



## Efecto de la temperatura y la iluminación sobre la germinación de semillas no dormantes de *Guazuma ulmifolia* (Malvaceae)

### The effects of temperature and light on germination of non-dormant seeds of *Guazuma ulmifolia* (Malvaceae)

Jorge A. Sánchez<sup>1\*</sup>, Jennifer Martínez<sup>2</sup>, Mayté Pernús<sup>1</sup> y Duniel Barrios<sup>3</sup>

Palabras clave: árbol pionero, dormancia física, luz roja lejana, procedencia, nicho de germinación  
Key words: far red light, germination niche, physical dormancy, pioneer tree, provenance

Recibido: 5/04/2017

Aceptado: 23/07/2017

#### RESUMEN

*Guazuma ulmifolia* es un árbol pionero del Neotrópico con dormancia física (PY), que en Cuba está ampliamente distribuido en vegetación de sitios húmedos y secos. Esto último podría ser consecuencia de un amplio nicho de germinación como sucede en semillas con PY una vez que esta clase de dormancia se elimina. En el presente trabajo se determinó la conducta germinativa de semillas frescas y sin dormancia de *G. ulmifolia* bajo un amplio rango de temperaturas y de iluminación. Previo a la siembra las semillas se sometieron a escarificación con ácido sulfúrico para eliminar la PY. Se diseñó un experimento de clasificación simple con arreglo factorial de los tratamientos que simuló algunas condiciones naturales a las que pueden estar sometidas las semillas una vez que lleguen al suelo. Se ensayaron cuatro temperaturas del sustrato (25°C, 25/30°C, 25/35°C y 25/40°C) y dos condiciones de iluminación (luz y oscuridad) para semillas procedentes de dos sitios de colecta del occidente cubano. También se evaluó la germinación bajo condiciones adversas de iluminación (luz roja lejana). Las semillas de ambas procedencias presentaron altos porcentajes de germinación final bajo todas las condiciones probadas, siendo el rango de 25/30°C el óptimo para incrementar y acelerar la germinación. Sin embargo, la magnitud de la respuesta germinativa dependió significativamente de la procedencia seminal. Este comportamiento germinativo encontrado en *G. ulmifolia* podría contribuir a la estrategia de regeneración de la especie para ocupar diferentes micrositios, como se ha comprobado en otros táxones cuyas semillas presentan PY en su madurez.

#### ABSTRACT

*Guazuma ulmifolia* is a pioneer tree of the Neotropic with physical dormancy (PY), which in Cuba is widely distributed in vegetation of wet and dry sites. The latter could be a consequence of a broad germination niche as occurs in seeds of many species once PY is eliminated. The objective of the present work was to determine the germination behavior of fresh seeds and non-dormant of *G. ulmifolia* under a wide range of substrate temperatures and illumination. Before sowing the seeds were subjected to scarification with sulfuric acid to eliminate PY. A simple classification experiment was designed with factorial arrangement of treatments that simulated some natural conditions to which the seeds may be subjected once they reach the soil. Four substrate temperatures (25°C, 25/30°C, 25/35°C and 25/40°C) were tested and two light conditions (light and dark) for seeds from two collection sites in western Cuba. Germination was also tested under adverse lighting conditions (far-red light). The seeds of both provenances presented high percentages of final germination under all conditions tested, being the range of 25/30°C the optimum to increase and accelerate the germination. However, the magnitude of the germination response depended significantly on seminal provenance. This germination behavior found in *G. ulmifolia* could be part of the regeneration strategy of the species to occupy many sites, as has been verified in other taxa whose seeds have PY at maturity.

\* 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 Lindero, Calabazar, Boyeros, La Habana 19, C.P. 11900. La Habana, Cuba.

<sup>2</sup> Quinta de los Molinos, Carlos III e Infanta. Plaza. Oficina del Historiador de la Ciudad, La Habana, C.P. 13400, Cuba

<sup>3</sup> Jardín Botánico Nacional, Carretera El Rocío, km 3½, Calabazar, Boyeros, La Habana, Cuba

## INTRODUCCIÓN

La dormancia física de las semillas (PY), provocada por la impermeabilidad de las cubiertas de las semillas/frutos al agua, es un rasgo típico de especies de ambientes secos, estacionales o extremos; cuya función fundamental es asegurar la supervivencia del embrión durante largos periodos de desecación, hasta que ocurra la germinación cuando las condiciones sean favorables para el establecimiento de las plántulas (Baskin y Baskin, 2014; Jaganathan *et al.*, 2017). Esta clase de dormancia puede aparecer en combinación con la dormancia fisiológica y solo ocurre en varios géneros de 18 familias de angiospermas. También se conoce que en semillas con solo PY la germinación puede ocurrir inmediatamente después que esta se elimina (*i.e.*, semillas permeables) bajo un amplio rango de temperaturas; y en diferentes condiciones de luz, que incluye luz blanca, oscuridad y baja relación rojo/rojo lejano (*i.e.*, bajo el dosel de la vegetación) (Thanos y Georghiou, 1988; Baskin y Baskin, 2000; Baskin *et al.*, 2004). Este comportamiento se ha notificado para un gran número de especies de familias botánicas como Anacardiaceae, Convolvulaceae, Cistaceae, Fabaceae, Malvaceae y Sapindaceae (Baskin y Baskin, 2014) y se debe a la incapacidad de las semillas para revertir la impermeabilidad de las cubiertas seminales, o caer el embrión en una dormancia secundaria (Baskin *et al.*, 2004); por tanto, las semillas solo tienen dos caminos, germinan o mueren (Baskin y Baskin, 2014; Jaganathan *et al.*, 2017).

En semillas de *Guazuma ulmifolia* Lam. (Malvaceae) sometidas o no a tratamientos pregerminativos de escarificación ácida se ha informado que son fotoblásticas indiferentes (germinan igual a luz que a la oscuridad) (Acuña y Garwood, 1987; Pearson *et al.*, 2002; Muñoz *et al.*, 2004). Este síndrome de amplia germinación también podría cumplirse para la respuesta germinativa de la especie frente al factor ambiental temperatura, donde se informa la temperatura alterna de 25/35°C como el rango óptimo para la germinación de semillas intactas (*i.e.*, con PY) (Muñoz *et al.*, 2012), aunque recientemente Martínez y Sánchez (2017) obtuvieron los mayores incrementos de germinación cuando sometieron las semillas intactas a un ciclo de hidratación parcial en agua a 25/50°C y posterior siembra a 25/40°C.

*Guazuma ulmifolia*, es un árbol ampliamente distribuido en Cuba, fundamentalmente en bosques semidecíduos, bosques siempreverdes, bosques de ciénaga y en vegetación secundaria de sitios secos y húmedos (Bisse, 1988); y se cataloga, desde un punto de vista funcional,

como una especie pionera temprana (Herrera-Peraza *et al.*, 2016). Dada esta amplia distribución, unido a su estrategia de regeneración, se podría predecir un amplio nicho de germinación de *G. ulmifolia*, como se ha encontrado en diferentes especies de amplia distribución (Donohue *et al.*, 2010; Braz *et al.*, 2014; Barrett-Lennard *et al.*, 2016); sin embargo, dicho comportamiento no es una constante (Xu *et al.*, 2017).

De acuerdo a lo anterior, nuestra hipótesis de trabajo es que las semillas de *G. ulmifolia* sin PY exhiben el mismo síndrome de germinación que ocurre en semillas de otras especies con PY cuando llegan a la madurez. De este modo, en el presente trabajo se determinó la conducta germinativa de dos procedencias de semillas frescas de *G. ulmifolia* sin PY bajo un amplio rango de temperaturas y de iluminación del sustrato.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Sitios de colecta y material vegetal

Se emplearon semillas frescas de dos procedencias de *G. ulmifolia* (colectadas en abril del 2017) de más de cinco árboles por localidad, ambas del occidente de Cuba. Las semillas se recolectaron en áreas del Jardín Botánico de la Quinta de los Molinos, Municipio Plaza, La Habana (82° 37' O, 23° 13' N) y en árboles que crecen en la vegetación secundaria del Instituto de Ecología y Sistemática, Municipio Boyeros, La Habana (82° 21' O, 23° 01' N). Las localidades están a una altura aproximadamente de 71 msnm. El clima en los dos sitios es subtropical húmedo, la época lluviosa se extiende de mayo a octubre y el periodo seco ocurre de noviembre a abril, con un régimen de lluvia anual entre 1136-1615 mm y la temperatura media anual del aire es de 25°C (Borhidi, 1996). Las semillas presentaron una viabilidad inicial superior a 95% determinado mediante la prueba de Tetrazolium (TZ) (ISTA, 2007) y una masa fresca promedio de 5.8 mg. Todos los ensayos se realizaron inmediatamente después de la colecta. Los diseminulos colectados en la Quinta de los Molinos y en el Instituto de Ecología y Sistemática en adelante se designaron como "Procedencia I" y "Procedencia II", respectivamente.

### Efecto de la temperatura y la iluminación sobre la germinación

Se diseñó un experimento de clasificación simple con arreglo factorial de los tratamientos (temperatura, iluminación y procedencia seminal) que simuló algunas de las condiciones naturales a las que pueden estar sometidas las semillas de *G. ulmifolia* una vez que lleguen al suelo. Se probaron cuatro temperaturas del

sustrato, dos condiciones de iluminación y dos sitios de colecta para un total de 16 tratamientos. Previa a la siembra todas las semillas se escarificaron con ácido sulfúrico concentrado al 98% durante una hora para la eliminación de la PY (Muñoz *et al.*, 2004). Para las dos procedencias, la respuesta germinativa se obtuvo a temperatura constante de 25°C y en temperaturas alternas de 25/30°C, 25/35°C y 25/40°C (8 horas para la temperatura más alta del termoperiodo y 12 horas a 25°C, con transición entre estas de 4 horas). Los tratamientos de iluminación en todas las condiciones de temperatura fueron: exposición a la luz (8 horas de aproximadamente 40 mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, longitud de 400-700 nm) coincidente con el periodo de mayor temperatura dentro de cada tratamiento; y oscuridad constante, que se logró envolviendo las placas en dos capas de papel de aluminio. La localización de las placas en las incubadoras se cambió regularmente.

En todos los ensayos se utilizaron tres réplicas por tratamiento de 25 semillas cada una. Las semillas se sembraron en placas Petri de 9 cm de diámetro, sobre doble papel de filtro humedecido con agua destilada estéril. El criterio para la germinación fue la emergencia de la radícula. La germinación se registró diariamente durante 17 días para las semillas iluminadas, en el caso de los tratamientos en la oscuridad se realizó un único conteo a los 20 días. Se determinó el porcentaje de germinación final.

#### **Efecto de la luz roja lejana sobre la germinación**

Las pruebas de germinación bajo condiciones adversas de iluminación se lograron sembrando las semillas de ambas procedencias bajo irradiaciones continuas de rojo lejano a temperatura alterna de 25/30°C durante 20 días. La luz roja lejana se logró colocando las placas dentro una caja plástica (340 x 440 x 100 mm) hecha con acrílico rojo y azul (número de serie 2423 2424, Rohm y Hass, México, DF.). Con estas capas de acrílico se obtuvo una baja relación rojo/rojo lejano (R/RL = 0,01, > 670 nm) en una incubadora iluminada bajo luz difusa (Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia, 1994). Se emplearon semillas previamente escarificadas y tres réplicas por procedencias de 25 semillas cada una. Las semillas se colocaron en placas Petri de 9 cm de diámetro, sobre papel de filtro humedecido con agua destilada estéril y se sellaron con parafilm para evitar la desecación. La germinación se registró al final del experimento.

#### **Análisis estadístico**

La normalidad de los datos se comprobó por la prueba Shapiro-Wilks. Los porcentajes de germinación final se

analizaron con un ANOVA factorial de efecto fijo y una prueba *t* de Student. El procesamiento estadístico se realizó en el programa InfoStat v. 2015 (Di Rienzo *et al.*, 2015).

## **RESULTADOS**

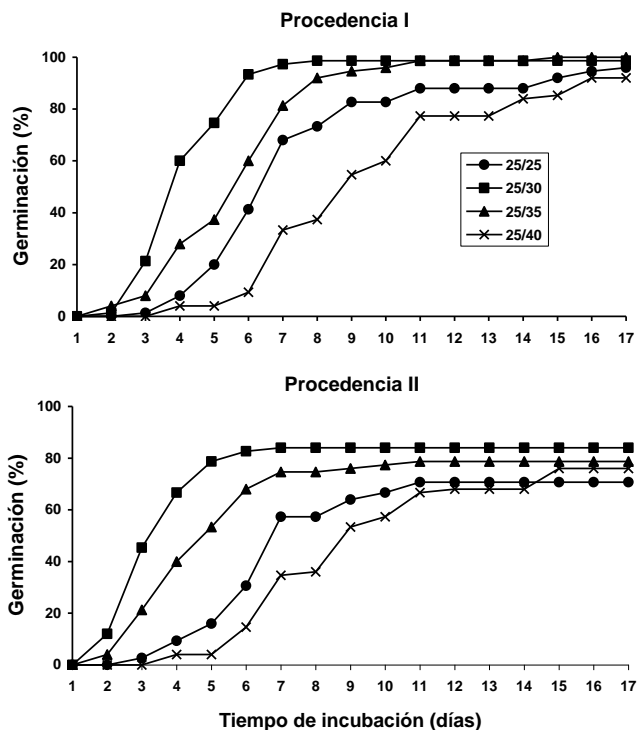
#### **Efecto de la temperatura y la luz sobre la germinación**

El porcentaje de germinación final no se afectó significativamente ( $F = 0.86$ ;  $P > 0.47$ ) por la interacción de los tres factores evaluados (luz, temperatura y procedencia), ni por las interacciones de la luz con la procedencia ( $F = 0.01$ ;  $P > 0.93$ ), luz con la temperatura ( $F = 1.07$ ;  $P > 0.37$ ), o bien por la interacción procedencia con temperatura ( $F = 0.62$ ;  $P > 0.60$ ). Tampoco los efectos principales temperatura ( $F = 2.16$ ;  $P > 0.11$ ) y luz ( $F = 0.16$ ;  $P > 0.69$ ) provocaron una germinación final diferente entre tratamientos. Solo, la procedencia seminal afectó significativamente la germinación ( $F = 77.0$ ;  $P < 0.0001$ ). Las semillas de la Procedencia I alcanzaron los más altos porcentajes de germinación final en cualquiera de las condiciones de siembra evaluadas (Fig. 1). El tratamiento de temperatura alterna 25/35°C tanto en luz como oscuridad alcanzó el 100% de germinación final, de modo similar, bajo temperatura fija de 25°C y alterna de 25/30°C se alcanzaron valores superiores al 95%. En esta procedencia los menores porcentajes de germinación se obtuvieron a 25/40°C (Fig. 1). Este comportamiento fue muy similar en la Procedencia II, aunque se obtuvieron valores de porcentaje de germinación final inferiores (rango de 73 hasta 88%) a los alcanzados en la Procedencia I (Fig. 1).

El porcentaje de germinación acumulado mostró una rápida germinación después de la siembra, pero la velocidad de la germinación dependió de la temperatura del sustrato (Fig. 1). En ambas procedencias el termoperiodo de 25/30°C aumentó la velocidad del proceso germinativo, comenzando la germinación al segundo día después de la siembra. La temperatura de 25/35°C también fue adecuada para acelerar la germinación, pero la velocidad del proceso germinativo fue más lenta que a 25/30°C. Las temperaturas extremas evaluadas (25°C y 25/40°C) atrasaron la germinación, siendo el proceso más errático a 25/40°C.

#### **Efecto de la luz roja lejana sobre la germinación**

En la Procedencia I el porcentaje de germinación final (media  $\pm$  E.E) alcanzado bajo irradiaciones continuas de rojo lejano fue de 95.3  $\pm$  3.6%, y en la Procedencia II fue de 84.2  $\pm$  3.7%. Estos porcentajes mostraron diferencias significativas entre sí ( $t = 6.43$ ;  $P < 0.005$ ).



**Figura 1.** Porcentajes de germinación acumulada (media) de *Guazuma ulmifolia* en diferentes temperaturas del sustrato y luz blanca según la procedencia.

**Figure 1.** Cumulative germination percentages (mean) of *Guazuma ulmifolia* at different substrate temperatures and white light according to provenance.

## DISCUSIÓN

Nuestros resultados muestran que las semillas permeables de *G. ulmifolia* presentaron altos porcentajes de germinación bajo un amplio rango de temperaturas y condiciones de iluminación del sustrato. Según Thanos y Georgiou (1988) y Baskin *et al.* (2004) los requerimientos germinativos de las semillas con PY no son específicos una vez que la dormancia se rompe. Aunque sí se demostró la existencia de una temperatura donde la germinación fue máxima (25/30°C) y otra donde la velocidad del proceso germinativo se afectó (25/40°C). Este comportamiento también es típico para semillas sin PY, pero las temperaturas máximas y mínimas de germinación varían con la especie (Baskin y Baskin, 2014). De este modo, se evidencia que las semillas de *G. ulmifolia* sin PY podrían germinar en pequeños y grandes claros, sin importar las altas fluctuaciones de temperaturas que ocurren en estos sitios (Pearson *et al.*, 2002; Daws *et al.*, 2007). Al parecer, el riesgo a la desecación en los grandes claros se disminuye por su tolerancia a la sequía durante la germinación y la rápida velocidad de crecimiento de su sistema radicular (Braga *et al.*, 2010; Sánchez *et al.*, 2011; 2011/2012), tal como

se ha propuesto para otras especies pioneras del Neotrópico con semillas grandes (masa seminal > 2 mg) (Daws *et al.*, 2007; 2008).

Por otra parte, el comportamiento germinativo encontrado en semillas de *G. ulmifolia* bajo las condiciones de luz ensayadas (*i.e.*, luz blanca, oscuridad y baja relación rojo/rojo lejano) es el esperado para esta especie pionera con semillas no fotoblásticas (Pearson *et al.*, 2002; Muñoz *et al.*, 2004). Esta respuesta fotoblástica indiferente no condiciona el establecimiento de la especie a la existencia de claros, como se ha reportado para otras especies arbóreas pioneras tempranas (Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia, 1994; Muñoz *et al.*, 2012). Las semillas de *G. ulmifolia* podrán germinar tanto en los claros como enterradas en el superficie del suelo o bajo el dosel de la vegetación. De hecho, para esta especie se ha determinado que las altas fluctuaciones de la temperatura del sustrato funcionan como señales para eliminar la PY y reconocer la presencia de grandes claros (Martínez y Sánchez, 2017), mecanismos también descritos para otras especies pioneras del Neotrópico con PY y semillas fotoblásticas indiferentes (Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia, 1994; Pearson *et al.*, 2002; Muñoz *et al.*, 2012). Igualmente, Baskin *et al.* (2004) obtuvieron un comportamiento similar en semillas de *Dodonaea viscosa* (Sapindaceae) bajo condiciones de siembra muy similares a las nuestras, y concluyeron que en semillas con PY donde el incremento de la temperatura elimina la dormancia, los requerimientos de luz para la germinación resultan redundantes.

De los factores estudiados solo la localidad mostró valores estadísticamente significativos. En las semillas de la Procedencia I se obtuvieron los mayores valores de germinación. Este resultado debe corresponderse a diferencias en las condiciones microambientales en que se desarrollan las semillas sobre las plantas madres, pues de acuerdo con Jaganathan *et al.* (2017), pequeñas diferencias de iluminación, temperatura y humedad relativa entre sitios pueden controlar la profundidad de la dormancia PY y la respuesta germinativa de las semillas sin dormancia. Sin embargo, debe señalarse que ambas procedencias probablemente presenten condiciones ambientales muy similares debido a su cercanía geográfica.

En Cuba hace más de 30 años que las semillas *G. ulmifolia* (con/sin tratamiento pregerminativo) se siembran a plena exposición solar en condiciones de vivero (Anónimo, 1983), condiciones que recientemente también se recomienda para semillas escarificadas

(Muñoz *et al.*, 2012). De acuerdo a nuestros resultados esta especie también podría sembrarse a la sombra o semisombra. Esto sin dudas, abre un camino de posibilidades para aumentar la propagación de este taxon en condiciones de vivero y con esto asegurar de forma continua una cantidad adecuada de plántulas para los planes de reforestación y restauración ecológica; que unido a su utilidad como planta medicinal, ornamental y de empleo en sistemas silvopastoriles (Manríquez-Mendoza *et al.*, 2011) hace que la especie cumpla con los criterios de selección de táxones para los planes de restauración ecológica (Meli *et al.*, 2014). *G. ulmifolia* también podría ser empleada para enfrentar los posibles escenarios ambientales inducidos por el Cambio Climático, dado su plasticidad germinativa; aunque su efectividad puede variar de acuerdo a la procedencia seminal, como también se ha demostrado para otras especies forestales pioneras (Montejo *et al.*, 2005; Pernús y Sánchez, 2016) con amplia distribución en el territorio cubano.

#### LITERATURA CITADA

- Acuña PI, Garwood N. 1987.** Efecto de la luz y de la escarificación en las semillas de cinco especies de árboles tropicales secundarios. *Revista de Biología Tropical*. 35: 203-207.
- Anónimo. 1983.** *Manual de semillas forestales*. Centro Universitario de Pinar del Río, Facultad de Ingeniería Forestal.
- 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.
- Baskin CC, Baskin JM. 2014.** *Seeds: ecology, biogeography and evolution of dormancy and germination*. Academic/Elsevier, San Diego, CA. USA.
- Baskin JM, Baskin CC. 2000.** Evolutionary considerations of claims for physical dormancy-break by microbial action and abrasion by soil particles. *Seed Science Research*. 10: 409-413.
- Baskin JM, Davis BH, Baskin CC, Gleason SM, Cordell S. 2004.** Physical dormancy in seeds of *Dodonaea viscosa* (Sapindales, Sapindaceae) from Hawaii. *Seed Science Research*. 14: 81-90.
- 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.
- Braga JF, Delachiave MEA, de Pinho SZ, Braga LF, Sousa MP. 2010.** Osmotic potentials on water uptake and germination of *Guazuma ulmifolia* Lam. (Sterculiaceae) seeds. *Journal of Agricultural and Biological Science*. 5: 32-37.
- Braz MIG, Portela RCQ, Cosme LHM, Marques VGC, Mattos EA. 2014.** Germination niche breadth differs in two co-occurring palms of the Atlantic Rainforest. *Natureza & Conservação*. 12: 124-128.
- Daws MI, Ballard C, Mullins CE, Garwood NC, Murray B, Pearson TRH, Burslem DFRP. 2007.** Allometric relationships between seed mass and seedling characteristics reveal trade-offs for Neotropical gap-dependent species. *Oecologia*. 154: 445-454.
- Daws MI, Crabtree LM, Dalling JW, Mullins CE, Burslem DFRP. 2008.** Germination responses to water potential in Neotropical pioneers suggest large-seed species take more risks. *Annals of Botany*. 102: 945-951.
- Di Rienzo JA, Casanoves F, Balzarini MG, Gonzalez L, Tablada M, Robledo CW. 2015.** InfoStat versión 2015. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>.
- 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.
- 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.
- ISTA (International Seed Testing Association). 2007.** International rules for seed testing. Bassersdorf, Zürich.
- Jaganathan GK, Song D, Liu B. 2017.** Diversity and distribution of physical dormant species in relation to ecosystem and life-forms. *Plant Science Today*. 4: 55-63.
- Manríquez-Mendoza LY, López-Ortiz S, Pérez-Hernández P, Ortega-Jiménez E, López-Tecpoyotl ZG, Villarruel-Fuentes M. 2011.** Agronomic and forage characteristic of *Guazuma ulmifolia* Lam. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 14: 453-463.
- 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.
- 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.
- Montejo LA, Sánchez JA, Muñoz BC. 2005.** Dormancy and germination in *Talipariti elatum* seeds. *Botanica Complutensis*. 29: 57-62.
- Muñoz BC, Sánchez JA, Alamaguer W. 2004.** Germinación, dormancia y longevidad potencial de las semillas de *Guazuma ulmifolia*. *Pastos y Forrajes*. 27: 25-33.
- Muñoz BC, Sánchez JA, Montejo L, Herrera P, Gamboa A. 2012.** Guía técnica para la reproducción de especies arbóreas pioneras. Editorial AMA, La Habana.
- Pearson TRH, Burslem D, Mullins C, Dalling J. 2002.** Germination ecology of Neotropical pioneers: interacting effects of environmental conditions and seed size. *Ecology*. 83: 2798-2807.
- 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.
- Sánchez JA, Muñoz BC, Montejo LA, Lescaille M, Herrera RA. 2011/2012.** Tamaño y nutrientes de semillas en 32 especies arbóreas de un bosque tropical siempreverde de Cuba y su relación con el establecimiento de las plántulas. *Revista del Jardín Botánico Nacional*. 32/33: 181-204.
- Sánchez JA, Suárez AG, Montejo L, Muñoz BC. 2011.** El cambio climático y las semillas de las plantas nativas cubanas. *Acta Botánica Cubana*. 214: 38-50.
- Thanos CA, Georghiou K. 1988.** Ecophysiology of fire-stimulated seed germination in *Cistus incanus* ssp. *creticus* (L.) Heywood and *C. salvifolius* L. *Plant, Cell and Environment*. 11: 841-849.
- Vázquez-Yanes C, Orozco-Segovia A. 1982.** Seed germination of a tropical rain forest pioneer tree (*Heliocarpus donnell-smithii*) in response to diurnal fluctuation of temperature. *Physiologia Plantarum*. 56: 295–298.
- 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.
- Xu J, Li W, Zhang C, Liu W, Du G. 2017.** The determinants of seed germination in an alpine/subalpine community on the Eastern Qinghai-Tibetan Plateau. *Ecological Engineering*. 98: 114-122.