajo condiciones óptimas para la germinación, si presenta semillas con embriones subdesarrollados o indiferenciados, o si presenta semillas o frutos con cubiertas impermeables al agua (Baskin y Baskin, 2004; 2014). Mientras, son consideradas semillas no dormantes aquellas con embriones completamente desarrollados y cubiertas permeables al agua que germinan en menos de 28 días.

Ahora bien, si se parte de que la función de la semilla es propiciar el establecimiento de una nueva plántula, entonces el bloqueo natural (o intrínseco) de la germinación por la propia semilla pudiera parecer inadecuado; sin embargo, su existencia entraña considerables beneficios para la supervivencia de la especie (Nikolaeva, 1977; 2004; Baskin y Baskin, 2014). El papel ecológico de la dormancia seminal es que permite distribuir o extender la germinación en el tiempo y el espacio, lo cual se logra a través de los diferentes grados (profundidad) y clases de dormancia que puede presentar una población de semillas.

En esencia la dormancia de las semillas permite evadir la incertidumbre del ambiente (condiciones adversas), y con esto determina (o condiciona) el tiempo de germinación solo cuando todas las condiciones ambientales sean óptimas para el establecimiento de las plántulas. De lo anterior, queda claro que este rasgo está bajo una fuerte presión de la selección natural para asegurar la máxima adecuación biológica de las especies y con ello minimizar riesgos en ambientes impredecibles (Willis *et al.*, 2014; Huang *et al.*, 2016). También la dormancia de la semilla 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).

### Clases de dormancia y tratamientos pregerminativos

Existen varias clasificaciones de dormancia de las semillas, algunas con un enfoque ecológico y otras más fisiológico; pero la propuesta por Baskin y Baskin (2004) es muy simple y práctica, y es la más empleada a nivel mundial. 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, 2014). Al mismo tiempo, reconocen a las clases, los niveles y los tipos como las categorías más importantes de este sistema de clasificación (Tabla 1), siendo la clase la categoría principal.

Dicho sistema de clasificación presenta cinco clases de dormancia: 1) la dormancia fisiológica (PD), que sucede en especies con semillas permeables al agua y embrión desarrollado, pero que germinan después de los 28 días; 2) la dormancia morfológica (MD), presente en semillas con embriones subdesarrollados o indiferenciados y germinan en menos de 28 días; 3) la dormancia morfofisiológica (MPD), que sucede en semillas con embriones subdesarrollados o indiferenciados y con dormancia fisiológica (requieren más de 28 días para iniciar la germinación); 4) la dormancia física (PY), que son semillas o frutos con cubiertas impermeables al agua, pero con embriones desarrollados y no dormantes, y 5) la dormancia combinada (PY + PD), que está presente en

semillas con embriones completamente desarrollados, pero que presentan cubiertas seminales (o del fruto) impermeables al agua y embriones con dormancia fisiológica. Las semillas que tienen dormancia combinada necesitan más de 28 días para germinar después de ser eliminada la PY. Por su parte, los niveles aportan información adicional sobre la dormancia *per se* (no profunda, intermedia y profunda), mientras que los diferentes tipos tratan sobre los tratamientos requeridos (i.e., temperaturas) para detener la dormancia y promover la germinación.

Para la identificación de las clases de dormancia seminal Baskin y Baskin (2003, 2014) también desarrollan una clave dicotómica que emplea información sobre el tiempo de germinación, el tamaño, forma y desarrollo del embrión, la permeabilidad al agua de la unidad de la dispersión (semillas/fruto) y el tiempo de emergencia del tallo (Tabla 2). De acuerdo con dichos autores, se considera que la semilla presenta embrión poco desarrollado cuando este es pequeño, pero tiene órganos diferenciados (i.e., radícula y cotiledones), y la relación entre el tamaño del embrión con respecto al largo total de la semilla (E:S) solo abarca una fracción ( $E:S \leq 0.5$ ). Estos embriones según su forma pueden ser rudimentarios, lineales o espatulados (Baskin y Baskin, 2007), aunque es válido aclarar que no todas las semillas con embriones pequeños (baja E:S)

**Tabla 1.** Clasificación jerárquica de la dormancia de las semillas según Baskin y Baskin (2014). Las abreviaturas de las clases de dormancia se corresponden con los acrónimos conocidos internacionalmente.

**Table 1.** Hierarchical classification of seed dormancy according to Baskin and Baskin (2014). Abbreviations of dormancy classes correspond to internationally known acronyms.

Clases	Niveles y Tipos
Dormancia Fisiológica (PD)	No profunda (tipos del 1 al 5)
	Intermedia (tipos 1 y 2)
	Profunda (tipos 1 y 2)
Dormancia Morfológica (MD)	No profunda del epicótilo (tipos del 1 al 3)
	Profunda del epicótilo (tipos del 1 al 4)
Dormancia Morfofisiológica (MPD)	Una sola categoría
Dormancia Física (PY)	No profunda simple (tipos 1 y 2)
	Intermedia simple
	Profunda simple
	No profunda simple del epicótilo (tipos del 1 al 4)
	Profunda simple doble (tipos 1 y 2)
	No profunda simple (tipos 1 y 2)
Dormancia Combinada (PY + PD)	No profunda compleja
	Intermedia compleja
	Profunda compleja
Dormancia Física (PY)	Probablemente requerirá ser subdividida
Dormancia Combinada (PY + PD)	No profunda (tipos 1 y 2)
	Intermedia (tipos 1 y 2)
	Profunda (tipos 1 y 2)

Sánchez *et al.*: Mecanismos de germinación de plantas cubanas

son subdesarrollados (Baskin y Baskin, 2005b), este deberá crecer antes que ocurra la emergencia de la radícula. Por su parte, se considera que un embrión es totalmente desarrollado cuando ocupa más del 50% de la cavidad seminal ( $E:S > 0.5$ ), o la totalidad de la semilla, y pueden ser de forma lineal, espatulado, invertido, doblado y plegado.

De igual forma, Baskin y Baskin (2014) señalan que es importante poder identificar un embrión rudimentario, lineal subdesarrollado o espatulado subdesarrollado, pues las semillas con uno de estos tres tipos de embriones podrían presentar MD o MPD. Por el contrario, las semillas no dormantes, o que tienen PD, PY o combinación PY+PD, pueden mostrar

**Tabla 2.** Clave dicotómica para la identificación de clases de dormancia (o carencia de dormancia) en semillas frescas según Baskin y Baskin (2014).

**Table 2.** A dichotomous key for the identification of dormancy classes (or lack of dormancy) in freshly seeds according to Baskin and Baskin (2014).

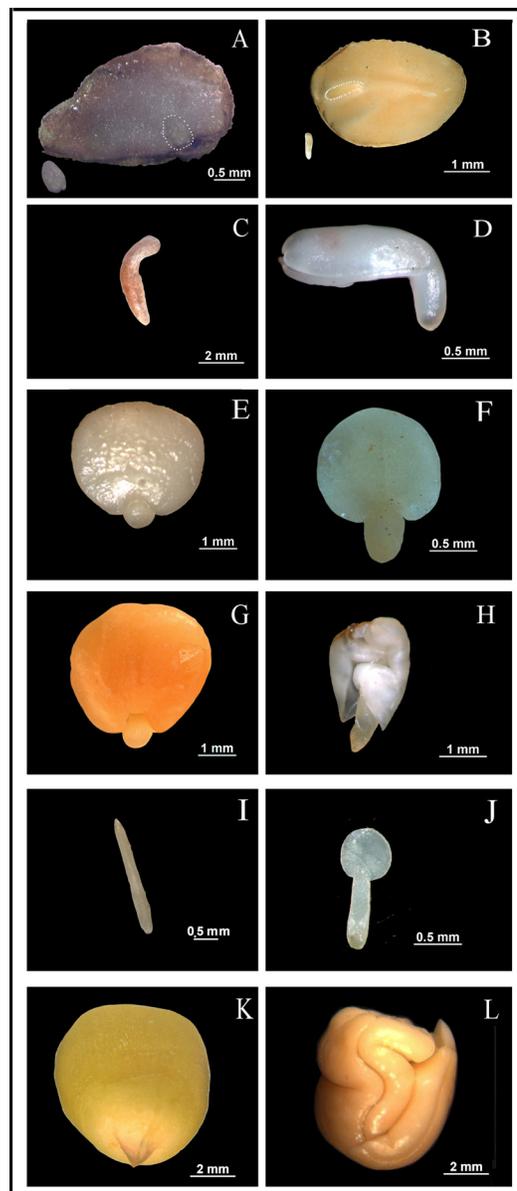
<b>1. EMBRIÓN DIFERENCIADO Y COMPLETAMENTE DESARROLLADO.....2</b>	
2. Las semillas imbiben agua.....3	
3. La emergencia de la radícula ocurre en menos de 4 semanas.....4	
4. Luego de la emergencia de la radícula, la emergencia de la plántula ocurre en unos pocos días.....	SIN DORMANCIA
4. Luego de la emergencia de la radícula, la emergencia de la plántula demora de 3 a 4 semanas o más.....	DORMANCIA FISIOLÓGICA DEL EPICOTILO
3. La emergencia de la radícula requiere más de 4 semanas.....5	
5. Luego de la emergencia de la radícula, la emergencia de la plántula ocurre en unos pocos días.....	DORMANCIA FISIOLÓGICA REGULAR
5. Luego de la emergencia de la radícula, la emergencia de la plántula demora de 3 a 4 semanas o más.....	DORMANCIA FISIOLÓGICA DEL EPICOTILO
2. Las semillas no imbiben agua.....6	
6. Las semillas escarificadas comienzan rápidamente a imbibir agua (usualmente en 1 día) y germinan en menos de 4 semanas.....	DORMANCIA FÍSICA
6. Las semillas escarificadas comienzan rápidamente a imbibir agua (usualmente en 1 día) pero no germinan en menos de 4 semanas.....	DORMANCIA COMBINADA (FÍSICA + FISIOLÓGICA)
<b>1. EMBRIÓN INDIFERENCIADO Y SI ES DIFERENCIADO ESTÁ POCO DESARROLLADO 7</b>	
7. Embrión no diferenciado.....8	
8. Luego de la dispersión de la semilla, el embrión se diferencia y crece.....9	
9. Las semillas germinan en menos de 4 semanas.....	DORMANCIA MORFOLÓGICA
9. Las semillas no germinan en menos de 4 semanas.....	DORMANCIA MORFOFISIOLÓGICA
8. Luego de la dispersión de la semilla, el embrión nunca se diferencia.....10	
10. Las semillas germinan en menos de 4 semanas.....	DORMANCIA MORFOLÓGICA ESPECIALIZADA
10. Las semillas no germinan en menos de 4 semanas.....	DORMANCIA MORFOFISIOLÓGICA ESPECIALIZADA
7. Embrión diferenciado pero poco desarrollado.....11	
11. Después de que la semilla es plantada en un sustrato húmedo, el embrión crece y las semillas germinan en menos de 4 semanas.....	DORMANCIA MORFOLÓGICA
11. Después de que la semilla es plantada en un sustrato húmedo, el embrión no crece y las semillas no germinan en menos de 4 semanas.....	DORMANCIA MORFOFISIOLÓGICA

Sánchez *et al.*: Mecanismos de germinación de plantas cubanas

embriones desarrollados de tipo lineal, espatulado, doblado, inverso y plegado. En total se han referido 12 tipos de embriones por Baskin y Baskin (2007) y para Cuba se describen los ocho tipos ya mencionados en un estudio que incluye 85 especies nativas de árboles, arbustos y trepadoras de un bosque siempreverde estacional del occidente (Fig. 1) (Montejo *et al.*, 2014); aunque también existe información sobre rasgos de semillas y tipos de embriones para más de 100 especies nativas de diferentes ecosistemas y familias botánicas (J.A. Sánchez *et al.*, datos no publicados).

En correspondencia con la anterior, la PD se debe a la inhibición fisiológica del embrión, es decir, el embrión no tiene suficientes fuerzas para atravesar las paredes de las cubiertas de la semilla/fruto o del endospermo. En este sentido, se han propuesto diversas causas que pueden provocar que las estructuras de coberturas del embrión impidan la germinación. Entre ellas se destacan procesos que reducen la velocidad de imbibición, que restringen el movimiento de oxígeno, la presencia de inhibidores, las barreras físicas para el crecimiento del embrión, los cambios en las estructuras de cubiertas del embrión y las interacciones que se producen entre el embrión y las estructuras de cubiertas (Baskin y Baskin, 2014). En las semillas con PY la impermeabilidad de las cubiertas se debe a la presencia de una o más capas de células lignificadas o suberizadas en el parénquima empalizada (Baskin *et al.*, 2000). Por último, en las semillas con MD o MPD en el momento de la dispersión (o máxima maduración del fruto), el embrión puede estar en tres condiciones: 1) diferenciado, tiene radícula y cotiledón (es) pero es subdesarrollado, debe crecer antes de la emergencia de la radícula; 2) indiferenciado pero posteriormente se diferencia, aunque todavía está subdesarrollado y debe crecer antes de la aparición de la radícula, y 3) embrión indiferenciado que nunca se diferencia en un eje embrionario hipocótilo-radícula *per se*. Los dos primeros casos se presentan en semillas con embriones subdesarrollados de tipos lineales, rudimentarios y espatulados como ya se definió (Baskin y Baskin, 2005b). En cambio, en el último caso el polo del embrión se alarga para finalmente emerger de las semillas. Este mecanismo de germinación ocurre en plantas con ciclos de vida especializados, como son las parasitarias y las orquídeas, que pueden producir plántulas a partir de embriones indiferenciados con dormancia morfológica o morfofisiológica especializada (Baskin y Baskin, 2007).

Cabe destacar que en un mismo lote de semillas puede existir una o varias clases de dormancia, como sucede en *Talipariti elatum*, donde aparecen semillas no dormantes (ND), con PY y semillas con PD (Sánchez *et al.*, 2009a). También la profundidad de la dormancia (nivel) puede cambiar dentro de cada clase,



**Figura 1.** Tipo de embriones en semillas maduras de un bosque siempreverde tropical: (A) *Dendropanax arboreus* (embrión rudimentario), (B) *Schoepfia didyma* (lineal subdesarrollado), (C) *Ardisia dentata* (lineal desarrollado), (D) *Ficus maxima* (doblado), (E) *Zanthoxylum martinicense* (espatulado), (F) *Alchornea latifolia* (espatulado), (G) *Colubrina arborescens* (inverso), (H) *Guazuma ulmifolia* (plegado), (I) *Chromolaena odorata* (lineal desarrollado), (J) *Cestrum citrifolium* (espatulado), (K) *Cupania americana* (doblado), (L) *Allophylus cominia* (plegado). Las líneas blancas continuas que aparecen en las figuras A y B representan la zona donde se ubica el embrión.

**Figure 1.** Types of embryos in mature seeds of a tropical evergreen forest: (A) *Dendropanax arboreus* (rudimentary embryo), (B) *Schoepfia didyma* (underdeveloped linear), (C) *Ardisia dentata* (developed linear), (D) *Ficus maxima* (bent), (E) *Zanthoxylum martinicense* (spatulate), (F) *Alchornea latifolia* (spatulate), (G) *Colubrina arborescens* (inverting), (H) *Guazuma ulmifolia* (folded), (I) *Chromolaena odorata* (developed linear), (J) *Cestrum citrifolium* (spatulate), (K) *Cupania americana* (bent), and (L) *Allophylus cominia* (folded). The solid white line of the figure A and B represents the zone where the embryo is located.

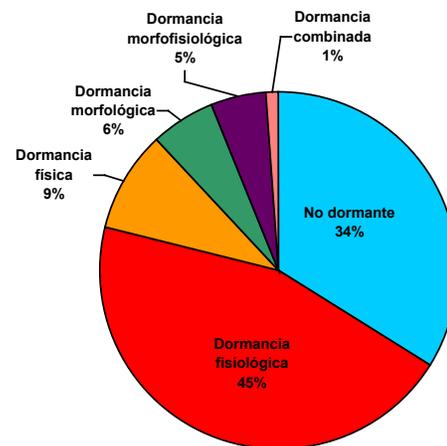
Sánchez *et al.*: Mecanismos de germinación de plantas cubanas

dependiendo de las condiciones ambientales a las que están expuestas las plantas madres durante el desarrollo de las semillas o diásporas (Baskin y Baskin, 2004; Nikolaeva, 2004). De este modo, la frecuencia de aparición de la dormancia puede ser muy variable, particularmente como ocurre en semillas con PY (Jaganathan, 2016), o bien en semillas con dormancia cíclica; esta última condicionada en función de las señales ambientales que perciben las semillas y solo aparece en semillas con PD no profunda o con MPD no profunda simple (Baskin y Baskin, 2014). En Cuba, los efectos de la procedencia o del ambiente de las plantas madres sobre los mecanismos de germinación se han estudiado muy poco (aunque ver, Álvarez, 1984; Montejo *et al.*, 2005; Pernús y Sánchez, 2016). No obstante, ya se han descubierto casos interesantes como el que se muestra en semillas frescas de *Caesalpinia cubensis* (Fabaceae) procedentes de un bosque húmedo del occidente de Cuba y otra de un bosque seco del oriente del país. En la primera procedencia se presentan semillas sin dormancia (Sánchez *et al.*, 2009a); sin embargo, en la del sitio seco se encontró el lote de semillas con PY (J. A. Sánchez *et al.*, datos no publicados).

Por su parte, el término dormancia del epicótilo se emplea para describir la dormancia de las semillas en especies donde la emergencia del tallo ocurre después de tres o cuatro semanas de la emergencia de la radícula. Aparece en semillas con PD y MPD (Tabla 1), que por lo general también tienen alto contenido de humedad. Se ha informado en pocas especies tropicales, pero se reporta en miembros de las familias Clusiaceae, Myristicaceae, Olacaceae y Rubiaceae (Baskin y Baskin, 2014; Athugala *et al.*, 2016). En nuestro país, se ha encontrado en semillas del género *Calophyllum* y posiblemente también aparezca en especies del género *Garcinia* (J.A. Sánchez, datos no publicados).

En Cuba, las familias botánicas a las cuales pertenecen la mayoría de los árboles nativos (Arecaceae, Bignoniaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Myrtaceae y Rubiaceae) pueden presentar semillas sin dormancia, o bien con dormancia de todas las clases referidas (Sánchez *et al.*, 2011). Sin embargo, se reconoce que la PD es la más común en todas las regiones del mundo (Baskin y Baskin, 2014; Willis *et al.*, 2014), y está presente en todos los tipos de vegetación y formas de vida (árboles, arbustos, enredaderas y hierbas), en angiospermas y en gimnospermas. A nivel mundial las semillas con PD se encuentran en el 75% de las familias botánicas que se han estudiado con relación a la presencia o no de dormancia (Baskin y Baskin, 2014; Willis *et al.*, 2014), y es típica de ecosistemas estacionales. Por consiguiente, debe ser la que tenga mayor presencia en el territorio cubano, dado también

la ocurrencia y preponderancia de la estacionalidad climática. De hecho, diversos estudios en diferentes tipos de vegetación ya indican la máxima presencia de esta clase de dormancia en la flora cubana cuando se analiza a escala regional (Sánchez *et al.*, 2009a; 2011; 2015a; 2018); y también aparece una gran proporción de semillas con PD (45%) (Fig. 2) para un estudio a nivel de comunidad en más de 90 especies (Sánchez *et al.*, 2012; 2015b).



**Figura 2.** Clases de dormancia de semillas para árboles, arbustos y trepadoras de un bosque siempreverde tropical del occidente de Cuba.

**Figure 2.** Seed dormancy classes for trees, shrubs and climbers of a tropical evergreen forest in western Cuba.

Estos resultados igualmente coincidieron cuando se determinaron las clases de dormancia/no dormancia de 254 especies nativas cubanas (Anexo 1). En donde aparecieron, 113 (44%) especies con semillas con PD, 82 (32.9%) especies con semillas ND, 36 (14.3%) especies con MD o MPD, 20 (7.8%) especies con PY y solo tres especies (1.1%) con semillas con dormancia combinada (PY y PD) o presente en un mismo lote semillas con PY o PD. Un comportamiento similar se obtuvo para los 90 endémicos, que se presentaron en la compilación, en los cuales se destacaron 41 especies (45.5%) con PD y un total de 68 (76.1%) especies con dormancia. También en una exploración hecha para las 99 familias botánicas a la que pertenecen los árboles cubanos mostró que la clase de PD fue la que apareció con mayor frecuencia en 55 (58.5%) familias de las 94 para las que mostraron información (Anexo 2) conforme a la compilación presentada por Willis *et al.* (2014) y Baskin y Baskin (2014) para más de 14 000 especies de 318 familias de plantas con semillas a nivel global. En este grupo además aparecieron con alta frecuencia de aparición, 16 familias con semillas ND, 22 con MD o MPD, 11 con PY y solo cuatro con dormancia combinada. No existió resultado sobre posible clase

Sánchez *et al.*: Mecanismos de germinación de plantas cubanas

de dormancia para cinco familias (Cyrillaceae, Schlegeliaceae, Schoepfiaceae, Tapisciaceae y Viburnaceae) con muy pocas especies arbóreas en Cuba.

Por otro lado, el alto número de especies con semillas dormantes encontrado, particularmente en los endemismos, apoya la hipótesis de que la dormancia es un rasgo adaptativo que regula la germinación en ambientes muy variables o extremos (Jurado y Flores, 2005; Baskin y Baskin, 2014; Commander *et al.*, 2017). De hecho, según Borhidi (1996) la mayoría de los endemismos cubanos están adaptados a condiciones ecológicas extremas, como son la sequía climática y otras condiciones oligotróficas. También se conoce que la dormancia de las semillas es un rasgo ventajoso en entornos temporalmente predecibles o estacionales con alta competencia (Volis y Bohrer, 2013); por consiguiente, deberá ser un rasgo que aparezca con alta frecuencia en las plantas con semillas de Cuba, dado posiblemente a la estacionalidad de su clima (Borhidi, 1996; Planos *et al.*, 2013). Incluso ya se conoce que la dormancia de las semillas es clave para el establecimiento de las plántulas para aquellas especies que dispersan sus semillas en la llamada época de lluvias, tal como se evidencia para muchas especies arbóreas de bosques semidecíduos o siempreverdes estacionales de Panamá y Cuba, respectivamente (Sautu *et al.*, 2007; Sánchez *et al.*, 2012).

A nivel mundial, las clases de PD y PY son las más frecuentes en especies empleadas en los viveros para la reforestación y restauración ecológica (Baskin y Baskin, 2005a). En consecuencia, existe una gran variedad de tratamientos pregerminativos que eliminan ambos mecanismos de dormancia, y también aceleran y sincronizan la germinación. Entre los tratamientos pregerminativos más utilizados y efectivos se destacan los de escarificación de cubiertas con ácido sulfúrico y agua hirviendo, y los de escarificación mecánica total o parcial de las cubiertas seminales o del fruto (**Anexo 1**). Pero también se emplean con éxito choques térmicos, alternancia de temperaturas y soluciones con fitohormonas (fundamentalmente con ácido giberélico, AG<sub>3</sub>). Los tratamientos de escarificación de cubiertas igualmente son adecuados para eliminar dormancia combinada de nivel no profundo, pues eliminan al mismo tiempo el impedimento para la entrada de agua a las semillas y para la emergencia de la radícula.

Semillas con PD aparecen en Cuba en *Andira inermis*, *Ceiba pentandra*, *Cupania americana*, *Chrysobalanus icaco*, *Cordia dentata*, *Guettarda combsii*, *Matayba oppositifolia*, *Prunus occidentalis*, *Pseudolmedia spuria*, *Sideroxylon foetidissimum* y *Wallenia laurifolia*. Por su parte, la PY se encuentra en semillas de *Erythrina cubensis*,

*Guaizuma ulmifolia*, *Luehea speciosa*, *Lysiloma sabicu*, *Pseudosamanea cubana* y *Vachellia belairioides*. Esta última clase de dormancia es común para familias botánicas como Convolvulaceae, Fabaceae, Malvaceae, Rhamnaceae y Sapindaceae, y en total se ha informado para 18 familias botánicas, todas angiospermas. La PY se presenta en especies que ocupan ambientes secos, estacionales o extremos, y se identifican fácilmente mediante pruebas de imbibición. Cuando la hidratación de las semillas no es significativa o simplemente no se hidratan se dice que presentan PY (Baskin *et al.*, 2000). Actualmente se proponen dos niveles de PY (no profundo y profundo) en correspondencia con el contenido de humedad de la semilla en la dispersión, el tamaño de la semilla y el grosor de las cubiertas seminales (Jaganathan, 2016; Rodríguez-Junior *et al.*, 2018).

Las especies con dormancia combinada (PY + PD) no son tan abundantes, pues solo a nivel mundial se informa para siete familias (Anacardiaceae, Cucubitarceae, Fabaceae, Geraniaceae, Malvaceae, Rhamnaceae, y Sapindaceae), siendo la Rhamnaceae donde aparece el mayor número de especies con esta clase de dormancia (Baskin y Baskin, 2014; Willis *et al.*, 2014). En nuestra flora, se presenta en semillas de *Sapindus saponaria* (jaboncillo), pero es muy probable que aparezca en especies de sitios secos o con una marcada estacionalidad. Los tratamientos pregerminativos para eliminar dormancia combinada son aquellos que involucran la eliminación de la PY y al mismo tiempo la PD como ya se comentó (Baskin *et al.*, 2000). Aunque, algunos autores plantean que primero se debe eliminar la PY y después la PD, también se presentan especies en que primero se debe eliminar la PD (Baskin y Baskin, 2014).

Por su parte, los tratamientos pregerminativos adecuados para eliminar MD o MPD son los tratamientos de estratificación húmeda en arena, suelo o en cualquier soporte que brinde una adecuada humedad a las semillas. Estas clases de dormancia son típicas de especies de sitios húmedos; pero en menor frecuencia pueden aparecer en especies de sitios secos donde germinan en micrositios con cierta protección (Kos *et al.*, 2012). De ahí, que el tratamiento pregerminativo más empleado sea sencillamente sembrar o colocar las semillas en un sustrato con humedad y una temperatura adecuada (estratificación) para la germinación. La estratificación puede ser en caliente o en frío, o en una combinación de ambas temperaturas; pero en especies de sitios tropicales resulta muy útil temperaturas superiores a 20°C. Todo dependerá del momento del año en que las semillas llegan al suelo. Según Baskin y Baskin (2014), el secreto para romper la MPD es encontrar las condiciones ambientales que promuevan la ruptura de las dos clases de dormancia. Solo en algunas especies las mismas señales ambientales rompen la dormancia MD y la PD (Baskin y Baskin, 2014). Por tanto,

Sánchez *et al.*: Mecanismos de germinación de plantas cubanas

en especies con estas clases de dormancia se hará muy difícil encontrar un protocolo óptimo de germinación, y esto conllevará a la necesidad de mayor experimentación en busca de dichos tratamientos en condiciones de vivero.

Ejemplos de especies con MD aparecen en semillas de *Dendropanax arboreus* y *Schefflera morototoni*; y de semillas con MPD se encuentran en *Casasia clusijolia*, *Thrinax radiata* y *Oxandra lanceolata*. En semillas de *Ilex cassine* y *Coccothrinax crinita* aparece una porción del lote con MD y otra con MPD (Pernús y Sánchez, 2017). Este último comportamiento es típico de muchas especies (Anexo 1), y permite extender la germinación del lote en diferentes momentos. Semillas con MD y MPD son típicas en especies de familias como Annonaceae, Araliaceae y Olacaceae, y en semillas de las palmas (Arecaceae) (Baskin y Baskin, 2014).

De lo anteriormente comentado, queda bien establecido que el conocimiento de estas clases de dormancia es el primer paso para domesticar o propagar por semillas las plantas nativas en condiciones de vivero; para después, aplicar tratamientos pregerminativos convencionales que eliminen la dormancia y por último emplear técnicas avanzadas que mejoren la producción y el vigor de las plántulas (Fig. 3). Las dos primeras etapas de este esquema tecnológico se proponen a nivel internacional por varios autores entre los que se destacan Baskin y Baskin (2005a) y Merritt y Dixon (2011), y recientemente Madsen *et al.* (2016) y Kildisheva *et al.*



**Figura 3.** Esquema tecnológico de tres etapas de investigación para vencer limitaciones en el reclutamiento por semillas. Clases de dormancia: PY, dormancia física; PY + PD, dormancia combinada; PD, dormancia fisiológica; MP, dormancia morfológica, y MPD, dormancia morfofisiológica. Modificado de Kildisheva *et al.* (2019).

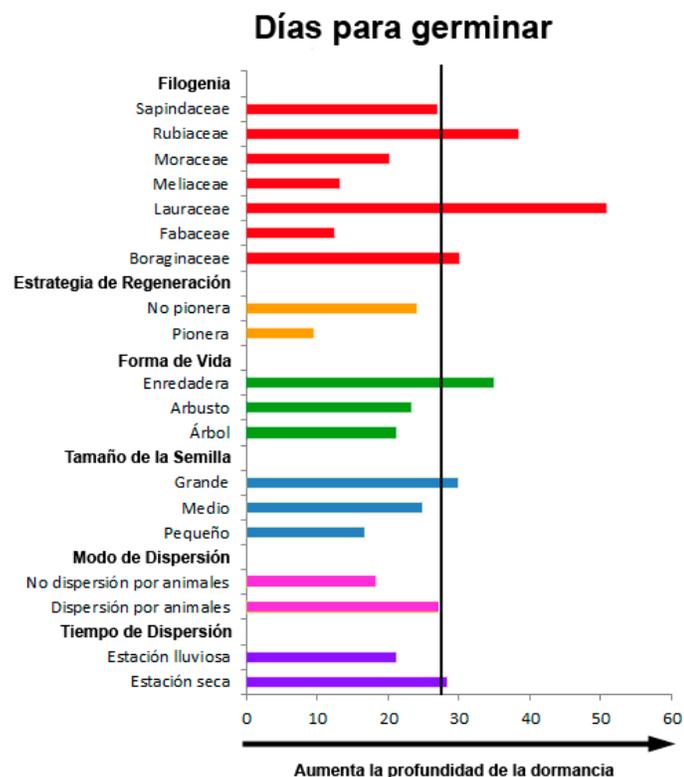
**Figure 3.** Technological scheme of three stages of research to overcome limitations in the recruitment by seeds. Dormancy classes: PY, physical dormancy; PY + PD, combined dormancy; PD, physiological dormancy; MP, morphological dormancy, and MPD, morphophysiological dormancy. Modified from Kildisheva *et al.* (2019).

(2019) adicionan una tercera etapa para mejorar la efectividad en proyectos de restauración. Sin embargo, en Cuba este esquema tecnológico se propone para semillas de especies de interés agroforestal desde hace más de una década (Sánchez *et al.*, 2004). De hecho, los tratamientos pregerminativos de hidratación-deshidratación de las semillas pueden eliminar dormancia (Sánchez *et al.*, 2001; Bewley *et al.*, 2013), y también perfeccionan el funcionamiento de semillas, plántulas y plantas de especies arbóreas pioneras (Sánchez *et al.*, 2003; 2006); por consiguiente, podrían incrementar el éxito en la restauración ecológica. Dichas técnicas ecológicas con semillas se emplean ampliamente en sistemas agrícolas de países desarrollados; pero muy poco en programas de reforestación o de rehabilitación de ecosistemas naturales a nivel mundial (Madsen *et al.*, 2016; Sánchez y Furrázola, 2018).

### Relaciones ecológicas de la dormancia

Se conoce que existe una relación muy cercana entre la filogenia y las clases de dormancia. La dormancia de las semillas es un rasgo filogenético altamente conservado (Finch-Savage y Leubner-Metzger, 2006; Baskin y Baskin, 2014; Willis *et al.*, 2014); lo que significa que cuando no se tiene conocimiento sobre la (s) clase (s) de dormancia que ocurre en una especie, se puede inferir con alta fiabilidad por la información disponible para el género, o bien para la familia. De ahí que especies de plantas con relaciones filogenéticas cercanas, presentan por lo general, similares rasgos ecofisiológicos en cuanto a tamaño seminal, conducta de germinación y clases de dormancia (Fig. 4); es decir, comparten nichos similares de germinación y de supervivencia (Baskin y Baskin, 2014; Wyse y Dickie, 2018). De este modo, conociendo la familia botánica de las especies que se va a trabajar se puede realizar un rápido diagnóstico de las posibles causas que podrían influir en la germinación en condiciones de vivero. Existen publicaciones científicas que relacionan las clases de dormancia con la filogenia; pero sin dudas la más relevante es la publicación realizada por los esposos Baskin en su libro “Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination” (Baskin y Baskin, 2014), donde aparece una compilación mundial sobre dormancia seminal en todos los tipos de vegetaciones y formas de vida.

Los rasgos de historia de vida de las plantas (estrategias de regeneración, forma de vida, tamaño de la semilla, tiempo y modo de dispersión) también se relacionan con la dormancia de las semillas de árboles tropicales (Sautu *et al.*, 2007; Sánchez *et al.*, 2012). Por ejemplo, árboles pioneros como *Muntingia calabura*, *Cecropia peltata*, *Ceiba pentandra*, *Trichospermum lessertianum* e *Talipariti elatum* inician la germinación como promedio en < 10 días; pero los no pioneros necesitan > 20 días (Fig. 4).



**Figura 4.** Tiempo de inicio de la germinación para especies de un bosque siempreverde tropical según la filogenia (familia botánica), la estrategia de regeneración, la forma de vida, el tamaño de la semilla, el modo de dispersión y el tiempo de dispersión. La línea vertical representa el tiempo límite (28 días) para considerar si las semillas son dormantes. Elaboración de datos inéditos de J. A. Sánchez.

**Figure 4.** The time to start germination for species of an evergreen tropical forest according to phylogeny (botanical family), regeneration strategy, life form, seed size, dispersal mode and dispersion time. The vertical line represents the time limit (28 days) to consider if the seeds are dormant. Preparation of unpublished data by J. A. Sánchez.

Por tanto, las plantas pioneras presentan semillas menos dormantes que aquellas especies de estadios intermedios o avanzados en la sucesión vegetal. Aunque la dormancia como rasgo se presenta tanto en las especies pioneras como no pioneras, lo que cambia entre estrategias de regeneración es la clase de dormancia (Sautu *et al.*, 2007; Sánchez *et al.*, 2012). De ahí, que cuando la dormancia seminal está presente en las especies pioneras, las clases PD y PY son las que existen. Este resultado también estuvo en correspondencia con las 23 especies pioneras que se presentaron en la compilación, 14 (60.8%) especies mostraron no dormancia, 5 (21.7%) con PD, 2 (8.7%) con PY y 2 (8.7%) con semillas con PD y PY (Anexo 1). Por su parte, el resto de las especies (8) que se proponen como pioneras arbóreas para Cuba por Herrera-Peraza *et al.* (2016) solo pueden presentar semillas no dormantes o bien con PY o PD de acuerdo a las familias botánicas a

las que pertenecen. En cambio, en las especies no pioneras arbóreas además de estas clases de dormancia aparecen la MD y MPD (Sánchez *et al.*, 2012; Baskin y Baskin, 2014).

El porte de las plantas o su forma de vida igualmente afectan considerablemente el día de inicio de la germinación (tiempo para germinar), las enredaderas son más dormantes que los árboles y los arbustos (Fig. 4). En este sentido, Jurado y Flores (2005) determinan que, a escala global, la dormancia es más común en las plantas herbáceas que en las especies leñosas. En las enredaderas predominan la PD, PY y MPD; en los arbustos la PD y la PY; y en los árboles la PD como ya previamente se demostró. Conforme a esta información, en muchos arbustos y árboles sería factible aplicar tratamientos de escarificación para eliminar la impermeabilidad de las cubiertas y el componente fisiológico de la dormancia. En cambio, si como parte de un proyecto de restauración o rehabilitación se van a sembrar semillas de enredaderas sería viable aplicar una combinación de tratamientos pregerminativos que empleen una remoción de testa en combinación con tratamientos de estratificación húmeda.

El tamaño seminal (o masa) también podría indicar la profundidad de la dormancia (Fig. 4). El tamaño de la semilla afecta el tiempo para germinar. Las semillas más pequeñas son menos dormantes que las grandes. Esta relación positiva entre el tiempo para germinar y la masa de la semilla se ha determinado para diversos bosques tropicales. Sin embargo, para algunos autores esta relación tiene poco valor predictivo (Sautu *et al.* 2006); lo cual es cierto, pues existen semillas pequeñas y grandes con o sin dormancia. No obstante, como tendencia general se evidencia que la dormancia tiende a aumentar con el tamaño de las semillas. Por consiguiente, tener en cuenta dicha variación seminal podría ser una herramienta para saber cuándo aplicar o no tratamiento pregerminativo.

El día de inicio de la germinación igualmente manifiesta una gran variabilidad por síndrome de dispersión; las plantas que sus semillas/frutos son utilizadas (dispersadas) por los animales tienen mayor retardo para germinar que aquellas que no emplean animales en su dispersión (Fig. 4). Se propone que el retardo en la germinación le permitiría sobrevivir a las diásporas durante su paso por el tracto digestivo (Bu *et al.*, 2008). También se conoce que muchas especies de plantas tropicales (pertenecientes a familias como: Ebenaceae, Euphorbiaceae, Meliaceae, Moraceae, Oleaceae, Rubiaceae, Sapotaceae) incrementan su germinación después de que son utilizadas por los animales (Baskin y Baskin, 2014). Al parecer, la acción de los animales evita la contaminación bacteriana y fúngica de frutos/semillas y también remueve las cubiertas que

Sánchez *et al.*: Mecanismos de germinación de plantas cubanas

actúan como barrera mecánica para la germinación (Soltani *et al.*, 2018). Consecuentemente, si se logra identificar la forma de dispersión para las especies forestales se puede implementar un tratamiento que simule el paso por el tracto digestivo, como puede ser un leve tratamiento de escarificación con ácido, o bien removiendo las cubiertas seminales con un lavado abundante de agua corriente.

Finalmente, existe una gran cantidad de contribuciones científicas que soportan la relación del tiempo de dispersión con la dormancia de las semillas (Garwood, 1983; Sautu *et al.*, 2007; Sánchez *et al.*, 2015b; Escobar *et al.*, 2018). En este sentido, se establece que el tiempo de dispersión de las semillas y la dormancia son parte de un síndrome para evitar la sequía (Garwood, 1983), aunque también se conoce que las clases de dormancia podrían no estar relacionadas con el control del tiempo de germinación (Sautu *et al.*, 2007). No obstante, las especies dispersadas en la estación seca tienden a presentar semillas más dormantes que aquellas que se recolectaron al comienzo de las lluvias y a finales de dicha estación (Fig. 4), aspectos que podrían ayudar a determinar o no la necesidad de un tratamiento pregerminativo.

Sin embargo, cabe señalar que, aunque es evidente la utilidad de conocer la familia y los rasgos de historia de vida en predecir el retardo de la germinación (i.e., presencia o no de dormancia seminal) el valor de este enfoque puede cambiar de acuerdo al tipo de vegetación que se estudie, y lógicamente con la matriz de especies que lo componga. De hecho, se conoce que los rasgos relacionados con la dormancia no evolucionaron independientemente; más bien son parte de un síndrome de coadaptación de rasgos a un ambiente en particular (Kos *et al.*, 2012), como por ejemplo el incremento de la humedad de las semillas con su tamaño (Wyse y Dickie, 2018). Esto evidencia la necesidad de evaluar diversos rasgos o características de las semillas previo al empleo de un tratamiento de ruptura de dormancia.

#### Factores ambientales que influyen en la germinación

Muchos son los factores del ambiente, abióticos y bióticos, que influyen en el funcionamiento de las semillas, entre los que se encuentran los factores físicos. Sin embargo, se reconoce que el agua, la temperatura y la iluminación son los principales factores del ambiente edáfico que intervienen en la germinación o eliminación de la dormancia primaria o secundaria de muchas plantas cultivadas o silvestres (Côme y Thévenot, 1982; Bewley, 1997; Baskin y Baskin, 2014). Por tanto, conocer cómo dichos factores regulan los mecanismos de germinación nos permitirá tener mayor éxito en la propagación de las plantas nativas.

El agua es esencial para la rehidratación de las semillas, como un paso inicial de los eventos pregerminativos; se considera el factor ambiental más importante en la germinación. La cantidad de agua total tomada por las semillas durante la imbibición, es generalmente pequeña y frecuentemente no excede dos o tres veces la masa seca de las semillas (Bewley *et al.*, 2013). En cambio, para el establecimiento y crecimiento de las plántulas sí se necesita gran cantidad de agua. Un número elevado de características del suelo pueden afectar el proceso de absorción de agua por la semilla. Quizás el más importante de ellos, sea el grado de contacto entre las semillas y el sustrato húmedo (Baskin y Baskin, 2014). Se plantea que en los bosques tropicales húmedos el agua no es un obstáculo para la germinación y la emergencia de las plántulas (Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia, 1993). Sin embargo, en los ecosistemas abiertos o en los grandes claros sí se afecta considerablemente la regeneración de las especies por semillas, debido a que las mismas están bajo ciclos favorables y desfavorables de hidratación, donde ocurre la germinación si la absorción de agua por las semillas es mayor que su pérdida (Bewley *et al.*, 2013; Martínez y Sánchez, 2016). También se conoce que los ciclos de hidratación-deshidratación que sufren las semillas en el suelo o en diferentes condiciones de siembras artificiales (e.g., viveros forestales) podrían revigorizar o robustecer semillas y plántulas (Sánchez *et al.*, 2001; Pernús y Sánchez, 2015). Aunque cuando el déficit hídrico es considerable, la velocidad y el porcentaje de germinación final se afecta o es nulo (Bewley *et al.*, 2013). Igualmente, el exceso de agua en el suelo podría provocar la muerte de las semillas y plántulas por anoxia parcial o total.

Después del agua, la temperatura es el principal factor ambiental que controla la germinación (Bewley *et al.*, 2013). La temperatura determina la velocidad de deterioro seminal y es capaz de regular la germinación en tres direcciones: 1) determinando la capacidad y velocidad de la germinación en semillas no dormantes, 2) eliminando dormancia y 3) por inducción de dormancia. Los rangos de temperatura en los cuales la germinación ocurre están determinados por el lugar de procedencia de las semillas, las diferencias genéticas entre individuos de la misma especie o población (polimorfismo seminal) y la edad de las semillas. Así encontramos especies que germinan mejor a temperaturas constantes y otras que se favorecen a temperaturas alternas (Hilhorst, 2011). Sin embargo, las semillas en condiciones naturales pocas veces se encuentran sometidas a temperaturas constantes por largos períodos, aún bajo condiciones de sombra. Por consiguiente, las temperaturas en que ocurre la germinación están generalmente relacionadas con el rango ambiental de adaptación de la especie y sirven para ajustar el tiempo de germinación a condiciones

favorables para el crecimiento y desarrollo de las plántulas (Baskin y Baskin, 2014; Sánchez *et al.*, 2015b).

Las plantas que colonizan los claros presentan mecanismos adaptativos que les permiten “explorar” o “determinar” las condiciones ambientales idóneas para la germinación y el establecimiento de las plántulas (Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia, 1994). Entre los mecanismos más sobresalientes se encuentran: los adaptativos para determinar la alternancia de temperatura y los que les permiten a las semillas responder a los niveles de luz que llegan al suelo. En este último caso, existe un grupo de plantas que presentan semillas cuya germinación es sensible a los cambios de la composición espectral de la luz y se conocen como fotoblásticas (Bewley *et al.*, 2013). Según el tipo de respuesta a la luz, las semillas se han clasificado en: 1) fotoblásticas positivas, que no germinan en la oscuridad, 2) fotoblásticas negativas, su germinación se ve inhibida por la luz blanca, y 3) fotoblásticas indiferentes, especies que llevan a cabo su germinación en cualquier condición de iluminación (Côme, 1970).

Ahora bien, cuando las semillas frescas y sin dormancia no germinan por limitación de los factores ambientales ya mencionados se dice que adquieren latencia seminal (Nikolaeva, 1977). Este fenómeno también se conoce como quiescencia o dormancia forzada, y desaparece cuando se elimina el impedimento ambiental de la germinación; a diferencia de la dormancia secundaria que ocurre en semillas con o sin dormancia cuando son sembradas en condiciones adversas tanto para la germinación como para la eliminación de la dormancia (Baskin y Baskin, 2014). Este último fenómeno persiste incluso colocando las semillas en condiciones favorables para la germinación, lo que dificulta aún más la propagación en vivero.

Ejemplos de la latencia por falta de iluminación se presentan en semillas de *Cecropia peltata*, *Muntingia calabura* y *Trema micranthum*. Las semillas de estas especies necesitan luz blanca para germinar; es decir, son fotoblásticas positivas y por tanto su germinación se inhibe a la oscuridad. En cambio, otras especies como *Picramnia pentandra* necesitan oscuridad para germinar, son fotoblásticas negativas. También aparece latencia en las semillas que se termoinhíben a una temperatura determinada. En Cuba, se ha determinado termoinhibición en semillas frescas de *Coccolobos crinita*, *Trichospermum lessertianum* y de *Solanum torvum* cuando se siembran a temperatura fija de sustrato de 25°C, pero este fenómeno se elimina cuando se pasan a temperaturas alternas de 25/30°C ó 25/35°C (Sánchez y Muñoz, 2004; Pernús y Sánchez, 2017).

De lo anterior queda establecido que cada especie tiene sus propios requerimientos germinativos y de establecimiento. Por tanto, no se le puede dar el mismo tratamiento ambiental a todas las especies en condiciones de vivero o de campo. Debe ser especie-específico, aunque hay aspectos que pueden generalizarse, pues en ocasiones aparecen patrones de germinación a nivel de comunidad que nos permiten establecer protocolos similares de germinación para un gran número de especies. Por ejemplo, en especies arbóreas de un bosque siempreverde del occidente de Cuba se identifica que casi el 80% de las especies germinan mejor a rangos de temperaturas entre 25/30°C y 25/35°C (Fig. 5) (Sánchez *et al.*, 2012); lo cual se puede lograr fácilmente con una condición de sombra leve o malla de tapado ligero en el vivero. Por su parte, solo una pequeña fracción de plantas germinan mejor a 25°C (8%) y otra a 25/40°C (13%). La primera condición se puede lograr con una sombra profunda y la segunda, a plena exposición solar. En la compilación realizada en la presente contribución, se identificaron 79 (54.9%) especies que germinaron mejor a 25/30°C y 44 (30.2%) especies a 25/35°C (Anexo 1).

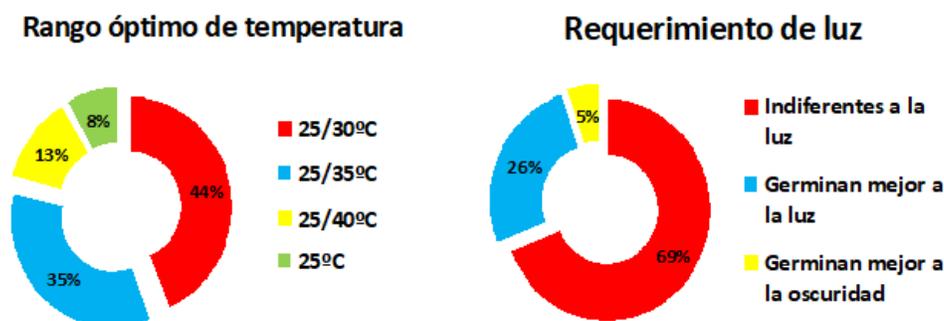


Figura 5. Requerimientos germinativos con relación a temperatura y luz del sustrato de especies arbóreas de un bosque siempreverde del occidente de Cuba.

Figure 5. Germination requirements in relation to temperature and light substrate of tree species of an evergreen forest of Western Cuba.

Sánchez *et al.*: Mecanismos de germinación de plantas cubanas

Con relación a los requerimientos de luz para germinar, la situación es muy similar a la anterior. Cerca del 70% de las especies son indiferentes a la luz (Fig. 5). Hay un grupo menor de especies que se fotoinhiben a la luz (5%) y un 26% de las especies germinan mejor a la luz (especies pioneras o tempranas de la sucesión vegetal). También en el compendio, 69 (78.8%) especies fueron fotoblásticas indiferentes de las 88 plantas para las que se encontró información sobre respuesta a luz (Anexo 1). Por tanto, si se hace un análisis similar al de la temperatura, es evidente que una condición de sombra parcial sería adecuada para la mayoría de las especies. De hecho, esta condición actualmente se recomienda en la mayoría de los viveros de los trópicos, dado que el exceso de radiación solar puede provocar fotoinhibición de la germinación y de la fotosíntesis, y también estrés hídrico en las plántulas (Alves *et al.*, 2002; Sánchez *et al.*, 2006). Esto último, puede afectar la producción de plantas y el coste de los viveros en los programas de conservación y restauración.

#### En busca de un protocolo óptimo de germinación

La obtención de un protocolo óptimo de germinación será un aspecto necesario si se quieren introducir nuevas especies en el contexto forestal; lo cual, no solo ayudará a su propagación sino también a su conservación. Esta tarea será relativamente fácil si identificamos los requerimientos germinativos de las especies con semillas no dormantes, que por lo general presentan un rango amplio de germinación bajo diferentes condiciones ambientales (Baskin y Baskin, 2014).

En cambio, si se trabaja con semillas dormantes esta actividad podría ser más difícil porque las semillas requieren condiciones específicas, y existe una gran diversidad de mecanismos de dormancia (hasta 42, de acuerdo a las combinaciones posibles de clases, niveles y tipos; ver Tabla 1). Ahora bien, si aplicamos lo comentado en los acápites anteriores, en particular el esquema tecnológico (Fig. 3), podríamos identificar en primer lugar la dormancia que presenta la especie y con ello estaríamos en condiciones de buscar un protocolo óptimo de germinación. Claro está, dicha actividad será muy fácil para aquellas especies con PD no profunda y PY, pues un simple tratamiento de escarificación de cubiertas podría resultar útil para eliminar ambos impedimentos germinativos. Este tratamiento pregerminativo de escarificación no solo incrementa la germinación, sino que además evita un proceso germinativo muy disperso (o errático) como ocurre en semillas frescas de *Talipariti elatum* cuando no se aplica un pretratamiento. En esta especie, como ya se mencionó, se han identificado varias clases de dormancia seminal (Montejo *et al.*, 2005; Sánchez *et al.*, 2009a), que provocan en el vivero la emergencia y el crecimiento no uniforme de sus plántulas.

Por su parte, para las especies que presenten dormancia combinada (morfológica + fisiológica o física + fisiológica), donde el componente fisiológico sea más profundo, será más difícil establecer un protocolo óptimo de germinación. Sencillamente porque el proceso germinativo puede ser más lento y depende de una combinación de factores ambientales. No obstante, con una combinación de tratamientos de estratificación y de escarificación se podrán implementar como tratamientos óptimos para dichas especies. A pesar de esto, el lector puede consultar diversas publicaciones (ver por ejemplo a Hilhorst, 2011; Silveira, 2013; Baskin y Baskin, 2014) donde se establecen los pasos a seguir en los ensayos de germinación cuando no se conoce nada sobre los mecanismos germinativos de las especies estudiadas. Algunas de estas recomendaciones prácticas (ver Anexo 3) también podrían facilitar la propagación de plantas cubanas en combinación con el esquema tecnológico ya discutido para eliminar la dormancia de las semillas.

#### CONSIDERACIONES FINALES Y PERSPECTIVAS DE INVESTIGACIÓN

El estado del conocimiento de la biología de la semilla en Cuba es muy escaso, en particular lo relacionado con la ecofisiología de la germinación, y en correspondencia con esto son muy pocas las especies que se emplean en los viveros de los sistemas forestales, de rehabilitación y de restauración ecológica, a pesar de existir una amplia diversidad vegetal. Por tanto, si se pretende incrementar la diversidad de especies a emplear, será necesario introducir los pocos resultados que se han obtenido en el campo académico a la práctica agrícola tradicional y aumentar los estudios de semillas. Se deben buscar nuevas fuentes semilleras, fundamentalmente para aquellas especies que se intenten introducir, y lograr realizar pequeñas acciones de restauración con aquellas especies donde exista información sobre su propagación y se encuentren en mayor grado de amenaza.

En Cuba, los ensayos de germinación deberán considerar los riegos ambientales que podrían tener las plantas nativas con los pronósticos del cambio climático. De este modo, se podrán establecer verdaderos protocolos de germinación que no solo tengan en cuenta el gradiente ambiental tradicionalmente cubano, sino también los escenarios inducidos por el cambio del clima. Se deben priorizar los estudios de ecofisiología de la germinación en las especies endémicas amenazadas y convendrá que incluyan todas las formas de vida (árboles, arbustos, trepadoras, etc.) si realmente se quiere recuperar o rehabilitar las funciones del ecosistema. Igualmente, muchas de las consideraciones discutidas en el presente artículo podrían aplicarse con éxito a especies nativas de la flora del Caribe (por su

singularidad y semejanzas). Sin embargo, como bien se conoce, los micrositos juegan un papel importante en la regeneración de las plantas (Grubb, 1977; Martínez-Orea *et al.*, 2019); y por tanto, los mecanismos de germinación de las especies nativas de flora del Caribe deberán estar en correspondencia con su ambiente para reducir riegos. Así, podríamos encontrar para semillas de una misma especie diferentes clases de dormancia y niveles de profundidad, y también diferentes requerimientos para germinar. Esto sin dudas, podría dificultar o impedir la domesticación de las especies a partir de la información disponible.

Finalmente se deberán incrementar los ensayos que permitan identificar la conducta de almacenamiento de las semillas en ortodoxas y recalcitrantes. La conservación de las semillas ortodoxas (i.e., tolerantes a la desecación) en bancos de germoplasma facilitará la reducción de la presión de recolección (particularmente para las especies endémicas y amenazadas), y contar con una cantidad de semillas disponibles para la investigación y el empleo en programas de restauración. Por su parte, la identificación de especies con semillas recalcitrantes (i.e., no tolerantes a la desecación) será de vital importancia para conocer cuáles especies no podrán conservarse en bancos tradicionales de semillas y cuáles serán más sensibles al cambio climático (Wyse y Dickie, 2018). A este último grupo funcional de plantas pertenece un gran número de especies de sitios húmedos y con rápida germinación, pero que también presentan semillas con dormancia (MD, MPD y PD) (Sautu *et al.*, 2006; 2007; Sánchez *et al.*, 2015b; 2018). Por consiguiente, se deben sembrar inmediatamente después de su recolección con o sin tratamientos pregerminativos, tal como se recomienda para muchas especies cubanas (**Anexo 1**). Por su parte, los métodos tradicionales de identificación de la conducta de almacenamiento de las semillas (Hong y Ellis, 1996) son relativamente costosos, fundamentalmente por el alto número de semillas que requieren, pero ya existen modelos probabilísticos que son relativamente sencillos y rápidos, y que permiten con pocas semillas determinar la sensibilidad/tolerancia a la desecación (Daws *et al.* 2006; Pelissari *et al.* 2018; Wyse y Dickie, 2018). Estos métodos emplean rasgos de semillas, rasgos de plantas y datos climáticos de distribución de las especies; pero aún se han utilizado muy poco para identificar la conducta de almacenamiento en semillas de plantas nativas del Caribe, aunque recientemente se informa su aplicación con éxito a semillas nativas de especies de árboles de Cuba (Sánchez *et al.*, 2018) y de República Dominicana (Mattana *et al.*, 2019). Entonces queda solo echar mano de dichos métodos para conocer o predecir de forma rápida la longevidad de las semillas y con ello contribuir a la conservación del patrimonio vegetal. También sería adecuado implementar

ecotecnologías que mejoren el funcionamiento de las semillas bajo condiciones ambientales extremas (calor, sequía, salinidad, etc.) para facilitar el establecimiento y supervivencia de las plántulas en condiciones de campo.

## AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue financiada parcialmente por el proyecto “Diversidad biológica asociada a ecosistemas montañosos de la región occidente y centro de Cuba”, del Programa Nacional Uso Sostenible de los Componentes de la Diversidad Biológica en Cuba. Los autores agradecen a los colegas Bárbara C. Muñoz, Laura A. Montejo y Alejandro Gamboa por la asistencia técnica en el laboratorio y el campo. El autor J.A. Sánchez también agradece a la Fundación Internacional para la Ciencia (IFS) por la ayuda ofrecida a través del donativo D/3536-2 y la organización no gubernamental Idea Wild.

## LITERATURA CITADA

- Acevedo- Rodríguez O, Strong MT. 2012. Catalogue of seed plants of the West Indies. Smithsonian Institution Scholarly Press, Washington D.C.
- Álvarez A. 1984. Las semillas de *Hibiscus elatus* Sw. (I). Comportamiento de las características que definen la calidad intrínseca de la semilla, atendiendo a diferentes fuentes productoras, edades y cosecha. *Boletín Técnico Forestal*. 1/84:1-20.
- Álvarez A, Castillo E, Hechavarría O. 2006. *Especies Protegidas por la Ley Forestal de Cuba*. Instituto de Investigaciones Forestales, La Habana.
- Alves PL, Magalhaes ACN, Barja PR. 2002. The phenomenon of photoinhibition of photosynthesis and its importance in reforestation. *The Botanical Review*. 68: 193-208.
- Anónimo. 1983. *Manual de semillas forestales*. Centro Universitario de Pinar del Río, Facultad de Ingeniería Forestal.
- Athugala YS, Jayasuriya KMG, Gunaratne AMTA, Baskin CC. 2016. Morphophysiological epicotyl dormancy in seeds of three *Psychotria* species from Sri Lanka: first record for Rubiaceae. *Seed Science Research*. 26: 171-181.
- Barrett-Lennard EG, Norman HC, Dixon K. 2016. Improving saltland revegetation through understanding “recruitment niche”: potential lessons for ecological restoration in extreme environments. *Restoration Ecology*. 24: 591-597.
- Barrios D, Flores J, González-Torres LR, Palmarola A. 2015. The role of mucilage in the germination of *Leptocereus scopulophilus* (Cactaceae) seeds from Pan de Matanzas, Cuba. *Botany*. 93: 251-255.
- Baskin CC, Baskin JM. 2005a. Seed dormancy in trees of climax tropical vegetation types. *Tropical Ecology*. 46: 17-28.
- Baskin CC, Baskin JM. 2005b. Underdeveloped embryos in dwarf seeds and implications for assignment to dormancy class. *Seed Science Research*. 15: 357-360.

Sánchez *et al.*: Mecanismos de germinación de plantas cubanas

- 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*. Academic Press, San Diego.
- Baskin JM, Baskin CC. 2003. Classification, biogeography, and phylogenetic relationships of seed dormancy. En: Smith RD, Dickie JB, Linington SH, Pritchard HW, Probert RJ. (eds.), *Seed conservation: turning science into practice*, 518-544, The Royal Botanic Gardens, Kew, London.
- Baskin JM, Baskin CC. 2004. A classification system for seed dormancy. *Seed Science Research*. 14: 1-16.
- Baskin JM, Baskin CC, Li X. 2000. Taxonomy, ecology, and evolution of physical dormancy in seeds. *Plant Species Biology*. 15: 139-152.
- Bewley JD. 1997. Seed germination and dormancy. *The Plant Cell*. 9: 1055-1066.
- Bewley JD, Bradford KJ, Hilhorst HWM, Nonogaki H. 2013. *Seeds: physiology of development, germination and dormancy*. Springer, New York.
- Betancourt, A. 1987. *Silvicultura especial de árboles maderables tropicales*. Editorial Científica-Técnica, La Habana.
- Bisse J. 1988. *Árboles de Cuba*. Editorial Científico-Técnica, Ciudad de La Habana.
- Borhidi A. 1996. *Phytogeography and vegetation ecology of Cuba*. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Botanic Gardens Conservation International. 2019. Global Tree Search. Disponible en [http://www.bgci.org/globaltree\\_search.php](http://www.bgci.org/globaltree_search.php) (consultado: 23 de junio del 2019).
- Bu H, Du G, Chen X, Xu X, Liu K, Wen S. 2008. Community-wide germination strategies in an alpine meadow on the eastern Qinghai-Tibet plateau: phylogenetic and life-history correlates. *Plant Ecology*. 195: 87-98.
- Capote R, Berazaín R. 1984. Clasificación de las formaciones vegetales de Cuba. *Revista del Jardín Botánico Nacional*. 5: 27-75.
- Capote RP, Mitrani I, Suárez AG. 2011. Conservación de la biodiversidad cubana y cambio climático en el archipiélago cubano. *Anales de la Academia de Ciencias de Cuba*. 1: 1-25.
- CDB (Convenio sobre la Diversidad Biológica). 2012. *Estrategia mundial para la conservación de especies vegetales*. Botanic Gardens Conservation International. Richmond, UK.
- Chazdon RL, Guariguata MR. 2016. Natural regeneration as tool for large-scale forest restoration in the tropics: prospects and challenges. *Biotropica*. 48: 716-730.
- Côme D. 1970. *Les obstacles à la germination*. Masson Editeur, Paris.
- Côme D, Thévenot C. 1982. Environmental control of embryo dormancy and germination. En: Khan AA (ed.), *The physiology and biochemistry of seed development, dormancy, and germination*, 271-287, Elsevier, Amsterdam.
- Commander LE, Golos P, Miller B, Merritt DJ. 2017. Seed germination traits of desert perennials. *Plant Ecology*. 218: 1077-1091.
- Daws MI, Garwood NC, Pritchard HW. 2006. Prediction of desiccation sensitivity in seeds of woody species: a probabilistic model based on two seed traits and 104 species. *Annals of Botany*. 97:667-674.
- Dayrell RLC, Arruda AJ, Buisson E, Silveira FAO. 2016. Overcoming challenges on using native seeds for restoration of megadiverse resource-poor environments: a reply to Madsen *et al.* *Restoration Ecology*. 24: DOI:10.1111/rec.12450.
- 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.
- Erickson TE, Muñoz-Rojas M, Kildisheva OA, Stokes BA, White SA, Heyes JL, Dalziel EL, Lewandowski W, James JJ, Madsen MD, Turner SR, Merritt DJ. 2017. Benefits of adopting seed-based technologies for rehabilitation in the mining sector: a Pilbara perspective. *Australian Journal of Botany*. 65: 646-60.
- Escobar DFE, Silveira FAO, Morellato LP. 2018. Timing of seed dispersal and seed dormancy in Brazilian savanna: two solutions to face seasonality. *Annals of Botany*. 121: 1197-1209.
- Faife-Cabrera M, Toledo Reina SP. 2007. Viabilidad de semillas de *Melocactus gutartii* León conservadas por seis y doce meses. *Centro Agrícola*. 34: 47-50.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Alimentación). 2011. State of the world's forests. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Ferrandis P, Bonilla M, del Carmen Osorio L. 2011. Germination and soil seed bank traits of *Podocarpus angustifolius* (Podocarpaceae): an endemic tree species from Cuban rain forests. *Revista Biología Tropical*. 59: 1061-1069.
- Finch-Savage WE, Bassel GW. 2015. Seed vigour and crop establishment: extending performance beyond adaptation. *Journal Experimental Botany*. 67:567-591.
- Finch-Savage WE, Leubner-Metzger G. 2006. Seed dormancy and the control of germination. *New Phytologist*. 171: 501-523.
- García-Beltrán JÁ, Barrios D, Cuza-Pérez A. 2017. Heteromorphism in seeds of *Leptocereus scopulophilus* (Cactaceae) from Pan de Matanzas, Cuba. *Seed Science Research*. 27: 311-320.
- Garwood NC. 1983. Seed germination in a seasonal tropical forest in Panama: a community study. *Ecological Monographs*. 53: 159-181.
- Gioria M, Pyšek P. 2017. Early bird catches the worm: germination as a critical step in plant invasion. *Biological Invasions*. 19: 1055-1080.
- González-Torres LR, Palmarola A, González-Oliva L, Bécquer ER, Testé E, Barrios D. 2016. Lista Roja de la Flora de Cuba. *Bisbea*. 10: 33-283.
- Grá H, Montalvo JM, Betancourt MA, Duarte J, Cordero E. 2003. *Manual de viveros forestales*. Instituto de Investigaciones Forestales. Ministerio de la Agricultura. La Habana.
- Greuter W, Rankin R. 2017. *The Spermatophyta of Cuba A Preliminary Checklist. Second, updated edition of the The Spermatophyta of Cuba with Pteridophyta added*. Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, Berlín.
- Grubb P. 1977. The maintenance of species richness in plant communities: the importance of the regeneration niche. *Biological Reviews*. 52: 107-145.

Sánchez *et al.*: Mecanismos de germinación de plantas cubanas

- Herrera-Peraza RA, Bever JD, de Miguel JM, Gómez-Sal A, Herrera P, García EE, Oviedo R, Torres-Arias Y, Delgado F, Valdés-Lafont O, Muñoz BC, Sánchez JA. 2016. A new hypothesis on humid and dry tropical forest succession. *Acta Botánica Cubana*. 215: 232-280.
- Hilhorst HWM. 2011. Standardizing Seed Dormancy Research. En: Kermodé AR (ed.), *Seed dormancy: methods and protocols*, 43-52, Springer Science, New York.
- Hong TD, Ellis RH. 1996. *A protocol to determine seed storage behaviour*. IPGRI Technical Bulletin No.1. International Plant Genetic Resources Institute, Rome.
- Huang Z, Liu S, Bradford KJ, Huxman TE, Venable DL. 2016. The contribution of germination functional traits to population dynamics of a desert plant community. *Ecology*. 97: 250-261.
- IPCC. 2014. *Climate change 2014: synthesis report. Contribution of working groups I, II and III to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. IPCC, Ginebra.
- Jaganathan GK. 2016. Influence of maternal environment in developing different levels of physical dormancy and its ecological significance. *Plant Ecology*. 217: 71-79.
- Jiménez-Alfaro B, Silveira FAO, Fildelis A, Poschod P, Commander LE. 2016. Seed germination traits can contribute better to plant community ecology. *Journal of Vegetation Science*. 27: 637-645.
- Jurado E, Flores J. 2005. Is seed dormancy under environmental control or bound to plant traits? *Journal of Vegetation Science*. 16: 559-564.
- Kildisheva OA, Erickson TE, Madsen MD, Dixon KW, Merritt DJ. 2019. Seed germination and dormancy traits of forbs and shrubs important for restoration of North American dryland ecosystems. *Plant Biology*. 21: 458-469.
- Kos M, Baskin CC, Baskin JM. 2012. Relationship of kind of seed dormancy with habitat and life history in the Southern Kalahari flora. *Journal of Vegetation Science*. 23: 869-879.
- Ladouceur E, Jiménez-Alfaro B, Marin M, De Vitis M, Abbandonato H, Lannetta PPM, Bonomi C, Pritchard HW. 2018. Native seed supply and the restoration species pool. *Conservation Letters*. 11: 1-9.
- Larson JL, Funk JL. 2016. Regeneration: an overlooked aspect of trait-based plant community assembly models. *Journal of Ecology*. 104: 1284-1298.
- López D, Gómez JL, Sánchez JA, González JL. 2016. Rasgos de semillas y germinación de *Spirotecoma bolguinensis* (Bignoniaceae), árbol endémico de las serpentinias del este de Cuba. *Revista del Jardín Botánico Nacional*. 37: 191-201.
- Madsen MD, Davies KW, Boyd CS, Kerby JD, Svejcar TJ. 2016. Emerging seed enhancement technologies for overcoming barriers to restoration. *Restoration Ecology*. 24: S77-S84.
- Martínez-Orea Y, Castillo-Argüero S, Orozco-Segovia A, Zavala-Hurtado JA, Bonilla-Valencia L. 2019. Safe microsites for *Symphoricarpos microphyllus* (Caprifoliaceae) germination, a shrub species with seed dormancy. *Acta Botánica Mexicana* 126: DOI. 10.21829/abm126.2019.1458.
- 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.
- Mattana E, Peguero B, Di Sacco A, Agramonte W, Encarnación WR, Jiménez F, Teodoro C, Pritchard HW, Gomez-Barreiro P, Castillo-Lorenzo E, Encarnación MT, Way MJ, García R, Ulián T. 2019. Assessing seed desiccation responses of native trees in the Caribbean. *New Forests*. DOI.org/10.1007/s11056-019-09753-6.
- Meli P, Martínez-Ramos M, Rey-Benayas JM, Carabias J. 2014. Combining ecological, social and technical criteria to select species for forest restoration. *Applied Vegetation Science*. 17: 744-753.
- Merritt DJ, Dixon KW. 2011. Restoration seed banks - a matter of scale. *Science*. 332: 424-425.
- Merritt DJ, Tuner SR, Clarke S, Dixon KW. 2007. Seed dormancy and germination stimulation syndromes for Australian temperate species. *Australian Journal of Botany*. 55: 336-344.
- Mitchell J, Johnston IG, Bassel GW. 2017. Variability in seeds: biological, ecological, and agricultural implications. *Journal Experimental Botany*. 68: 809-817.
- Montejo LA, Muñoz BC, Sánchez JA, Gamboa A. 2014. Variabilidad seminal entre las especies de un bosque siempreverde tropical de la Sierra del Rosario, Cuba. *Bosque*. 31: 37-47.
- Montejo LA, Sánchez JA, Muñoz BC. 2005. Dormancy and germination in *Talipariti elatum* seeds. *Botanica Complutensis*. 29: 57-62.
- Montejo LA, Sánchez JA, Muñoz BC, Gamboa A. 2015. Caracterización de semillas de un bosque siempreverde tropical del oeste de Cuba. Correlaciones ecológicas entre rasgos. *Bosque*. 36: 211-222.
- Muñoz BC, Sánchez JA, Montejo LA, Herrera P, Gamboa A. 2012a. *Reproducción de plantas nativas y naturalizadas del ecosistema Sabana-Camagüey*. Editorial AMA, La Habana.
- Muñoz BC, Sánchez JA, Montejo LA, Herrera P, Gamboa A. 2012b. *Guía técnica para la reproducción de especies arbóreas pioneras*. Editorial AMA, La Habana.
- 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.
- Nikolaeva MG. 2004. On criteria to use in studies of seed evolution. *Seed Science Research*. 14: 315-320.
- Pelissari F, Cleiton A, Leite MA, Batista AC, Souza WV, Rocha JM. 2018. A probabilistic model for tropical tree seed desiccation tolerance and storage classification. *New Forests*. 49: 143-158.
- Pernús M, Sánchez JA. 2015. Salinidad en Cuba y tratamientos pregerminativos de hidratación-deshidratación de semillas. *Pastos y Forrajes*. 38. 379-392.
- Pernús M, Sánchez JA. 2016. Efecto de la procedencia sobre rasgos seminales y requerimientos germinativos de *Cedrela odorata* (Meliaceae) *Revista del Jardín Botánico Nacional*. 37: 203-211.
- Pernús M, Sánchez JA. 2017. Germinación y dormancia seminal de *Coccothrinax crinita* subsp. *crinita* (Arecaceae), palma endémica del occidente de Cuba. *Revista del Jardín Botánico Nacional*. 38: 49-56.

Sánchez *et al.*: Mecanismos de germinación de plantas cubanas

- Pernús M, Sánchez JA, Álvarez JC, Oviedo R. 2018. Rasgos funcionales de semillas de *Pachira emarginata* (Bombacaceae), un árbol en Peligro Crítico del occidente de Cuba. *Acta Botánica Cubana*. 217: 189-192.
- Planos E, Vega R, Guevara A. 2013. *Impacto del cambio climático y medidas de adaptación en Cuba*. Editorial AMA, La Habana.
- Rodrigues-Junior AG, Mello ACMP, Baskin CC, Baskin JM, Oliveira DMT, Garcia QS. 2018. Why large seeds with physical dormancy become nondormant earlier than small ones. *PLOS ONE* 13(8): e0202038. DOI.org/10.1371/journal.pone.0202038.
- Sánchez JA, Furrázola E. 2018. *Ecotecnologías para la restauración ecológica: los tratamientos de semillas y las micorrizas*. Editorial Academia, La Habana.
- Sánchez JA, López D, Fernández I, Gómez JL, Pernús M. 2017. Depredación de semillas de *Acacia belairioides* (Fabaceae) por brúquidos (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae) y sus efectos en la germinación. *Acta Botánica Cubana*. 216: 1: 55-61.
- Sánchez JA, Montejo LA, Gamboa A, Albert-Puentes D, Hernández F. 2015b. Germinación y dormancia de arbustos y trepadoras del bosque siempreverde de la Sierra del Rosario, Cuba. *Pastos y Forrajes*. 38: 11-28.
- Sánchez JA, Montejo LA, Pernús M. 2015a. Germinación de nuestras semillas: factor de éxito en la restauración ecológica. En: Menéndez L, Arellano M, Alcolado PM. (eds.), *¿Tendremos desarrollo socioeconómico sin conservación de la biodiversidad? Experiencias del Proyecto Sabana-Camagüey en paisajes productivos*, 130-145, Editorial AMA. La Habana.
- Sánchez JA, Muñoz BC. 2004. Effects of hydration and scarification treatments on the germination of *Trichospermum mexicanum*. *Seed Science and Technology*. 32: 621-627.
- 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. 2003. Efectos de tratamientos robustecedores de semillas sobre la germinación y establecimiento de árboles pioneros bajo condiciones de estrés. *Ecotropicos*. 16: 91-112.
- Sánchez JA, Muñoz BC, Montejo LA. 2009b. Rasgos de semillas de árboles en un bosque siempreverde tropical de la Sierra del Rosario, Cuba. *Pastos y Forrajes*. 32: 141-16.
- Sánchez JA, Muñoz BC, Montejo LA, Fresneda A, Reino J. 2004. Estudio ecofisiológico de semillas de interés agroforestal. *Bioteología Aplicada*. 21: 193-195.
- Sánchez JA, Muñoz BC, Montejo L, Gamboa A. 2012. Effects of seed dormancy, cotyledon reserves and herbivory on establishment of tropical trees. Final Report of the International Foundation for Science (IFS) (D/ 3536-2). Stockholm, Sweden.
- Sánchez JA, Muñoz BC, Montejo L, Herrera RH. 2009a. Ecological grouping of tropical trees in an evergreen forest of the Sierra del Rosario, Cuba. *Acta Botánica Cubana*. 204: 14-23.
- Sánchez JA, Orta R, Muñoz BC. 2001. Tratamientos pregerminativos de hidratación-deshidratación de las semillas y sus efectos en plantas de interés agrícola. *Agronomía Costarricense*. 25: 67-92.
- 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, 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, Condit R. 2006. Studies on the seed biology of 100 native species of tree in a seasonal moist tropical forest, Panama, Central America. *Forest Ecology and Management*. 234: 245-263.
- 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.
- Seglias AE, Williams E, Bilge A, Kramer AT. 2018. Phylogeny and source climate impact seed dormancy and germination of restoration-relevant forb species. *PLOS ONE* 13(2): e0191931. DOI.org/10.1371/journal.pone.0191931.
- Silveira FAO. 2013. Sowing seeds for the future: the need for establishing protocols for the study of seed dormancy. *Acta Botanica Brasílica*. 27: 264-269.
- Soltani E, Baskin CC, Baskin JM, Heshmati S, Mirfazeli MS. 2018. A meta-analysis of the effects of frugivory (endozoochory) on seed germination: role of seed size and kind of dormancy. *Plant Ecology*. DOI.org/10.1007/s11258-018-0878-3.
- Torres-Arias Y, Sánchez JA, Pernús M. 2019. *Manual de semillas para la restauración de ecosistemas limítrofes al manglar*. Editorial AMA, La Habana.
- Vázquez-Yanes C, Orozco-Segovia A. 1993. Patterns of seed longevity and germination in the tropical rainforest. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 24: 69-87.
- Vázquez-Yanes C, Orozco-Segovia A. 1994. Signals for seeds to sense and respond to gaps. En: Caldwell MM, Pearcy RW. (eds.), *Exploitation of environmental heterogeneity by plants*, 209-235, Academic Press, San Diego, CA.
- Volis S, Bohrer G. 2013. Joint evolution of seed traits along an aridity gradient: seed size and dormancy are not two substitutable evolutionary traits in temporally heterogeneous environment. *New Phytologist*. 197: 655-667.
- Willis CG, Baskin CC, Baskin JM, Auld JR, Venable DL, 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 Phytologist*. 203: 300-309.
- Wyse SV, Dickie JB. 2018. Taxonomic affinity, habitat and seed mass strongly predict seed desiccation response: a boosted regression trees analysis based on 17539 species. *Annals of Botany*. 121: 71-83.

Sánchez *et al.*: Mecanismos de germinación de plantas cubanas

**Anexo 1.** Características de germinación, clases de dormancia y tratamientos pregerminativos para las especies propuestas. Temperatura (°C). Simbología: L=O, germina igual a la luz que a la oscuridad; L> O, germinan mejor a la luz que a la oscuridad; L <O, germinan mejor a la oscuridad que a la luz; L, solo germinan a la luz; O, solo germinan a la oscuridad. Clases de dormancia de las semillas: no dormantes (ND), dormancia fisiológica (PD), dormancia morfológica (MD), dormancia morfofisiológica (MPD), dormancia física (PY) y dormancia combinada (PY + PD).<sup>1</sup>Datos no disponibles, <sup>2</sup>endemismos cubanos, <sup>3</sup>arbustos, <sup>4</sup>árboles pioneros.

**Appendix 1.** Germination characteristics, dormancy classes and pregermination treatments for the proposed species. Temperature (°C). Symbology: L = D, germinates equal to light than to darkness; L > D, germinates better in the light than in the dark; L < D, germinates better in the darkness, L, only germinate in the light; D, they only germinate in the darkness. Seminal dormancy classes: non-dormant (ND), physiological dormancy (PD), morphological dormancy (MD), morphophysiological dormancy (MPD), physical dormancy (PY) and combined dormancy (PY + PD). <sup>1</sup>Data not available, <sup>2</sup>cuban endemism's, <sup>3</sup>shrubs, <sup>4</sup>pioneer trees.

Familia/ Especie	Temperatura óptima germinación	Exigencia de luz	Clase de dormancia	Tratamiento pregerminativo
<b>Anacardiaceae</b>				
<i>Spondias mombin</i> L.	25/30	— <sup>1</sup>	PD	Almacenamiento en seco por 30 meses a temperatura ambiente o escarificación parcial o total del endocarpo
<b>Annonaceae</b>				
<i>Annona glabra</i> L.	25/30	—	MPD	Siembra inmediata para evitar pérdida de la viabilidad y favorecer el crecimiento del embrión
<i>Guatteria blainii</i> (Griseb.) Urb.	25/30	—	MPD	Probablemente estratificación húmeda por la clase de dormancia
<i>Guatteria cubensis</i> Bisse <sup>2</sup>	25/30	—	MPD	Probablemente estratificación húmeda por la clase de dormancia
<i>Oxandra lanceolata</i> (Sw.) Baill.	25	L=O	MPD	Estratificación húmeda por dos meses
<i>Oxandra laurifolia</i> (Sw.) A. Rich.	25/30	—	MPD	Estratificación húmeda por dos meses
<i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.	25/30	—	MPD	Estratificación húmeda por dos meses
<i>Xylopia obtusifolia</i> (A. DC.) A. Rich. <sup>2</sup>	25/30	—	MPD	Estratificación húmeda por dos meses
<b>Apocynaceae</b>				
<i>Cameraria latifolia</i> L.	—	—	PD	Probablemente escarificación por la clase de dormancia
<i>Cameraria retusa</i> Griseb. <sup>2</sup>	—	—	PD	Probablemente escarificación por la clase de dormancia
<i>Tabernaemontana alba</i> Mill.	25/30	—	ND	No requiere, pero probablemente la eliminación del arilo facilite la germinación
<b>Aquifoliaceae</b>				
<i>Ilex cassine</i> L.	25/30	L=O	MPD	Estratificación húmeda por dos o tres meses
<b>Araliaceae</b>				
<i>Dendropanax arboreus</i> (L.) Decne. & Planch.	25/35	L=O	MD, MPD	Estratificación húmeda por dos meses
<i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Maguire	25/30	—	MD	Estratificación húmeda por un mes
<b>Arecaceae</b>				
<i>Acoelorrhaphe wrightii</i> (Griseb. & H. Wendl.) H. Wendl. ex Becc.	—	—	MD, MPD	Eliminación del endocarpo y/o estratificación húmeda
<i>Bactris cubensis</i> Burret <sup>2</sup>	—	—	MPD	Eliminación del endocarpo y/o estratificación húmeda
<i>Calyptronoma occidentalis</i> (Sw.) H. E. Moore	—	—	MD, MPD	Eliminación del endocarpo y/o estratificación húmeda
<i>Coccothrinax crinita</i> (C. Wright) Becc. subsp. Crinita <sup>2</sup>	25/30	L=O	MD, MPD	Eliminación del endocarpo y/o estratificación húmeda
<i>Coccothrinax cupularis</i> (León) O. Muñiz & Borhidi <sup>2</sup>	25/35	L=O	MD, MPD	Eliminación del endocarpo y/o estratificación húmeda
<i>Coccothrinax orientalis</i> (León) O. Muñiz & Borhidi <sup>2</sup>	25/30	L=O	MD, MPD	Eliminación del endocarpo y/o estratificación húmeda
<i>Colpothrinax wrightii</i> Griseb. & H. Wendl. ex Voss <sup>2</sup>	—	—	MD, MPD	Eliminación del endocarpo y/o estratificación húmeda

Sánchez *et al.*: Mecanismos de germinación de plantas cubanas

<i>Copernicia baileyana</i> León <sup>2</sup>	—	—	MD, MPD	Eliminación del endocarpo y/o estratificación húmeda
<i>Copernicia fallaiensis</i> León <sup>2</sup>	—	—	MD, MPD	Eliminación del endocarpo y/o estratificación húmeda
<i>Copernicia glabrescens</i> H. Wendl. ex Becc. <sup>2</sup>	—	—	MD, MPD	Eliminación del endocarpo y/o estratificación húmeda
<i>Copernicia macroglossa</i> Schaedtler <sup>2</sup>	—	—	MD, MPD	Eliminación del endocarpo y/o estratificación húmeda
<i>Gastrococos crista</i> (Kunth) H. E. Moore <sup>2</sup>	—	—	MPD	Eliminación del endocarpo y/o estratificación húmeda
<i>Pseudophoenix sargentii</i> subsp. saonae (O. F. Cook) Read	—	—	MPD	Eliminación del endocarpo y/o estratificación húmeda
<i>Roystonea regia</i> (Kunth) O.F.Cook	25/35	L=O	MPD	Eliminación del endocarpo y/o estratificación húmeda
<i>Sabal maritima</i> (Kunth) Burret	—	—	MPD	Eliminación del endocarpo y/o estratificación húmeda
<i>Sabal palmetto</i> (Walter) Lodd. ex Schult. & Schult. f.	25/35	—	MD, MPD	Eliminación del endocarpo y/o estratificación húmeda
<i>Sabal yapa</i> C. Wright ex Becc.	—	—	MPD	Eliminación del endocarpo y/o estratificación húmeda
<i>Thrinax radiata</i> Lodd. ex Schult. & Schult. f.	25/30	L=O	MD, MPD	Eliminación del endocarpo y/o estratificación húmeda
<b>Asparagaceae</b>				
<i>Dracaena cubensis</i> Vict. <sup>2,3</sup>	25/30	L=O	MD, MPD	Estratificación húmeda por dos meses
<b>Avicenniaceae</b>				
<i>Avicennia germinans</i> (L.) L.	25/40	L=O	ND	No requiere tratamiento, pero siembra inmediata para evitar pérdida de la viabilidad
<b>Bignoniaceae</b>				
<i>Amphitecna latifolia</i> (Mill.) A. H. Gentry	25/30	—	PD	Probablemente escarificación por la clase de dormancia
<i>Catalpa macrocarpa</i> (A. Rich.) Ekman & Urb.	25/30	—	ND	No requiere tratamiento
<i>Catalpa purpurea</i> Griseb.	—	—	ND	No requiere tratamiento
<i>Crescentia mirabilis</i> Ekman ex Urb. <sup>2</sup>	—	—	ND	No requiere tratamiento
<i>Jacaranda arborea</i> Urb. <sup>2</sup>	—	—	ND	No requiere tratamiento
<i>Jacaranda caerulea</i> (L.) Juss.	—	—	ND	No requiere tratamiento
<i>Spirotecoma bolguinensis</i> (Britton) Alain <sup>2,4</sup>	25/30	L=O	ND	No requiere tratamiento, pero eliminar semillas vanas (o vacías) para altos porcentajes de germinación final
<i>Tabebuia angustata</i> Britton <sup>4</sup>	25/30	—	ND	No requiere tratamiento, pero debe sembrarse rápido porque la cubierta es muy frágil
<i>Tabebuia dubia</i> (C. Wright) Britton ex Seibert <sup>2</sup>	25/30	—	ND	No requiere tratamiento, pero debe sembrarse rápido porque la cubierta es muy frágil
<i>Tabebuia hypoleuca</i> (C. Wright) Urb. <sup>2</sup>	25/30	—	ND	No requiere tratamiento, pero debe sembrarse rápido porque la cubierta es muy frágil
<i>Tabebuia leptoneura</i> Urb. <sup>2</sup>	25/30	—	ND	No requiere tratamiento, pero debe sembrarse rápido porque la cubierta es muy frágil
<i>Tabebuia shajeri</i> Britton <sup>2,4</sup>	25/30	—	ND	No requiere tratamiento, pero debe sembrarse rápido porque la cubierta es muy frágil
<b>Boraginaceae</b>				
<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Oken	—	—	ND	No requiere tratamiento
<i>Cordia collococca</i> L.	25/35	L=O	PD	Inmersión en agua por 12 horas
<i>Cordia dentata</i> Poir.	25/35	L>O	PD	No determinado, pero probablemente escarificación por características de las semillas
<i>Cordia gerascanthus</i> L. <sup>4</sup>	25	—	ND	No requiere tratamiento
<i>Cordia laevigata</i> Lam.	25/30	—	ND	No requiere tratamiento
<i>Cordia leucosebestena</i> Griseb. <sup>2</sup>	—	—	PD	Probablemente escarificación por la clase de dormancia
<i>Cordia sebestena</i> L.	25/30	L=O	ND	No requiere tratamiento

Sánchez *et al.*: Mecanismos de germinación de plantas cubanas

<i>Ebretia tinifolia</i> L.	25/35	L	PD	Siembra superficial porque requiere luz blanca para germinar, más escarificación mecánica parcial o inmersión en agua por 6 horas
<b>Brunelliaceae</b>				
<i>Brunellia comocladifolia</i> subsp. cubensis Cuatrec. <sup>2</sup>	25/35	—	PD	Probablemente escarificación por la clase de dormancia
<b>Burseraceae</b>				
<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	25/35	L=O	PD	Escarificación mecánica parcial o inmersión en agua por 6 horas
<i>Protium cubense</i> (Rose) Urb. <sup>2</sup>	—	—	PD	Escarificación por clase de dormancia y características del fruto
<i>Protium fragrans</i> (Rose) Urb. <sup>2</sup>	—	—	PD	Escarificación por clase de dormancia y características del fruto
<b>Cactaceae</b>				
<i>Dendrocereus nudiflorus</i> (C. Wright) Britton & Rose <sup>2</sup>	25/30	L	ND	Siembra inmediata después de la recolecta y superficial porque requiere luz blanca para germinar
<i>Leuenbergeria zinniiiflora</i> (DC.) Lodé <sup>2</sup>	25/30	L=O	ND	No requiere tratamiento
<b>Calophyllaceae</b>				
<i>Calophyllum antillanum</i> Britton	25/30	L=O	PD	Eliminación del endocarpo
<i>Calophyllum rivulare</i> Bisse <sup>2</sup>	—	—	PD	Eliminación del endocarpo
<i>Calophyllum utile</i> Bisse <sup>2</sup>	25/30	L=O	PD	Eliminación del endocarpo
<b>Cannabaceae</b>				
<i>Celtis trinervia</i> Lam.	—	—	PD	Probablemente escarificación por la clase de dormancia
<i>Trema micranthum</i> (L.) Blume <sup>4</sup>	25/40	L	ND	Siembra superficial porque requiere luz blanca para germinar y alternancia de la temperatura del sustrato
<b>Celastraceae</b>				
<i>Elaeodendron attenuatum</i> A. Rich.	—	—	ND	No requiere tratamiento
<b>Chrysobalanaceae</b>				
<i>Chrysobalanus icaco</i> L.	25/30	L>O	PD	Siembra inmediata y escarificación mecánica parcial o total de las cubiertas
<b>Clusiaceae</b>				
<i>Clusia rosea</i> Jacq.	25/30	—	ND	No requiere tratamiento, pero debe sembrarse inmediatamente después de la recolecta
<i>Garcinia aristata</i> (Griseb.) Borhidi	25/30	L=O	ND	No requiere tratamiento, pero debe sembrarse inmediatamente después de la recolecta
<i>Garcinia bakeriana</i> (Urb.) Borhidi <sup>2</sup>	—	—	ND	No requiere tratamiento
<i>Garcinia pungens</i> Borhidi <sup>2</sup>	—	—	ND	No requiere tratamiento
<b>Cochlospermaceae</b>				
<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng.	25/30	—	ND	No requiere tratamiento
<b>Combretaceae</b>				
<i>Conocarpus erectus</i> L. <sup>4</sup>	25/35	L=O	ND	No requiere tratamiento, pero debe sembrarse inmediatamente después de la recolecta
<i>Laguncularia racemosa</i> (L.) Gaertn. f.	—	—	ND	No requiere tratamiento, pero debe sembrarse inmediatamente después de la recolecta
<i>Terminalia buceras</i> (L.) C. Wright	25/35	L=O	ND	Siembra inmediata de frutos/semillas y separación de semillas vanas para altos porcentajes de germinación final
<i>Terminalia diptera</i> (Sagra) Greuter & R. Rankin <sup>2</sup>	—	—	ND	Siembra inmediata de frutos/semillas y separación de semillas vanas para altos porcentajes de germinación final

Sánchez *et al.*: Mecanismos de germinación de plantas cubanas

<i>Terminalia neglecta</i> Bisse <sup>2</sup>	—	—	ND	Siembra inmediata de frutos/semillas y separación de semillas vanas para altos porcentajes de germinación final
<i>Terminalia tetraphylla</i> (Aubl.) Gere & Boatwr.	—	—	ND	Siembra inmediata de frutos/semillas y separación de semillas vanas para altos porcentajes de germinación final
<b>Cupressaceae</b>				
<i>Juniperus barbadensis</i> L.	25	L>O	PD	Selección de semillas llenas mediante pruebas de flotación y aplicación de tratamientos de escarificación en ácido
<i>Juniperus saxicola</i> Britton & P. Wilson <sup>2</sup>	25/30	—	PD	Selección de semillas llenas mediante pruebas de flotación y aplicación de tratamientos de escarificación en ácido
<b>Cyrillaceae</b>				
<i>Cyrilla cubensis</i> P. Wilson ex Britton <sup>2,3</sup>	—	—	PD	No determinado, pero selección de semillas llenas por flotación previo siembra
<i>Cyrilla lutzgardae</i> Berazaín <sup>2</sup>	—	—	PD	No determinado, pero selección de semillas llenas por flotación previo siembra
<i>Cyrilla megaphylla</i> Berazaín <sup>2</sup>	—	—	PD	No determinado, pero selección de semillas llenas por flotación previo siembra
<i>Cyrilla microareolata</i> Berazaín <sup>2</sup>	—	—	PD	No determinado, pero selección de semillas llenas por flotación previo siembra
<i>Cyrilla nipensis</i> Urb. <sup>2,3</sup>	—	—	PD	No determinado, pero selección de semillas llenas por flotación previo siembra
<i>Cyrilla silvae</i> Berazaín <sup>2</sup>	—	—	PD	No determinado, pero selección de semillas llenas por flotación previo siembra
<b>Ebenaceae</b>				
<i>Diospyros caribaea</i> (A. DC.) Standl.	25/30	L=O	PD	Siembra inmediata para evitar pérdida de la viabilidad
<i>Diospyros crassinervis</i> (Krug & Urb.) Standl. subsp. <i>crassinervis</i>			PD	No determinado
<i>Diospyros grisebachii</i> (Hiern) Standl. <sup>2</sup>	25/30	L=O	PD	Siembra inmediata para evitar pérdida de la viabilidad
<i>Diospyros halesioides</i> Griseb <sup>2</sup>	25/30	L>O	PD	No determinado
<i>Diospyros tetrasperma</i> Sw.	—	—	PD	No determinado
<b>Elaeocarpaceae</b>				
<i>Sloanea amygdalina</i> Griseb.	—	—	ND, PD	No requiere, pero probablemente la eliminación del arilo facilite la germinación
<i>Sloanea curatellifolia</i> Griseb. <sup>2</sup>	—	—	ND, MPD	No requiere, pero probablemente la eliminación del arilo facilite la germinación
<b>Erythroxylaceae</b>				
<i>Erythroxylum areolatum</i> L.	—	—	PD	No determinado, pero probablemente la eliminación del arilo facilite la germinación y siembra inmediata
<i>Erythroxylum confusum</i> Britton	25/30	—	ND	Siembra inmediata para evitar pérdida de la viabilidad
<i>Erythroxylum havanense</i> Jacq. <sup>3</sup>	—	—	PD	No determinado, pero probablemente la eliminación del arilo facilite la germinación y siembra inmediata
<b>Euphorbiaceae</b>				
<i>Alchornea latifolia</i> Sw.	25/35	L>O	PD	Escarificación mecánica parcial o total de las cubiertas seminales
<i>Gymnanthes lucida</i> Sw.	—	—	ND	No requiere tratamiento
<i>Sapium laurifolium</i> (A. Rich.) Griseb.	—	—	PD	No determinado
<b>Fabaceae</b>				
<i>Abarema glaucum</i> (Urb.) Barneby & J. W. Grimes	—	—	ND	Inmersión en agua a 80°C por 30 segundos
<i>Abarema nipense</i> (Britton) Barneby & J. W. Grimes <sup>2</sup>	—	—	ND	Probablemente escarificación por la clase de dormancia

Sánchez *et al.*: Mecanismos de germinación de plantas cubanas

<i>Aburema obovale</i> (A. Rich.) Barneby& J. W. Grimes <sup>2</sup>	—	—	ND	Probablemente escarificación por la clase de dormancia
<i>Albizia berteriana</i> (DC.) Fawc. & Rendle	—	—	PY	Escarificación por la clase de dormancia
<i>Andira inermis</i> (W. Wright) DC.	25/35	L=O	PD	Escarificación mecánica parcial o total del endocarpo
<i>Behaimia cubensis</i> Griseb. <sup>2</sup>	—	—	PY	Probablemente escarificación por la clase de dormancia
<i>Bryae benus</i> (L.) DC. <sup>2</sup>	—	—	PD	Probablemente escarificación por la clase de dormancia
<i>Brya hirsuta</i> Borhidi <sup>2</sup>	—	—	PD	Probablemente escarificación por la clase de dormancia
<i>Brya microphylla</i> Bisse <sup>2</sup>	—	—	PD	Probablemente escarificación por la clase de dormancia
<i>Brya subinermis</i> León & Alain <sup>2</sup>	—	—	PD	Probablemente escarificación por la clase de dormancia
<i>Cassia grandis</i> L. f.	—	—	PY	Probablemente escarificación por la clase de dormancia
<i>Caesalpinia cubensis</i> Greenm.	25/40	L=O	ND, PY	Inmersión en agua a 80°C por 30 segundos
<i>Chloroleucon mangense</i> (Jacq.) Britton & Rose	—	—	PY	Probablemente escarificación por la clase de dormancia
<i>Cajoba arborea</i> (L.) Britton & Rose	25	L=O	ND	Siembra inmediata para evitar pérdida de la viabilidad
<i>Cynometra cubensis</i> A. Rich. subsp. <i>Cubensis</i> <sup>2</sup>	—	—	ND	No requiere tratamiento, pero siembra inmediata
<i>Erythrina cubensis</i> C. Wright <sup>2</sup>	25/30	L=O	PY	Escarificación con ácido sulfúrico (98%) durante una hora
<i>Erythrina grisebachii</i> Urb. <sup>2</sup>	—	—	ND	No requiere tratamiento, pero siembra inmediata
<i>Guibourtia hymenaeifolia</i> (Moric.) J. Léonard <sup>2</sup>	25/30	—	ND	No requiere tratamiento
<i>Haematoxylum campechianum</i> L.	25/35	L=O	ND	No requiere tratamiento
<i>Hebestigma cubense</i> (Kunth) Urb. <sup>2</sup>	—	—	PY	Escarificación ácida o mecánica por la clase de dormancia
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	25/35	L=O	ND	No requiere tratamiento
<i>Hymenaea torrei</i> León <sup>2</sup>	—	—	ND, PY	Probablemente escarificación por la clase de dormancia
<i>Lonchocarpus heptaphyllus</i> (Poir.) DC.	—	—	ND, PY	Probablemente escarificación por la clase de dormancia
<i>Lonchocarpus sericeus</i> (Poir.) Humboldt & al. ex DC.	25/30	L=O	ND	No requiere tratamiento
<i>Lysiloma latisiliquum</i> (L.) Benth.	25/35	L=O	PY	Inmersión en agua a 80°C durante 5 minutos
<i>Lysiloma sabicu</i> Benth.	25/35	L=O	PY	Inmersión en agua a 80°C durante 30 segundos
<i>Peltophorum adnatum</i> Griseb.	—	—	PY	Escarificación por la clase de dormancia
<i>Pictetia angustifolia</i> Griseb. <sup>2</sup>	—	—	PD	Escarificación por la clase de dormancia
<i>Pictetia mucronata</i> (Griseb.) Beyra & Lavin <sup>2</sup>	—	—	PD	Escarificación por la clase de dormancia
<i>Piscidia piscipula</i> (L.) Sarg.	—	—	ND, PY	Probablemente escarificación por la clase de dormancia
<i>Poeppegia procera</i> (Spreng.) C. Presl	25/35	L=O	ND	No requiere tratamiento
<i>Pseudosamanea cubana</i> (Britton & P.Wilson) Barneby& J. W. Grimes <sup>2</sup>	25/35	L=O	PY	Escarificación con ácido sulfúrico (98%) durante una hora
<i>Samanea saman</i> (Jacq.) Merr.	25/40	L=O	ND	No requiere tratamiento
<i>Swartzia cubensis</i> (Britton & P. Wilson) Standl.	25/35	L=O	ND	No requiere tratamiento, pero debe sembrarse inmediatamente después de la colecta
<i>Vachellia belairioides</i> (Urb.) Seigler & Ebinger <sup>2</sup>	25	L=O	PY	Escarificación con ácido sulfúrico (98%) por 30 minutos
<b>Fagaceae</b>				
<i>Quercus sagrana</i> Nutt. <sup>2</sup>	—	—	ND, PD	Probablemente escarificación por la clase de dormancia y separación de semillas en diferentes clases de tamaño para asegurar homogeneidad en la germinación
<b>Juglandaceae</b>				
<i>Juglans jamaicensis</i> C. DC. subsp. <i>jamaicensis</i>	25	L<O	PD	Inmersión en agua durante 24 horas o ruptura del endocarpo y posterior siembra a sombra
<i>Juglans jamaicensis</i> subsp. <i>insularis</i> (Griseb.) H. Schaarschm <sup>2</sup>	25	L<O	PD	Inmersión en agua durante 24 horas o ruptura del endocarpo y posterior siembra a sombra

Sánchez *et al.*: Mecanismos de germinación de plantas cubanas

<b>Lamiaceae</b>					
<i>Petitia domingensis</i> Jacq.	25/30	—	ND	No requiere tratamiento	
<i>Vitex divaricata</i> Sw.	—	—	ND	No requiere tratamiento	
<i>Vitex beptaphylla</i> A. Juss.	—	—	PD	No determinado	
<b>Lauraceae</b>					
<i>Aiouea grisebachii</i> (Lorea-Hern.) Rohwer	—	—	ND	No requiere tratamiento	
<i>Licaria cubensis</i> (O. C. Schmidt) Kosterm. <sup>2</sup>	—	—	PD	Probablemente escarificación por la clase de dormancia	
<i>Licaria triandra</i> (Sw.) Kosterm.	—	—	PD	Probablemente escarificación por la clase de dormancia	
<i>Nectandra coriacea</i> (Sw.) Griseb.	25/30	L=O	PD	Escarificación mecánica parcial o total del endocarpo y siembra inmediata	
<i>Nectandra hibua</i> (Ruiz & Pav.) Rohwer	—	—	PD	Escarificación mecánica parcial o total del endocarpo y siembra inmediata	
<i>Ocotea bucheri</i> Roig & Acuña <sup>2</sup>	—	—	PD	Escarificación mecánica parcial o total de las cubiertas seminales	
<i>Ocotea cuneata</i> (Griseb.) M. Gómez	—	—	PD	Escarificación mecánica parcial o total de las cubiertas seminales	
<i>Ocotea leucoxylon</i> (Sw.) Laness.	25/30	L=O	PD	Escarificación mecánica parcial o total de las cubiertas seminales	
<b>Magnoliaceae</b>					
<i>Magnolia cubensis</i> subsp. <i>acunae</i> Imkhan. <sup>2</sup>	25/30	—	MPD	No determinado, pero probablemente la eliminación del arilo y estratificación húmeda facilite la germinación	
<i>Magnolia cubensis</i> Urb. subsp. <i>Cubensis</i> <sup>2</sup>	25/30	—	MPD	No determinado, pero probablemente la eliminación del arilo y estratificación húmeda facilite la germinación	
<i>Magnolia orbiculata</i> (Britton & P. Wilson) Palmarola <sup>2</sup>	25/30	—	MPD	No determinado, pero probablemente la eliminación del arilo y estratificación húmeda facilite la germinación	
<i>Magnolia virginiana</i> subsp. <i>oviedoae</i> Palmarola & al. <sup>2</sup>	25/30	—	MPD	No determinado, pero probablemente la eliminación del arilo y estratificación húmeda facilite la germinación	
<b>Malpighiaceae</b>					
<i>Byrsonima bucheri</i> Moldenke	—	—	PD	No determinado, pero se recomienda escarificación ácida o mecánica del endocarpo	
<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth	—	—	PD	No determinado, pero se recomienda escarificación ácida o mecánica del endocarpo	
<i>Byrsonima cuneata</i> (Turcz.) P. Wilson <sup>2</sup>	—	—	PD	No determinado, pero se recomienda escarificación ácida o mecánica del endocarpo	
<i>Byrsonima lucida</i> (Mill.) DC.	—	—	PD	No determinado, pero se recomienda escarificación ácida o mecánica del endocarpo	
<b>Malvaceae</b>					
<i>Carpodiptera cubensis</i> Griseb. subsp. <i>cubensis</i>	—	—	PY	Probablemente escarificación por la clase de dormancia	
<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn. <sup>4</sup>	25/35	L=O	PD	Escarificación mecánica parcial o total de las cubiertas seminales	
<i>Gnuzuma ulmifolia</i> Lam. <sup>4</sup>	25/35	L=O	PY	Escarificación con ácido sulfúrico (98%) durante una hora o inmersión en agua a 80°C por 5 minutos	
<i>Hildegardia cubensis</i> (Urb.) Kosterm. <sup>2</sup>	—	—	ND	No requiere tratamiento	
<i>Luebea speciosa</i> Willd. <sup>4</sup>	25/35	L=O	PY	Escarificación con ácido sulfúrico (98%) por 30 minutos	
<i>Ochroma pyramidale</i> (Lam.) Urb. <sup>4</sup>	25/40	L=O	PD, PY	Inmersión en agua hirviendo durante 15 segundos	
<i>Talipariti elatum</i> (Sw.) Fryxell <sup>4</sup>	25/35	L=O	PD, PY	Inmersión en agua a 80°C por 10 minutos	
<i>Thespesia cubensis</i> (Britton & P. Wilson) J.B. Hutch. <sup>2</sup>	—	—	PY	Probablemente escarificación por la clase de dormancia	

Sánchez *et al.*: Mecanismos de germinación de plantas cubanas

<i>Trichospermum lessertianum</i> (Hochr.) Dorr <sup>4</sup>	25/35	L=O	ND	No requiere tratamiento, pero se recomienda hidratar las semillas en agua durante 120 horas, secar al aire y a la sombra durante 72 horas
<b>Meliaceae</b>				
<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	25/35	—	ND, PD	No requiere tratamiento
<i>Cedrela odorata</i> L. <sup>4</sup>	25/30	L=O	ND	No requiere tratamiento
<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer	25/30	L=O	PD	No determinado, pero la siembra debe ser inmediata para evitar pérdida de la viabilidad
<i>Swietenia mahagoni</i> (L.) Jacq.	25/30	L=O	ND	No requiere tratamiento
<i>Trichilia havanensis</i> Jacq.	25/30	L=O	ND	No requiere tratamiento
<i>Trichilia hirta</i> L.	25/30	L=O	ND	No requiere tratamiento
<b>Moraceae</b>				
<i>Brosimum alicastrum</i> Sw.	25/30	L=O	ND	No requiere tratamiento
<i>Ficus aurea</i> Nutt. <sup>4</sup>	25/30	L>O	PD	No determinado
<i>Ficus maxima</i> Mill. <sup>4</sup>	25/35	L>O	ND	No requiere tratamiento
<i>Maclura tinctoria</i> (L.) D. Don ex Steud. <sup>4</sup>	25/30	—	ND	No requiere tratamiento
<i>Pseudolmedia spuria</i> (Sw.) Griseb.	25/30	L=O	PD	Escarificación mecánica parcial o total del endocarpo y siembra inmediata para evitar pérdida de la viabilidad
<i>Trophis racemosa</i> (L.) Urb.	—	—	ND	No requiere tratamiento
<b>Muntingiaceae</b>				
<i>Muntingia calabura</i> L. <sup>4</sup>	25/35	L	ND	Siembra superficial por el tamaño seminal y porque requiere luz blanca para germinar
<b>Myrsinaceae</b>				
<i>Myrsine floridana</i> A. DC.	—	—	PD	Probablemente escarificación por la clase de dormancia
<b>Myrtaceae</b>				
<i>Eugenia axillaris</i> (Sw.) Willd.	—	—	PD	No determinado
<i>Eugenia monticola</i> (Sw.) DC.	—	—	PD	No determinado
<i>Pimentadivora</i> (L.) Merr.	—	—	ND	No requiere tratamiento, pero debe sembrarse inmediatamente después de la recolecta
<i>Myrciaria floribunda</i> (Willd.) O. Berg	—	—	PD	No determinado
<b>Oleaceae</b>				
<i>Chionanthus domingensis</i> Lam.	—	—	PD	Probablemente escarificación por la clase de dormancia
<i>Fraxinus caroliniana</i> subsp. <i>cubensis</i> (Griseb.) Borhidi <sup>2</sup>	—	—	PD	No determinado
<b>Pentaphylacaceae</b>				
<i>Freziera grisebachii</i> Krug & Urb.	—	—	PD	No determinado
<b>Peraceae</b>				
<i>Pera bumeliifolia</i> Griseb.	—	—	ND	No requiere tratamiento
<i>Pera oppositifolia</i> Griseb. <sup>2</sup>	—	—	ND	No requiere tratamiento
<b>Phyllanthaceae</b>				
<i>Hieronyma cubana</i> Müll. Arg. <sup>2</sup>	25	—	PD	No determinado
<i>Margaritaria nobilis</i> L. f.	—	—	PD	Escarificación mecánica parcial o total de las cubiertas seminales
<b>Picramniaceae</b>				
<i>Picramnia pentandra</i> Sw.	25	O	PD	Siembra en condiciones de oscuridad y aplicación de tratamientos de escarificación de las cubiertas seminales

Sánchez *et al.*: Mecanismos de germinación de plantas cubanas

<b>Pinaceae</b>					
<i>Pinus caribaea</i> Morelet <sup>4</sup>	25/30	—	PD	Inmersión en agua por 48 horas y cambio cada 12 horas	
<i>Pinus cubensis</i> Sarg. ex Griseb. <sup>2</sup>	25/30	—	PD	Inmersión en agua por 48 horas y cambio cada 12 horas	
<i>Pinus tropicalis</i> Morelet <sup>2</sup>	25/30	—	PD	Inmersión en agua por 48 horas y cambio cada 12 horas	
<b>Podocarpaceae</b>					
<i>Podocarpus angustifolius</i> Griseb. <sup>2</sup>	25	—	MPD	Inmersión en agua por 48 horas a temperatura ambiente y siembra inmediata para evitar pérdida de viabilidad	
<i>Podocarpus aristulatus</i> Parl. <sup>2</sup>	—	—	MPD	Probablemente estratificación húmeda por la clase de dormancia y siembra inmediata para evitar pérdida de viabilidad	
<b>Polygonaceae</b>					
<i>Coccoloba diversifolia</i> Jacq.	25	L=O	PD	Escarificación mecánica parcial	
<i>Coccoloba wifera</i> (L.) L.	25/30	—	PD	Inmersión en agua por 12 horas o escarificación mecánica parcial	
<b>Primulaceae</b>					
<i>Wallenia laurifolia</i> Sw.	25/30	L=O	PD	Probablemente escarificación por la clase de dormancia	
<b>Rhamnaceae</b>					
<i>Colubrina arborescens</i> (Mill.) Sarg.	25/35	L=O	PD	Escarificación mecánica total de la cubiertas seminales o inmersión en agua a 80°C durante 30 segundos	
<i>Krugiodendron ferreum</i> (Vahl) Urb.	30	—	ND	No requiere tratamiento	
<i>Ziziphus bavanensis</i> Kunth	—	—	PD	Probablemente escarificación por la clase de dormancia	
<b>Rosaceae</b>					
<i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urb.	25/30	L=O	PD	Escarificación mecánica parcial o total del endocarpo	
<i>Prunus occidentalis</i> Sw.	25/30	L=O	ND	No requiere, pero la escarificación mecánica parcial o total del endocarpo acelera la germinación	
<b>Rubiaceae</b>					
<i>Acrosynanthus latifolius</i> Standl. <sup>2</sup>	—	—	PD	No determinado	
<i>Casasia chusifolia</i> (Jacq.) Urb.	25	L>O	MPD	Estratificación húmeda por dos meses	
<i>Calycophyllum candidissimum</i> (Vahl) DC. <sup>4</sup>	25/35	L>O	PD	No determinado	
<i>Genipa americana</i> L.	25/30	L=O	ND	No requiere tratamiento	
<i>Guettarda combsii</i> Urb.	—	—	PD	No determinado	
<i>Hamelia patens</i> Jacq. <sup>3,4</sup>	—	—	ND	No requiere tratamiento	
<i>Schmidtottia shaferi</i> (Standl.) Urb. <sup>2,3</sup>	—	—	PD	No determinado	
<b>Rutaceae</b>					
<i>Zanthoxylum caribaeum</i> Lam.	—	—	PD	Lavado de las semillas con abundante agua y escarificación por la clase de dormancia	
<i>Zanthoxylum ekmanii</i> (Urb.) Alain <sup>2</sup>	—	—	PD	Lavado de las semillas con abundante agua y escarificación por la clase de dormancia	
<i>Zanthoxylum flavum</i> Vahl	—	—	PD	Lavado de las semillas con abundante agua y escarificación por la clase de dormancia	
<i>Zanthoxylum martinicense</i> (Lam.) DC. <sup>4</sup>	25/30	L>O	PD	Inmersión en agua por 6 horas o escarificación por clase de dormancia	
<b>Salicaceae</b>					
<i>Casearia guianensis</i> (Aubl.) Urb.	25/30	L=O	ND	No requiere tratamiento	
<i>Gossypiospermum praecox</i> (Griseb.) P. Wilson	—	—	ND	No requiere tratamiento	
<i>Homalium racemosum</i> Jacq.	—	—	ND	No requiere tratamiento	
<i>Salix caroliniana</i> Michx. <sup>3</sup>	—	—	ND	No requiere tratamiento	

Sánchez *et al.*: Mecanismos de germinación de plantas cubanas

<i>Zuelania guidonia</i> (Sw.) Britton & Millsp. <sup>4</sup>	—	—	ND	No requiere tratamiento
<b>Sapindaceae</b>				
<i>Allophylus cominia</i> (L.) Sw.	25	L=O	PD	Escarificación mecánica parcial o total del endocarpo
<i>Cupania americana</i> L.	25/30	L=O	PD	Escarificación mecánica parcial o total de la testa y siembra inmediata para evitar pérdida de viabilidad
<i>Cupania glabra</i> Sw.	25/30	L=O	PD	Escarificación mecánica parcial o total de la testa y siembra inmediata para evitar pérdida de viabilidad
<i>Cupania juglandifolia</i> A. Rich.	—	—	PD	Escarificación mecánica parcial o total de la testa y siembra inmediata para evitar pérdida de viabilidad
<i>Exothea paniculata</i> (Juss.) Radlk.	—	—	PD	No determinado, pero probablemente escarificación por la clase de dormancia
<i>Hypelate trifoliata</i> Sw.	—	—	ND	No requiere tratamiento
<i>Matayba domingensis</i> (DC.) Radlk.	25/30	—	PY	Probablemente escarificación por la clase de dormancia
<i>Matayba oppositifolia</i> (A. Rich.) Britton	25	L=O	PD	Escarificación mecánica parcial o total del endocarpo
<i>Sapindus saponaria</i> L.	25/35	L=O	PY, PY + PD	Ruptura de la testa
<b>Sapotaceae</b>				
<i>Chrysophyllum argenteum</i> Jacq.	—	—	PD	No determinado, pero probablemente escarificación por la clase de dormancia
<i>Chrysophyllum cainito</i> L.	25/30	L=O	ND	No requiere tratamiento, pero debe sembrarse inmediatamente después de la recolecta
<i>Manilkara jaimiqui</i> (Griseb.) Dubard subsp. jaimiqui	25/30	—	PD	Escarificación mecánica parcial o total de las cubiertas y siembra inmediata después de la recolecta
<i>Manilkara jaimiqui</i> subsp. wrightiana (Pierre) Cronquist <sup>2</sup>	25/30	—	PD	Escarificación mecánica parcial o total de las cubiertas y siembra inmediata después de la recolecta
<i>Manilkara mayarensis</i> (Urb.) Cronquist <sup>2</sup>	25/30	—	PD	Escarificación mecánica parcial o total de las cubiertas y siembra inmediata después de la recolecta
<i>Manilkara valenzuelana</i> (A. Rich.) T. D. Penn.	25/30	—	PD	Escarificación mecánica parcial o total de las cubiertas y siembra inmediata después de la recolecta
<i>Micropholis polita</i> (Griseb.) Pierre	30	—	PD	Probablemente escarificación por la clase de dormancia
<i>Pouteria dictyoneura</i> (Griseb.) Radlk. subsp. dictyoneura <sup>2</sup>	—	—	ND	No requiere tratamiento, pero debe sembrarse inmediatamente después de la recolecta
<i>Pouteria dominigensis</i> (C. F. Gaertn.) Baehni subsp. dominigensis	25/30	L=O	ND	No requiere tratamiento, pero debe sembrarse inmediatamente después de la recolecta
<i>Pouteria sessiliflora</i> (Sw.) Poir.	—	—	ND	No requiere tratamiento, pero debe sembrarse inmediatamente después de la recolecta
<i>Sideroxylon americanum</i> (Mill.) T. D. Penn.	—	—	PD	Probablemente escarificación por la clase de dormancia
<i>Sideroxylon ekmanianum</i> (Urb.) Bisse& al. <sup>2</sup>	—	—	PD	Probablemente escarificación por la clase de dormancia
<i>Sideroxylon foetidissimum</i> Jacq. subsp. foetidissimum	25/35	L=O	PD	Escarificación mecánica total o parcial y siembra inmediata
<i>Sideroxylon jubilla</i> (Urb.) T. D. Penn. <sup>2</sup>	—	—	PD	Probablemente escarificación por la clase de dormancia
<i>Sideroxylon moaense</i> (Bisse& J. E. Gut.) J. E. Gut. <sup>2</sup>	—	—	PD	Probablemente escarificación por la clase de dormancia
<i>Sideroxylon salicifolium</i> (L.) Lam.	25/30	L=O	PD	Escarificación mecánica total o parcial y siembra inmediata
<b>Simaroubaceae</b>				
<i>Simarouba glauca</i> DC.	25/30	—	ND	No requiere tratamiento, pero debe sembrarse inmediatamente después de la recolecta para evitar pérdida de la viabilidad
<i>Simarouba laevis</i> Griseb. <sup>2</sup>	25/30	L=O	PD	Probablemente escarificación por la clase de dormancia

Sánchez *et al.*: Mecanismos de germinación de plantas cubanas

<b>Solanaceae</b>					
<i>Espadaea amoena</i> A. Rich. <sup>2</sup>	25/30, 25/35	L=O	PD	No determinado, pero debe sembrarse inmediatamente después de la recolecta para evitar pérdida de la viabilidad	
<i>Solanum torvum</i> Sw. <sup>3</sup>	25/30, 25/35	L>O	ND	No requiere tratamiento, pero debe sembrarse superficial porque requiere alternancia de la temperatura del sustrato	
<b>Ulmaceae</b>					
<i>Phyllostylon rhamnoides</i> (J. Poiss.) Taub.	—	—	ND	No requiere tratamiento	
<b>Urticaceae</b>					
<i>Cecropia peltata</i> L. <sup>4</sup>	25/35	L	ND	Siembra superficial por el tamaño seminal y porque requiere luz blanca para germinar	
<b>Verbenaceae</b>					
<i>Citharexylum spinosum</i> L.	25/35	L=O	PD	No determinado	
<b>Zygophyllaceae</b>					
<i>Guaiacum officinale</i> L.	25/30	—	PD	Probablemente escarificación por la clase de dormancia	
<i>Guaiacum sanctum</i> L.	30	—	PD	Probablemente escarificación por la clase de dormancia	

Sánchez *et al.*: Mecanismos de germinación de plantas cubanas

**Anexo 2.** Posibles clases de dormancia (y no dormancia) por familia botánica para árboles cubanos. Presencia de dormancia (x) y mayor frecuencia de presencia de dormancia (XX) de acuerdo a lo informado por Willis *et al.* (2014).

**Appendix 2.** Dormancy class (and non-dormancy) by botanical family for Cuban trees. Presence of dormancy (x) and greater frequency of presence of dormancy (XX) as reported by Willis *et al.* (2014).

Clases de dormancia							Clases de dormancia						
Familia	ND	PD	PY	MD	MPD	PY+PD	Familia	ND	PD	PY	MD	MPD	PY+PD
Acanthaceae	xx	x					Euphorbiaceae	x	xx				
Anacardiaceae	x	xx	x			x	Fabaceae	x	x	xx			x
Annonaceae				x	xx		Fagaceae	x	xx				
Apocynaceae	xx	x					Garryaceae	x	xx		x	x	
Aquifoliaceae				x	xx		Gesneriaceae	xx	x				
Araliaceae				x	xx		Hernandiaceae	xx	x				
Arecaceae	x			x	xx		Hypericaceae	x	xx				
Asparagaceae	x	x		x	xx		Icacinaceae		x		x	xx	
Asteraceae	x	xx					Juglandaceae	x	xx				
Berberidaceae	x	xx			x		Lamiaceae	x	xx				
Bignoniaceae	xx	x	x				Lauraceae	x	xx	x			
Bixaceae	x		xx				Loganiaceae	x	xx				
Boraginaceae	x	xx			x		Lythraceae	x	xx				
Brunelliaceae		xx					Magnoliaceae				x	xx	
Burseraceae	x	xx					Malpighiaceae	x	xx				
Buxaceae	xx	xx					Malvaceae	x	x	xx			x
Cactaceae	x	xx					Melastomataceae	x	xx				
Calophyllaceae	xx	x					Meliaceae	xx	x				
Canellaceae				x	x		Moraceae	xx	x				
Cannabaceae	x	xx					Myricaceae	x	xx				
Capparaceae	x	xx					Myrtaceae	xx	xx				
Celastraceae	x	xx					Nyctaginaceae	x	xx				
Chloranthaceae					xx		Ochnaceae	x	xx				
Chrysobalanaceae	x	xx					Olacaceae	x	x		x	xx	
Clusiaceae	x	xx					Oleaceae	x	xx				x
Combretaceae	x	xx					Papaveraceae		x		x	xx	
Connaraceae	xx	x					Pentaphragmaceae	x	xx				
Cunoniaceae	x	xx					Peraceae	xx	x				
Cupressaceae	x	xx					Phyllanthaceae	x	xx				
Cyrtaceae			No hay información					Phytolaccaceae	x	xx			
Dichapetalaceae	x	xx					Picramniaceae	xx	xx				
Dilleniaceae				x	xx		Picrodendraceae	xx	xx				
Ebenaceae	x	xx					Pinaceae	x	xx				
Elaeocarpaceae	x	xx			x		Piperaceae	xx	x		x	x	
Ericaceae	x	xx			x		Podocarpaceae				x	xx	
Erythroxylaceae	xx	x					Polygalaceae	x	xx				

Sánchez *et al.*: Mecanismos de germinación de plantas cubanas

Familia	Clases de dormancia						Familia	Clases de dormancia					
	ND	PD	PY	MD	MPD	PY+PD		ND	PD	PY	MD	MPD	PY+PD
Primulaceae	x	xx					Scrophulariaceae	x	xx				
Putranjivaceae	x	xx					Simaroubaceae	x	xx				
Rhamnaceae	x	x	x			xx	Solanaceae	x	xx				
Rhizophoraceae	xx	x					Styracaceae	x	xx				
Rosaceae	x	xx					Surianaceae	x	x	xx			
Rubiaceae	x	xx		x	x		Symplocaceae		xx				
Rutaceae	x	xx	x				Tapisciaceae			No hay información			
Sabiaceae	x	xx					Theaceae	x	xx				
Salicaceae	xx	x	x				Thymelaeaceae	x	xx				
Sapindaceae	x	xx	x		x		Ulmaceae	xx	x				
Sapotaceae	x	xx					Urticaceae	xx	x				
Schlegeliaceae			No hay información				Verbenaceae	x	xx				
Schoepfiaceae			No hay información				Viburnaceae			No hay información			
							Zygophyllaceae	x	xx				

Sánchez *et al.*: Mecanismos de germinación de plantas cubanas

**Anexo 3.** Aspectos a considerar para el manejo de semillas en tareas de restauración.

**Appendix 3.** Important aspects to consider for handling seeds in restoration work.

---

**Recomendaciones para la recolecta y germinación de semillas**

---

- ✓ Recolectar semillas maduras directamente de la planta madre y si es posible de un gran número de plantas y de forma aleatoria dentro de cada planta y sitio.
  - ✓ Recolectar semillas solo de ejemplares saludables y vigorosos. No recolectar más del 20% de las semillas viables para no afectar la regeneración natural.
  - ✓ Si es posible emplear semillas de procedencia local para la restauración.
  - ✓ Emplear envases adecuados (bolsas de papel o plásticas con poros) para mantener viables las semillas durante su traslado al vivero o laboratorio.
  - ✓ Determinar viabilidad de las semillas por pruebas de cortes. Si los embriones son blancos y firmes las semillas son viables.
  - ✓ Realizar pruebas de germinación y de emergencia de plántulas con semillas recién recolectadas (frescas).
  - ✓ Realizar pruebas de imbibición para determinar si las semillas se hidratan o no. En caso de que las semillas no se hidraten aplicar tratamientos de escarificación (mecánicos o ácidos) para facilitar la entrada del agua.
  - ✓ Si la unidad de dispersión (semilla/fruto) presenta cubiertas duras debe someterse a tratamientos de escarificación (mecánica total o parcial). Este tratamiento pregerminativo elimina dormancia y facilita la entrada de agua al embrión; y por tanto, acelera la germinación.
  - ✓ Si las semillas son recalcitrantes (alto contenido de humedad y grandes) realizar la siembra inmediata en lugares húmedos y sombreados para evitar pérdida de la viabilidad de las semillas.
  - ✓ Si las pruebas de germinación se hacen en condiciones de laboratorio se debe emplear un amplio rango de condiciones ambientales, que abarquen temperaturas fijas y alternas y diferentes condiciones de iluminación (luz, oscuridad, etc.). Si las semillas germinan en un amplio rango de condiciones ambientales no presentan dormancia, pero si solo germinan en una condición determinada presentan dormancia o adquieren latencia seminal.
  - ✓ Si las pruebas de germinación se realizan en condiciones de vivero se deben emplear condiciones ambientales muy similares a la que aparecen cuando las semillas son dispersadas en condiciones naturales (sitio de recolecta). Tres condiciones básicas se pueden utilizar:
    - a) Área con plena exposición solar, donde exista un máximo de alternancia de temperatura y de iluminación.
    - b) Área semiprottegida, donde la amplitud del termoperíodo sea moderada. Esta variante se logra mediante un tapado parcial con ramas de árboles o malla de sombra. Para muchas especies tropicales la condición de sombra parcial resulta adecuada para la germinación y el crecimiento de las plántulas.
    - c) Área sombreada, con muy baja fluctuación diaria de la temperatura. Esta variante se logra bajo la sombra natural de una vegetación arbórea tupida, donde la temperatura se mantenga lo más estable posible durante el día. También se puede lograr empleando diferentes mallas de sombra.
-