



## Incremento de la germinación en semillas de *Guazuma ulmifolia* (Malvaceae) por ciclos de hidratación-deshidratación y fluctuaciones en la temperatura

### Increase of germination in *Guazuma ulmifolia* (Malvaceae) seeds by hydration-dehydration cycles and fluctuations in temperature

Jennifer Martínez<sup>1</sup> y Jorge A. Sánchez<sup>2\*</sup>

Palabras clave: árbol pionero, dormancia física, mucílago

Key words: mucilage, pioneer tree, physical dormancy

Recibido: 25/09/2016

Aceptado: 05/11/2016

#### RESUMEN

*Guazuma ulmifolia* es un árbol pionero del Neotrópico, que en Cuba habita en vegetación secundaria de bosques húmedos y secos. En el presente trabajo se determinaron los efectos de ciclos de hidratación-deshidratación a diferentes temperaturas alternas del sustrato sobre la ruptura de la dormancia física de semillas de *G. ulmifolia*. Las semillas se hidrataron durante 24 horas en agua destilada a temperaturas alternas de 25/35°C, 25/40°C, 25/45°C y 25/50°C y posteriormente se deshidrataron a 25°C durante 48 horas, y se sembraron en tres rangos de temperatura del sustrato: 25/35°C, 25/40°C y 25/45°C. Un ciclo de hidratación-deshidratación a 25/50°C con siembra a 25/40°C fue un tratamiento adecuado para eliminar dormancia en semillas intactas (con dormancia física + mucílago) o sin mucílago con relación al testigo. Cuando este tratamiento de hidratación-deshidratación se realizó dos veces, se incrementó la germinación hasta un 66.6%. No existieron diferencias entre la respuesta germinativa de las semillas intactas y las semillas sin mucílago, aún después del tratamiento pregerminativo. La condición de máximo estrés calórico

#### ABSTRACT

*Guazuma ulmifolia* is a pioneer tree of the Neotropics, which in Cuba habitat in secondary vegetation of humid and dry forests. In the present work, the effects of hydration-dehydration cycles at different substrate temperatures were determined on the rupture of the physical dormancy of *G. ulmifolia* seeds. Seeds were hydrated for 24 hours in distilled water at alternating temperatures of 25/35°C, 25/40°C, 25/45°C and 25/50°C and dehydration at 25°C for 48 hours prior to sowing to range germination at: 25/35°C, 25/40°C and 25/45°C. A hydration-dehydration cycle at 25/50°C with planting at 25/40°C was a suitable treatment and sowing condition, respectively, to eliminate dormancy in intact seeds (with physical dormancy + mucilage) or without mucilage in relation to the control; and when this treatment of hydration-dehydration was repeated (two times) it was possible to increased final germination percentage (66.6%). There were no differences between the germination response of the intact seeds and the seeds without mucilage, even after the pregermination treatment. The condition of heat stress maximum (sowing temperature and

\* Autor para correspondencia: [jasanchez@ecologia.cu](mailto:jasanchez@ecologia.cu)

<sup>1</sup> Quinta de los Molinos, Carlos III e Infanta. Plaza. Oficina del Historiador de la Ciudad, La Habana, C.P. 13400, Cuba

<sup>2</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.

(temperatura de siembra y tratamiento pregerminativo de 25/50°C) afectó la viabilidad de las semillas en >70% cuando se comparó con el tratamiento testigo. Se discute el posible papel ecológico de los ciclos de hidratación-deshidratación, las temperaturas alternas del sustrato y del mucílago en la eliminación de la dormancia física.

## INTRODUCCIÓN

La dormancia seminal constituye una manera de distribuir o extender la germinación en el tiempo y el espacio, esto se logra a través de las diferentes clases, niveles y grados de dormancia que puede presentar una población de semillas. Se han descrito cinco clases de dormancia, entre las que se encuentra la dormancia física (PY, por sus siglas en inglés) (Baskin y Baskin, 2014), la cual se debe a la impermeabilidad de las cubiertas de las semillas (o del fruto), que evitan que el agua y los gases lleguen al embrión (Nikolaeva, 1977). Esta clase de dormancia es un rasgo típico de plantas superiores que habitan en ambientes secos o con cierta estacionalidad de distribución de las lluvias (Nikolaeva, 1977; Baskin y Baskin, 2014), como pueden ser los bosques tropicales estacionales (Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia, 1982; Zalamea *et al.*, 2015; Sánchez *et al.*, 2015).

La PY se presenta en 18 familias botánicas de las Angiospermas, incluyendo familias de plantas tropicales como Fabaceae, Malvaceae y Sapindaceae (Gama-Arachchige *et al.*, 2013). Las semillas con esta clase de dormancia también se conocen como semillas duras y el papel ecológico fundamental de este mecanismo de dormancia es asegurar la supervivencia del embrión a largos periodos de condiciones desfavorables del ambiente (e.g., sequía, frío), para que solo ocurra la germinación cuando las condiciones sean favorables para el crecimiento y establecimiento de las plántulas (Jayasuriya *et al.*, 2015). Se propone que la PY es una adaptación ecológica que favorece la dispersión, el escape a los depredadores y patógenos, la ocurrencia de la germinación cíclica y la longevidad seminal en los bancos de semillas del suelo (Peguero y Espelta, 2013; Paulsen *et al.*,

pregermination treatment at 25/50°C) affected the seed viability in > 70% when compare to control. We discuss the possible ecological role of hydration/dehydration cycles, alternating temperatures and mucilage in the elimination of physical dormancy.

2014; Baskin y Baskin, 2014; Jayasuriya *et al.*, 2015; Jaganathan *et al.*, 2016).

Por otra parte, muchas semillas con PY presentan mucílago, estructura de la superficie de la testa de la semilla o el pericarpio del fruto que se humedece al entrar en contacto con el agua (Western, 2012). El mucílago está presente en 37 órdenes, 110 familias y en al menos 230 géneros de las Angiospermas (Yang *et al.*, 2012) y su estudio, en un gran número de especies, ha sugerido que su rol ecológico es múltiple frente a diferentes procesos de regeneración (Yang *et al.*, 2012), aunque fundamentalmente se han manejado dos hipótesis sobre su funcionamiento. La primera lo relaciona con la germinación de la semilla y la segunda con la dispersión (Engelbrecht *et al.*, 2014). Sin embargo, el verdadero papel del mucílago en semillas con dormancia aún no está bien definido (Engelbrecht *et al.*, 2014; Baskin y Baskin, 2014). De hecho, se plantea que la influencia del mucílago en la germinación de las semillas podría ser excluida si la semilla también presenta otras características, como una larga dormancia (i.e., dormancia fisiológica profunda o una dormancia física *sensu* Baskin y Baskin, 2004) (Engelbrecht *et al.*, 2014), pues antes de que estas semillas puedan germinar deben ocurrir cambios en el embrión o en la testa (Nikolaeva, 1977; Baskin y Baskin, 2014). Por ende, Engelbrecht *et al.* (2014) plantean que la secreción de mucílago en estas especies no debe ser relevante para la germinación, parece más probable que cumpla una función relacionada con la dispersión de las semillas.

*Guazuma ulmifolia* Lam. (Malvaceae) es un árbol pionero de hasta 22 m de altura de distribución Neotropical (Pearson *et al.*, 2002). En Cuba es muy

típico en vegetación secundaria de sitios secos y húmedos, donde se considera por su estrategia sucesional como una especie pionera temprana (Herrera-Peraza *et al.*, 2016). Esta especie se ha empleado en América Tropical en los planes de reforestación sucesional por su rápido crecimiento (Herrera-Peraza *et al.*, 1997) y también en los sistemas silvopastoriles, dado que el forraje y los frutos son altamente nutritivos y apetecidos por el ganado (Manríquez-Mendoza *et al.*, 2011). Su frutos son cápsulas indehiscentes leñosas de forma redondeada con gran cantidad de semillas que presentan PY y mucílago (Muñoz *et al.*, 2004; Montejo *et al.*, 2014). Además, sus semillas son fotoblásticas indiferentes y con un rango de temperatura óptimo de germinación a 25/35°C, tanto las semillas intactas (con PY y mucílago), como las escarificadas con ácido sulfúrico concentrado durante 60 minutos (Muñoz *et al.*, 2004).

No obstante, a pesar de que los tratamientos de escarificación artificial (e.g., ácida, choque térmico y agua hirviendo) eliminan el mucílago y la PY, estos procedimientos no representan condiciones ecológicas que experimentan las semillas en el suelo. Por tanto, se hace necesario conocer el posible papel que puede tener el mucílago en la germinación de *G. ulmifolia* y los mecanismos (o señales ecológicas) que pueden provocar la eliminación de la PY. Según Baskin y Baskin (2000) y Zalamea *et al.* (2015) se ha especulado, en la literatura ecológica sobre germinación, que la acción microbiana y la abrasión del suelo eliminan PY (o ablandan cubiertas seminales duras) (Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia, 1993; Soriano *et al.*, 2014). Sin embargo, en especies tropicales pioneras o no pioneras con PY, las evidencias experimentales demuestran que las altas temperaturas del suelo o temperaturas fluctuantes (i.e., alternancias de temperaturas entre el día y la noche) en combinación con incrementos de la humedad ambiental o ciclos de hidratación-deshidratación, podrían ser más efectivos para eliminar este tipo de dormancia y por consiguiente, desencadenar la germinación (Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia, 1982; Moreno-Casasola *et al.*, 1994; Daws *et al.*, 2006; Zalamea *et al.*, 2015). Cabe señalar que, para algunos autores, los mecanismos ecológicos y evolutivos responsa-

bles de la ruptura de la PY han recibido muy poca atención y por tanto, aún están por dilucidarse (Baskin y Baskin, 2014; Jaganathan, 2016; Jaganathan *et al.*, 2016).

De acuerdo a lo ya comentado, el objetivo del presente trabajo fue determinar los efectos combinados de diferentes ciclos de hidratación-deshidratación con temperaturas alternas en la germinación de semillas intactas (con PY y mucílago) y escarificadas (sin mucílago) de *G. ulmifolia* bajo condiciones de estrés calórico. Se parte de la hipótesis de que el mucílago no afecta la germinación y que los procedimientos empleados provocan la ruptura de la dormancia PY, siendo este efecto superior al incrementarse la alternancia de la temperatura.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Sitio de colecta y material vegetal

Las semillas se colectaron de frutos maduros sobre las plantas, en abril del 2012 en 10 árboles que crecen en la Reserva de la Biosfera Sierra del Rosario (RBSR), Cuba. La zona de colecta está cubierta por un bosque siempreverde estacional submontano y se encuentra en el área conocida como El Salón (82° 21' O, 22° 49' N). Tiene una elevación aproximada de 540 m.s.n.m. y presenta un régimen anual de lluvia de 2.014 mm; con una pronunciada estación de seca desde diciembre hasta marzo (Herrera-Peraza *et al.*, 1997). La flora, vegetación y geología de la RBSR se describieron ampliamente por Herrera-Peraza *et al.* (1988). En la región, la temperatura media anual del aire es de 24.4°C. Los valores de temperatura mínima y máxima para el suelo del sotobosque a 2 cm de profundidad durante el verano (mayo-octubre) fueron de 22.3°C y 24.5°C; mientras que para un claro grande en el dosel fueron de 22.5°C y 34.5°C, respectivamente (Herrera-Peraza *et al.*, 1997). También se ha informado que en los sitios abiertos de la RBSR se pueden alcanzar temperaturas del suelo  $\geq 45^\circ\text{C}$  (Sánchez, 2012). Las semillas presentaron una viabilidad inicial superior a 95% determinado mediante la prueba de Tetrazolium (TZ) (ISTA, 2007). Todos los ensayos se realizaron inmediatamente después de la colecta.

### Pruebas de imbibición

Para determinar la capacidad de hidratación del mucílago se seleccionaron al azar 50 semillas a las que se le tomaron individualmente su masa fresca y masa húmeda, esta última después de su hidratación durante una hora en agua destilada a temperatura de laboratorio ( $25 \pm 2^\circ\text{C}$ ). Previo al pesaje, las semillas se colocaron en papel de filtro para eliminar la humedad superficial. La masa fresca y la húmeda se determinaron en una balanza Sartorius con precisión  $10^{-4}\text{g}$ . La cantidad de agua tomada por el mucílago (CTM) se determinó por el incremento en masa de la semilla y se expresó en porcentaje por la siguiente fórmula:  $\text{CTM} = [(\text{masa húmeda de la semilla} - \text{masa fresca de la semilla}) / \text{masa fresca}] \times 100$ .

### Pruebas de germinación

Se diseñó un experimento de clasificación simple con arreglo factorial de los tratamientos (ciclo de hidratación-deshidratación, tratamiento de escarificación y temperatura del sustrato) que simuló las condiciones naturales a las que pueden estar sometidas las semillas una vez que lleguen al suelo en el sitio de colecta. Se ensayaron dos tratamientos de escarificación, cinco ciclos de hidratación-deshidratación (H/D) y tres temperaturas del sustrato para un total de 30 tratamientos. Los tratamientos de escarificación consistieron en: semillas intactas (con PY y mucílago) y semillas sin mucílago; este último tratamiento se logró sometiendo las semillas a escarificación con solución de peróxido de hidrógeno al 3% durante 30 minutos, tal como recomendaron Muñoz *et al.* (1992). Los ciclos de H/D a diferentes temperaturas alternas consistieron en someter las semillas a hidratación parcial durante 24 horas en agua destilada a temperaturas de  $25/35^\circ\text{C}$ ,  $25/40^\circ\text{C}$ ,  $25/45^\circ\text{C}$  y  $25/50^\circ\text{C}$  (8 horas para la temperatura más alta del termoperíodo y 12 horas a  $25^\circ\text{C}$ , con transición entre estas de 4 horas) y posteriormente se deshidrataron a  $25^\circ\text{C}$  durante 48 horas previo a su siembra. Finalmente, las semillas tratadas o no, se colocaron bajo luz difusa en régimen de temperatura alterna de  $25/35^\circ\text{C}$ ,  $25/40^\circ\text{C}$  y  $25/45^\circ\text{C}$ . Las condiciones del termoperíodo de siembra fueron similares a las ya descritas. Se utilizaron por

tratamiento cinco réplicas de 25 semillas cada una. La siembra se realizó sobre papel de filtro humedecido con agua destilada estéril en placas de Petri de 9 cm de diámetro. El criterio para la germinación fue la emergencia de la radícula. En conteo de la germinación se efectuó durante 30 días. Se determinó el porcentaje de germinación final y al concluir las pruebas de germinación, se estableció el porcentaje de semillas muertas presionando las semillas no germinadas con una aguja para conocer si contenía un embrión blanco y firme (semillas vivas) o un embrión suave o gris, indicativo este último de no viabilidad seminal (semillas muertas) (Baskin y Baskin, 2014).

### Repetición de ciclos de H/D

Debido a que las semillas en condiciones naturales pueden estar sometidas a varios ciclos de H/D, se probó la efectividad de dos ciclos de H/D sobre la germinación de semillas intactas. Para ello, se sometieron las semillas a dos ciclos de 24 horas de hidratación a temperatura alterna de  $25/50^\circ\text{C}$ , con un día de deshidratación entre cada ciclo a  $25^\circ\text{C}$ . La siembra se realizó a  $25/40^\circ\text{C}$ , que fue el rango de temperatura donde se obtuvieron los mejores resultados para la germinación (ver resultados). El número de réplicas y las características de siembra fueron similares a los descritos en la prueba de germinación. Se determinaron el día de inicio de la germinación y el porcentaje de germinación final.

### Análisis estadístico

Se aplicó una prueba *t* de Student para comparar el incremento en masa en la semilla debido a la absorción de agua por el mucílago. Los datos de porcentaje de germinación final y de semillas muertas se procesaron mediante un análisis de varianza (ANOVA) de clasificación simple, con o sin arreglo factorial de los tratamientos. Los porcentajes se transformaron con el arcoseno de la raíz cuadrada de la proporción para asegurar las premisas de los métodos paramétricos, pero solo se presentaron los valores no transformados. Los análisis estadísticos se realizaron por el programa InfoStat v. 2015 (Di Rienzo *et al.*, 2015, <http://www.infostat.com.ar>).

## RESULTADOS

### Pruebas de imbibición

Después de una hora de hidratación las semillas presentaron una masa húmeda de  $23.4 \pm 2.3$  mg (media  $\pm$  EE), que fue significativamente superior ( $t = 7.29$ ;  $P < 0.0001$ ) a la masa fresca de la semilla ( $6.6 \pm 0.13$ mg). Esta ganancia en masa representó hasta 3.5 veces su masa inicial y se debió a la cantidad de agua que absorbió el mucílago (Fig.1), que en porcentaje significó un incremento en masa de hasta  $281.4 \pm 29.4\%$ .



**Fig. 1.** Semillas de *Guazuma ulmifolia* con el mucílago hidratado y sin hidratar.

**Fig. 1.** Seeds of *Guazuma ulmifolia* with hydrated and unhydrated mucilage.

### Pruebas de germinación

El porcentaje de germinación final no se afectó significativamente ( $F = 0.5$ ;  $P > 0.79$ ) por la interacción de los tres factores probados (ciclo de H/D, tratamiento de escarificación y temperatura del sustrato), ni por las interacciones del tratamiento de escarificación con el ciclo de H/D ( $F = 1.8$ ;  $P > 0.12$ ), o bien con la temperatura del sustrato ( $F = 1.1$ ;  $P > 0.44$ ). Tampoco el efecto principal tratamiento de escarificación provocó una respuesta germinativa diferente ( $F = 1.6$ ;  $P > 0.19$ ). En cambio, esta variable sí dependió significativamente de la interacción del ciclo de H/D y la temperatura del sustrato, así como de los efectos principales ciclo de H/D ( $F = 163.4$ ;  $P < 0.0001$ ) y temperatura del sustrato ( $F = 24.0$ ;  $P < 0.0001$ ). Los efectos de los

ciclos de H/D sobre la germinación (o ruptura de la dormancia física) aumentaron al incrementarse la temperatura en la cual se realizaron dichos tratamientos de hidratación parcial de las semillas (Tabla 1). En este sentido, los mayores porcentajes de germinación final, independientemente del tratamiento de escarificación, siempre se obtuvieron cuando las semillas se sometieron a un ciclo de H/D a temperatura alterna de 25/50°C (tratamiento T5) y siembra posterior a 25/40°C. Con esta combinación de tratamientos, las semillas intactas (con PY + mucílago) y sin mucílago alcanzaron una germinación final de un 49.6% y 47.0%, respectivamente; mientras que las semillas procedentes del tratamiento testigo (T1) no lograron un 12% de germinación final.

También se evidenció que la temperatura de siembra de 25/45°C no fue adecuada para eliminar PY. De hecho, en este rango de temperatura aparecieron un gran porcentaje de semillas muertas (Tabla 1), siendo superior al combinarse con un ciclo de H/D a 25/50°C. El comportamiento de esta variable fue muy similar al porcentaje de germinación final (datos no mostrados); es decir, no dependió significativamente de la interacción del segundo orden, ni tampoco del tratamiento de escarificación y sus interacciones con el resto de los factores ensayados.

### Repetición de ciclos de H/D

Con dos ciclos de H/D a 25/50°C y siembra posterior 25/40°C se incrementó significativamente ( $F = 7.5$ ;  $P < 0.001$ ) la germinación final con relación a un ciclo de H/D. Con la repetición del ciclo de H/D se logró un 66.6% y con un ciclo de H/D se alcanzó un 48.3%. El comienzo del proceso de la germinación se inició a los dos días para los dos tratamientos y en ambos casos el desprendimiento del mucílago ocurrió a partir del segundo día.

## DISCUSIÓN

En las condiciones experimentales ensayadas se evidenció que los ciclos de H/D en combinación con el incremento de la alternancia de la temperatura (del rango de 25/40°C a 25/50°C), resultaron adecuados para eliminar parcialmente la PY en

**Tabla 1.** Efectos de los ciclos de hidratación-deshidratación y la alternancia de la temperatura sustrato sobre los porcentajes de germinación final y de semillas muertas de *Guazuma ulmifolia*.

**Table 1.** Effects of the hydration-dehydration cycles and temperature alternation on the percentages of final germination and dead seeds of *Guazuma ulmifolia*.

Variables	Ciclos de H/D*	Semillas intactas			Semillas sin mucilago		
		25/35°C	25/40°C	25/45°C	25/35°C	25/40°C	25/45°C
Germinación (%)	T1	5.8	10.1	6.8	5.8	11.8	6.3
	T2	6.7	12.5	7.3	6.0	10.3	6.8
	T3	17.7	28.5	11.6	21.4	29.2	9.6
	T4	30.3	33.1	10.1	30.1	32.1	8.5
	T5	35.4	49.6	9.1	33.6	47.0	6.0
	EE (±)	6.0	7.2	0.89	5.8	6.8	0.70
Semillas muertas (%)	T1	4.0	38.2	50.2	3.8	40.3	58.3
	T2	5.0	39.1	53.6	3.0	41.2	60.1
	T3	5.2	42.8	63.0	5.6	43.4	62.4
	T4	6.8	44.1	64.3	7.3	46.3	69.0
	T5	6.3	49.3	79.3	7.6	50.8	76.1
	EE (±)	0.50	1.9	5.0	0.92	1.8	3.2

\* T1: sin ciclo de hidratación-deshidratación (testigo), y T2, T3, T4, y T5 un ciclo de hidratación parcial a temperatura alterna de 25/35°C, 25/40°C, 25/45°C y 25/50°C, respectivamente.

semillas frescas de *G. ulmifolia*. Este tipo de tratamiento, y en particular las altas fluctuaciones de la temperatura del suelo, se han sugerido como señales ecológicas que rompen la PY en semillas grandes (i.e., masa de semilla > 2 mg) de especies tropicales pioneras que ocupan grandes claros (Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia, 1982; Pearson *et al.*, 2002). También se ha propuesto que las altas temperaturas en combinación con ciclos de H/D eliminan la PY en especies tropicales de sistemas de dunas de costas (Moreno-Casasola *et al.*, 1994; Baskin y Baskin, 2014). Aumentado la efectividad de este tratamiento de escarificación natural con el incremento de la máxima temperatura del termoperíodo, hasta valores entre 45°C y 60°C (Daws *et al.*, 2006; Zalamea *et al.*, 2015), tal como se encontró en el presente trabajo cuando la hidratación parcial se realizó a 25/45°C ó 25/50°C y la siembra se realizó a 25/35°C ó 25/40°C.

De hecho, en el sitio de colecta de *G. ulmifolia* se han informado valores de temperaturas del suelo  $\geq 45^\circ\text{C}$  (Sánchez, 2012), en particular para los grandes claros dentro del bosque o en pastizales abandonados. Por tanto, una vez que las semillas sean liberadas del fruto en dichos sitios podría ocurrir la germinación de las semillas sin PY, o bien eliminarse la PY. Los ciclos de H/D también podrían

promover la germinación de las semillas escarificadas de *G. ulmifolia* bajo condiciones de estrés hídrico o calórico (condiciones comunes en los claros), como se ha informado para esta especie en condiciones de laboratorio y de vivero (Sánchez *et al.*, 2011). También podrían extender la longevidad seminal por la restauración de los sistemas antioxidantes (Sánchez *et al.*, 2004; Long *et al.*, 2015).

Los resultados igualmente demostraron que la temperatura de siembra a 25/40°C afectó la viabilidad de las semillas, lo cual posiblemente se deba al agotamiento de las reservas seminales o que acelera el envejecimiento (Sánchez *et al.*, 2004; Daws *et al.*, 2006). Este efecto fue superior en el rango de 25/45°C, termoperíodo considerado subletal para la germinación de semillas de árboles tropicales pioneros (Sánchez *et al.*, 2003; 2011). Sin embargo, con solo dos ciclos de 24 horas de hidratación a temperatura alterna de 25/50°C, con un día de deshidratación entre cada ciclo a 25°C, se lograron los mejores resultados para eliminar dormancia PY. Esto podría deberse a que los referidos procedimientos lograron un mayor ablandamiento (o ruptura) de las cubiertas (Baskin y Baskin, 2014), y por consiguiente, mayor germinación final. De hecho, se conoce que los ciclos de H/D incrementan la efectividad de la fluctuación de la

temperatura para suavizar las semillas (Moreno-Casosola *et al.*, 1994). También estos resultados demostraron que intervalos de lluvias y sequía pueden eliminar PY en semillas de *G. ulmifolia*, tanto en la estación de seca cuando las semillas llegan al suelo, o dentro de la estación de lluvias donde se han informado días de sequía para la Sierra del Rosario (Herrera-Peraza *et al.*, 1988; Sánchez *et al.*, 2011).

Por otra parte, se evidenció que el mucílago de *G. ulmifolia* se hidrata muy rápidamente sin intervenir en la ruptura de la dormancia física que presentan estas semillas. Engelbrecht *et al.* (2014) encuentran que para especies con PY de la familia Cistaceae, el mucílago tiene un papel relevante en el mantenimiento de la semilla en el suelo y reduciendo significativamente la depredación por hormigas granívoras, pero no en la germinación. Estos autores además señalan, que bajo irradiación solar, en climas templados y tropicales, el agua capturada por el mucílago se pierde en menos de una hora después de la lluvia como resultado de la evaporación, haciendo improbable el uso del agua para la germinación. Hipótesis que recientemente se comprobó en semillas de *Leptocereus scopulophilus* Areces (Barrios *et al.*, 2015). Sin embargo, cabe señalar que el papel ecológico del mucílago en la germinación de las semillas sin dormancia es muy variable (Western, 2012). Según Yang *et al.* (2012), en algunas especies puede estimular la germinación (fundamentalmente bajo condiciones de estrés hídrico); en otras la inhibe, por la barrera mecánica que crea el mucílago al paso del oxígeno y en otras simplemente no tiene efecto. Por tanto, en semillas de *G. ulmifolia* el mucílago podría no ser relevante para la germinación cuando las semillas dejen el fruto y lleguen a un sitio abierto; pero otra situación ecológica podría presentarse para aquellos frutos que son dispersados en la sombra, tanto bajo la planta madre, como por la acción de los dispersores naturales, que en Cuba son los murciélagos y la jutías (Mancina *et al.*, 2002).

Se conoce que el mucílago de la semilla y del fruto se degrada por la microfloras del suelo (Yang *et al.*, 2012); por tanto, este proceso puede facilitar la liberación de las semillas del fruto (cápsulas indehis-

centes leñosas) y también degradar las cubiertas seminales y por consiguiente, eliminar la dormancia física. En condiciones naturales se han observado semillas germinadas y plántulas recién emergidas en frutos parcialmente degradados por la abrasión del suelo o por la actividad de los murciélagos (J.A. Sánchez, datos no publicados). Sin embargo, también se conoce que dentro de una población de semillas con dormancia física existen diferentes niveles de dormancia (desde semillas no dormantes hasta con dormancia profunda) (Baskin y Baskin, 2014; Jayasuriya *et al.*, 2015; Jaganathan, 2016); por tanto, las semillas germinadas dentro del fruto podría ser aquellas que no presentan PY. Ensayos experimentales para dilucidar esta hipótesis son factibles y convenientes, dada las escasas investigaciones que existen en Cuba sobre el papel ecológico del mucílago. De hecho, para la flora cubana se ha informado la presencia de mucílago en un gran número de especies (Montejo *et al.*, 2014; Muñoz *et al.*, 2014; Barrios *et al.*, 2015), aunque solo existen dos investigaciones que abordan este tema en la germinación, una en semillas de *Cecropia peltata* L. (Muñoz *et al.*, 1992) y otra más reciente en semillas *Leptocereus scopulophilus* (Barrios *et al.*, 2015). En conclusión, este estudio demostró que las altas fluctuaciones de la temperatura en combinación o no con los ciclos de H/D de las semillas son mecanismos (o señales ambientales) adecuados para eliminar PY en semillas frescas e intactas de *G. ulmifolia*; aspectos señalados previamente para otras especies pioneras de bosques tropicales estacionales del Neotrópico. Además se evidenció que el mucílago no afectó la respuesta germinativa en las condiciones ensayadas.

## AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue financiada parcialmente por la Fundación Internacional para la Ciencia (IFS) mediante el donativo D/3536-2 a J. A. Sánchez. También los estudios se realizaron en el marco del proyecto "Ecofisiología de semillas y plántulas de árboles y arbustos de la Sierra del Rosario" del Programa Ramal de Diversidad Biológica de Cuba. Los autores agradecen a Mayté Pernús Álvarez por la revisión crítica del manuscrito.

## LITERATURA CITADA

- Barrios D, Flores J, González-Torres LR, Palma-rola 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. 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, Baskin CC. 2004.** A classification system for seed dormancy. *Seed Science Research*. 14: 1-16.
- Daws MI, Orr D, Burslem D, Mullins CE. 2006.** Effect of high temperature on chalazal plug removal and germination in *Apeiba tibourbou* Aubl. *Seed Science and Technology*. 34: 221-225.
- 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>
- Engelbrecht M, Bochet E, García-Fayos P. 2014.** Mucilage secretion: an adaptive mechanism to reduce seed removal by soil erosion? *Biological Journal of the Linnean Society*. 111: 241-251.
- Gama-Arachchige NS, Baskin JM, Geneve RL, Baskin CC. 2013.** Identification and characterization of ten water gaps in seeds and fruits with physical dormancy and classification of water-gap complexes. *Annals of Botany*. 112: 69-84.
- 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.
- Herrera-Peraza RA, Menéndez L, Rodríguez ME, García EE. 1988.** *Ecología de los bosques siempreverdes de la Sierra del Rosario, Cuba. Proyecto MAB No. 1, 1974-1987*. UNESCO, ROSTLAC, Montevideo.
- Herrera-Peraza RA, Ulloa D, Valdés-Lafont O, Priego AG, Valdés A. 1997.** Ecotechnologies for the sustainable management of tropical forest diversity. *Nature & Resources*. 33: 1-17.
- ISTA (International Seed Testing Association). 2007.** International rules for seed testing. Bassersdorf, Zürich.
- Jaganathan GK. 2016.** Influence of maternal environment in developing different levels of physical dormancy and its ecological significance. *Plant Ecology*. 217: 71-79.
- Jaganathan GK, Yule K, Liu B. 2016.** On the evolutionary and ecological value of breaking dormancy by endozoochory. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ppees.2016.07.001>.
- Jayasuriya KMG, Athuagala YS, Wijayasinghe MM, Baskin JM, Baskin CC, Mahadevan N. 2015.** The crisis hypothesis: a stenopic view of the selective factors in the evolution of physical dormancy in seeds. *Seed Science Research*. 25: 127-137.
- Long RL, Gorecki MJ, Renton M, Scott JK, Colville L, Goggin DE, Commander LE, Westcott DA, Cherry H, Finch-Savage WE. 2015.** The ecophysiology of seed persistence: a mechanistic view of the journey to germination or demise. *Biological Reviews*. 90: 31-59.
- Mancina C, García L, Hernández F, Muñoz BC, Sánchez B, Capote RT. 2002.** Las plantas pioneras en la dieta de aves y murciélagos de la Reserva de la Biosfera "Sierra del Rosario". *Acta Botánica Cubana*. 193: 14-20.
- 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.

- Montejo L, 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.
- Moreno-Casasola P, Grime JP, Martínez ML. 1994.** A comparative study of the effects of fluctuations in temperature and moisture supply on hard coat dormancy in seeds of coastal tropical legumes in Mexico. *Journal of Tropical Ecology*. 10: 67-86.
- Muñoz BC, Orta R, Espinosa I. 1992.** Germinación de semilla de *Cecropia peltata* L., árbol nodriza para la reforestación sucesional. *Ciencias Biológicas*. 24: 34-43.
- 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. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, Instituto de Ecología y Sistemática, 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.
- Paulsen TR, Högestedt G, Thompson K, Vadvik V, Eliassen S. 2014.** Conditions favoring hard seededness as a dispersal and predator escape strategy. *Journal of Ecology*. 102: 1475-1484.
- Pearson T, Burslem D, Mullins C, Dalling J. 2002.** Germination ecology of neotropical pioneers: interacting effects of environmental conditions and seed size. *Ecology*. 83: 2798-2807.
- Peguero G, Espelta JM. 2013.** Endozoochory and fire as germination triggers in neotropical dry forest: an experimental test. *Biotropica*. 46: 83-89.
- Sánchez JA. 2012.** Ecofisiología de semillas y plántulas de árboles y arbustos de la Sierra del Rosario. Informe Final de Proyecto, Programa Diversidad Biológica (DB-032). Instituto de Ecología y Sistemática, Agencia de Medio Ambiente, La Habana.
- Sánchez JA, Montejo L, Gamboa A, Albert-Puentes D, Hernández F. 2015.** Germinación y dormancia de arbustos y trepadoras del bosque siempreverde de la Sierra del Rosario, Cuba. *Pastos y Forrajes*. 38: 11-28.
- Sánchez JA, Muñoz BC, Montejo L. 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 L. 2004.** Invigoration of pioneer tree seeds using prehydration treatments. *Seed Science and Technology*. 32: 355-363.
- 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.
- Soriano D, Huante P, Gamboa-deBuen A, Orozco Segovia A. 2014.** Effects of burial and storage on germination and seed reserves of 18 tree species in a tropical deciduous forest in Mexico. *Oecologia*. 174: 33-44.
- 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. 1993.** Patterns of seed longevity and germination in the tropical rain forest. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 24: 69-87.
- Western TL. 2012.** The sticky tale of seed coat mucilages: production, genetics, and role in seed germination and dispersal. *Seed Science Research*. 22: 1-25.
- Yang X, Baskin JM, Baskin CC, Huang Z. 2012.** More than just a coating: Ecological importance, taxonomic occurrence and phylogenetic relationships of seed coat mucilage. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*. 14: 434-442.
- Zalamea PC, Sarmiento C, Arnold AE, Davis AS, Dalling JW. 2015.** Do soil microbes and abrasion by soil particles influence persistent and loss of physical dormancy in seeds of tropical pioneers? *Plant Science*. 5: 1-14.