

Efecto de tratamientos de hidratación-deshidratación en semillas almacenadas de *Talipariti elatum*

Laura Montejo, J.A. Sánchez y Bárbara Muñoz

Se determinó el efecto de los tratamientos de hidratación parcial en agua, en la dormancia y la germinación de semillas de *Talipariti elatum* almacenadas durante 3, 6, 9 y 12 meses; estas procedían de dos ecosistemas (bosque siempreverde y vegetación secundaria) del occidente de Cuba. En las semillas recién colectadas (frescas) de ambas procedencias, el tratamiento de hidratación-deshidratación fue adecuado para disminuir la dormancia impuesta por las cubiertas seminales, e incrementar y acelerar la germinación. Sin embargo, en las semillas almacenadas hasta 9 meses en condiciones de laboratorio (25°C y 52% de humedad relativa) sólo un ciclo de hidratación parcial después del almacenamiento fue el método más eficiente para incrementar su vigor germinativo; este efecto revigorizador desapareció cuando se prolongó el envejecimiento por más de 9 meses.

Palabras clave: Dormancia, germinación, *Talipariti elatum*, tratamiento hídrico

The effect of partial hydration treatments in water on the dormancy and germination of *Talipariti elatum* seeds stored for 3, 6, 9 and 12 months was determined; the seeds were from 2 ecosystems (moist evergreen forest and secondary vegetation) in western Cuba. The hydration-dehydration treatment was effective to reduce the dormancy imposed by seed coats and to accelerate and increase the final germination percentage in recently collected (fresh) seeds of both provenances. However, the best procedure for increasing the germinative vigour in stored seeds until 9 months at 25°C and 52% of relative humidity, was only a cycle of partial hydration after the storage; although its reinvigoration effect disappeared when the storage increased to more than 9 months.

Key words: Dormancy, germination, *Talipariti elatum*, hydric treatment

La obtención de semillas forestales de buena calidad en Cuba es uno de los aspectos priorizados en los programas de repoblación forestal que se vienen desarrollando desde el triunfo de la Revolución (Álvarez, 1984). Entre las especies más empleadas con estos fines se encuentra la majagua (*Talipariti elatum* (Sw.) Fryxell); con las semillas de esta planta se ha desarrollado un fuerte trabajo de mejoramiento genético por su valor en los programas de reforestación (Álvarez, 2002) y en la alimentación del ganado (Toral, Iglesias, Simón, Shateloin y Albert, 2001).

Las semillas frescas de esta especie presentan dormancia exógena mecánica, combinada con un menor grado de impermeabilidad de las cubiertas seminales al agua (Montejo, Sánchez y Muñoz, 2003), lo que produce una germinación pobre y errática, y su viabilidad se afecta des-

pués de 9 meses de almacenamiento en condiciones de laboratorio (25°C y 52% de humedad relativa), según Muñoz, Sánchez y Montejo (2003).

Un camino fisiológico que podría mejorar el comportamiento germinativo de las semillas frescas y envejecidas de *T. elatum* son los tratamientos pregerminativos de hidratación-deshidratación, que activan reacciones metabólicas pregerminativas, la autorreparación enzimática de las membranas celulares y numerosos mecanismos bioquímicos y fisiológicos de tolerancia al estrés ambiental (Welbaum, Bradford, Kyu-Ock, Booth y Oluoch, 1998; McDonald, 1999; McDonald, 2000). Estos tratamientos se basan en la inmersión de las semillas en soluciones osmóticas o en agua durante determinado tiempo, con o sin deshidratación previa a la siembra (Henckel, 1982; McDonald, 2000; Sánchez, Orta y Muñoz, 2001).

El objetivo del presente trabajo consistió en determinar el efecto de los tratamientos de hidratación-deshidratación en la dormancia y la germinación de semillas de *T. elatum* de dos procedencias del occidente de Cuba, con diferentes tiempos de almacenamiento; también se determinó la dinámica de absorción de agua de las semillas frescas e intactas.

Materiales y Métodos

Sitio de colecta y procedencia del material vegetal. Se utilizaron semillas frescas de *T. elatum* (colectadas en marzo del 2001) de más de 10 árboles que crecen en un bosque siempreverde mesófilo (sitio conocido como El Vallecito) de la Reserva de la Biosfera "Sierra del Rosario", Pinar del Río, y de una zona de vegetación secundaria situada en el Instituto de Ecología y Sistemática, en Ciudad de La Habana, ambas localizadas en el occidente de Cuba. El bosque siempreverde está situado a 82°57' LO y 22°49' LN, y tiene un régimen anual de lluvia de 2 014 mm; la temperatura media anual del aire es de 24,4°C (Vilamajó, Menéndez y Suárez, 1988). La zona de vegetación secundaria (82°2' LO y 23°01' LN) tiene un régimen de lluvia anual entre 1 201-1 400 mm y la temperatura media anual del aire es de 24°C (Academia de Ciencias de Cuba, 1989). Los diseminulos colectados en la Sierra del Rosario y en el Instituto de Ecología y Sistemática en adelante se designan "procedencia I" y "procedencia II", respectivamente.

Procedimientos experimentales generales en las pruebas de imbibición y germinación. Las semillas de ambas procedencias se esterilizaron antes de la siembra mediante la inmersión en solución de bicloruro de mercurio (0,1% P/V) durante 10' y posteriormente se enjuagaron en agua destilada estéril durante 1 . Las pruebas de imbibición y germinación se efectuaron inmediatamente después de la colecta de las semillas, para lo cual se utilizaron placas Petri de 9 cm de diámetro (cinco réplicas de 50 semillas por cada tratamiento) colocadas en cámaras de crecimiento (Gallenkamp, Londres), a las que se les acoplaron dos lámparas fluorescentes de 40 W situadas a 20 cm del nivel de las placas; el

fotoperíodo fue de 8 horas luz, que coincidió con el tiempo de mayor temperatura, y de 12 horas para la temperatura más baja (25°C), con una transición entre ambas de 4 horas.

La viabilidad inicial de ambas procedencias se determinó mediante la prueba de TZ (Cloruro de 2,3,5 Trifenil Tetrazolium) según las normas del ISTA (1999), y el contenido inicial de agua se obtuvo mediante el secado de las semillas durante 17 h en una estufa mantenida a 103±2°C (ISTA, 1999). Las semillas se consideraron germinadas cuando ocurrió la emergencia visible de la radícula. Por último, los tratamientos hídricos se realizaron de acuerdo con el modelo de hidratación parcial en agua propuesto por Orta, Sánchez, Muñoz y Calvo (1998).

Dinámica de absorción de agua de las semillas. Las semillas intactas se colocaron en placas sobre papel de filtro humedecido con agua destilada, a temperatura alterna del sustrato de 25/35°C (rango de temperatura óptima para la germinación según Muñoz, Sánchez, Montejo y Herrera, 2001) y bajo luz blanca fluorescente. En diferentes tiempos de imbibición las semillas se pesaron hasta 2 horas antes del inicio de la emergencia de la radícula, para determinar la dinámica de absorción de agua con relación a la masa fresca.

Tratamientos pregerminativos de hidratación-deshidratación. Se aplicó un diseño de clasificación simple con arreglo factorial de los tratamientos para conocer la germinación de ambas procedencias, que fueron sometidas a diferentes tratamientos pregerminativos y tiempos de almacenamiento (0, 3, 6, 9 y 12 meses). Los tratamientos de presembrado fueron: semillas intactas o no tratadas (T1); semillas sometidas a hidratación parcial en agua durante 118 horas previo a su almacenamiento (T2); y semillas sometidas a similar tratamiento de hidratación parcial después del almacenamiento (T3).

La hidratación se realizó hasta dos horas antes del inicio de la germinación visible, debido a que en este punto el eje embrionario es más tolerante a la desecación (Sánchez y Muñoz, 2004). La deshidratación se realizó a 25 ± 2°C (45% de humedad relativa) durante 48 horas hasta alcan-

zar el contenido de humedad individual de las semillas (12-13% basado en el peso fresco).

El almacenamiento se realizó en frascos herméticos a temperatura ambiente ($25 \pm 2^\circ\text{C}$ y 45% de humedad relativa). Las pruebas de germinación se realizaron a temperatura alterna de $25/35^\circ\text{C}$, en condiciones de siembra similares a las descritas en el acápite de procedimientos experimentales generales. Se determinó el porcentaje de germinación final, el inicio de la germinación y su velocidad (expresada esta última como el tiempo necesario para alcanzar el 10% de germinación en la muestra, T10). Se evaluó, además, el porcentaje de semillas vivas no germinadas y semillas muertas mediante la prueba de TZ (ISTA, 1999).

Análisis estadístico. Se calculó la media y el error estándar para cada variable estudiada. La normalidad de los datos se verificó mediante la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov y la homogeneidad de varianza a través de la prueba de Bartlett. Las variables que no cumplieron las premisas para la utilización de los métodos estadísticos paramétricos se transformaron en $\arcsen\sqrt{\%}$. Las variables germinativas se analizaron mediante el análisis de varianza (ANOVA) de clasificación simple. No se aplicaron pruebas de comparación múltiples de media a posteriori, debido a que los datos obtenidos representaron la combinación de tratamientos cualitativos no estructurados (procedencias y tratamientos) con tratamientos cuantitativos (meses de almacenamiento), según el criterio propuesto por Blanco (2001). En la tabla aparecen los datos retransformados.

Resultados y Discusión

Dinámica de absorción de agua de las semillas. Las semillas frescas de *T. elatum* procedentes de las dos localidades se hidrataron a partir de haberse puesto en contacto con el agua, aunque no presentaron un patrón trifásico de absorción de agua (fig.1), el cual caracteriza a la mayoría de las semillas de las especies cultivadas que no presentan dormancia primaria (Bewley, 1997).

Ambas procedencias mostraron un patrón de imbibición muy similar, caracterizado por un incremento sostenido y lento del contenido de hu-

medad hasta el inicio de la emergencia de la radícula, que ocurrió a las 118 horas de imbibición de las semillas. Este comportamiento no permitió definir claramente las fases de imbibición, principalmente el período prolongado y estable que identifica la fase II. No obstante, en los disemínulos de la procedencia I se observó un tiempo estable de hidratación entre las 90 y 110 horas, que al parecer se corresponde con el final de la fase II del patrón trifásico, donde ocurren la mayoría de los eventos metabólicos relacionados con el crecimiento celular (Bewley, 1997). Ello podría deberse a la dormancia mecánica combinada con una ligera impermeabilidad de las cubiertas seminales al agua en la mayoría de las semillas de las procedencias empleadas (Montejo et al., 2003).

Efectividad de los tratamientos pregerminativos de hidratación-deshidratación en la dormancia y la germinación. El análisis de varianza mostró que las variables germinativas dependieron significativamente de la interacción que se estableció entre el tratamiento pregerminativo aplicado, el tiempo de almacenamiento y la procedencia de las semillas (tabla 1).

Los mayores porcentajes de germinación final en las semillas frescas o control (T1) se obtuvieron a los 9 meses de almacenamiento, especialmente en los disemínulos de la procedencia II (tabla 2). Después de este tiempo de envejecimiento, se evidenció el deterioro de estas por el incremento en el tiempo necesario para alcanzar el 10% de germinación en la muestra y el aumento en el número de semillas muertas. Sin embargo, en la procedencia I la velocidad de germinación no varió sustancialmente durante el tiempo de almacenamiento; mientras que el porcentaje de semillas muertas se incrementó a partir de los 6 meses (tabla 2).

Al mismo tiempo, la viabilidad de los disemínulos (calculada por la suma de la germinación final y el número de semillas vivas) a los 9 y 12 meses de almacenamiento, disminuyó a un 72,3 y 41% en la procedencia I, respectivamente, lo cual representó una pérdida de viabilidad de 24 y 56%. De igual forma ocurrió en la procedencia II, al disminuir la viabilidad seminal a 81,4 y

% de humedad

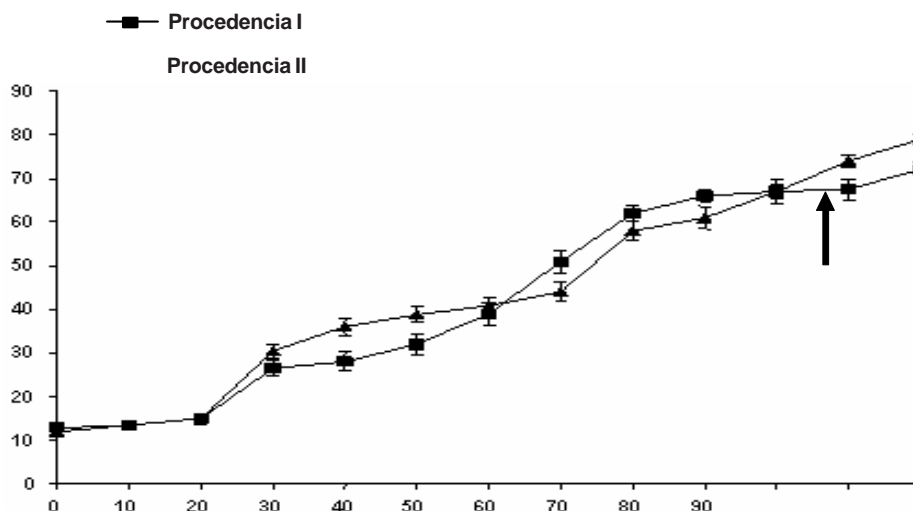


Fig. 1. Dinámica de absorción de agua en semillas intactas de *T. elatum* de dos procedencias (la flecha indica la primera señal visible de la germinación; las líneas verticales denotan el ES \pm cuando es mayor que el símbolo).

Tabla 1. ANOVA para los efectos tratamiento pregerminativo, almacenamiento, procedencia y sus interacciones en la germinación de semillas de *T. elatum*.

Fuente de variación	Valores de la Prueba F				
	Germinación final	Inicio de la germinación	Velocidad de germinación	Semillas dormantes	Semillas muertas
Tratamiento pregerminativo (A)	117,9***	65,8***	88,8***	27,3***	23,3**
Almacenamiento (B)	42,4***	4,5**	4,9**	10,4***	32,0***
Procedencia (C)	108,8***	19,2***	182,6***	39,3***	2,8*
AxB	5,8***	2,0*	5,8***	4,4***	6,0***
AxC	6,2***	7,7***	15,2***	4,3**	17,4***
BxC	26,1***	6,9***	11,3***	26,0***	2,9*
AxBxC	3,3***	4,2*	6,1***	8,9***	4,6***

* P<0,05 ** P<0,01 *** P<0,001

72,3% a los 9 y 12 meses de almacenamiento, que representó una pérdida de 15,6 y 24,7%, considerando que las semillas de ambas procedencias tuvieron un 97% de viabilidad inicial (tabla 2).

Esta diferencia de comportamiento en ambas procedencias, podría deberse al incremento del contenido de humedad de las semillas de la procedencia I (12,9%) en relación con la procedencia II (12,0%). Según Robert (1973), los incrementos de 1% en el contenido de humedad de los disemínulos disminuyen en un 50% la viabilidad.

En cambio, Álvarez (1984) comprobó en semillas de *T. elatum* que el almacenamiento en frío durante 3 años incrementó la germinación hasta 26% con relación al control (semillas no envejecidas); sin embargo, después de 4 años la germinación disminuyó bruscamente, posiblemente por el deterioro que sufren las semillas debido al intercambio con el ambiente de almacenamiento. Muñoz et al. (2003) obtuvieron, en semillas de esta especie, incrementos en la respuesta germinativa durante los 4 primeros meses de al-

Tabla 2. Variables germinativas en semillas de *T. elatum* según la procedencia, los tratamientos pregerminativos y diferentes tiempos de almacenamiento.

Variables/Meses	T1*					T2				
	0	3	6	9	12	0	3	6	9	12
Procedencia I										
Germinación final (%)	11,2	18,0	19,6	21,3	9,6	24,8	10,4	9,8	10,4	8,0
Inicio germinación (días)	8,0	6,4	6,2	8,2	10,2	3,2	6,0	6,6	5,2	8,3
Velocidad de germinación (días)	18,1	17,6	11,8	9,4	13,6	4,0	5,0	6,0	6,0	4,0
Semillas vivas (%)	83,1	76,0	52,0	51,0	32,1	64,8	65,1	16,5	12,4	18,2
Semillas muertas (%)	5,7	8,0	28,4	28,1	58,3	10,5	24,5	73,6	77,2	84,0
Procedencia II										
Germinación final (%)	35,2	38,4	43,2	44,2	8,3	55,2	14,4	13,6	15,2	5,0
Inicio germinación (días)	7,0	5,0	6,0	6,0	4,0	1,0	4,0	1,6	4,2	1,2
Velocidad de germinación (días)	4,5	4,7	5,0	5,4	18,2	1,7	4,4	5,6	4,5	20,7
Semillas vivas (%)	64,8	51,1	37,6	37,2	64,0	40,0	50,0	37,6	34,0	43,0
Semillas muertas (%)	0	10,9	19,2	18,1	28,0	4,8	35,2	48,8	50,8	52,0

Variables/Meses	T3					
	0	3	6	9	12	ES ±
Procedencia I						
Germinación final (%)	24,0	34,0	32,5	31,0	15,0	2,30
Inicio germinación (días)	3,5	1,6	1,8	2,0	1,0	0,71
Velocidad de germinación (días)	5,0	5,0	5,6	4,1	1,1	1,51
Semillas vivas (%)	62,1	40,0	40,0	56,0	64,0	4,03
Semillas muertas (%)	13,9	26,0	27,5	13,0	21,0	4,90
Procedencia II						
Germinación final (%)	57,2	63,0	60,0	58,6	15,0	5,42
Inicio germinación (días)	1,8	1,0	1,0	2,6	1,0	0,55
Velocidad de germinación (días)	1,4	0,5	0,5	4,4	0,4	1,58
Semillas vivas (%)	38,9	28,0	26,4	36,4	50,0	3,28
Semillas muertas (%)	4,0	9,0	14,0	5,0	35,0	4,32

Viabilidad inicial de las semillas: 97%

macenamiento (temperatura de 25°C y 52% de humedad relativa), pero a partir de los 6 meses se observó una tendencia a la disminución de la germinación e incrementos en el número de semillas muertas, el cual se acentuó después de los 18 meses. Al parecer, los almacenamientos prolongados en dichas condiciones atentaron contra la longevidad de las semillas de esta especie (Muñoz et al., 2003).

Por otro lado, en las semillas frescas de ambas procedencias los tratamientos hídricos (tabla 2) resultaron adecuados para incrementar el porcentaje y la velocidad de germinación con relación

a las semillas intactas (T1). Posiblemente, tales efectos se deban a que los referidos tratamientos activan eventos metabólicos irreversibles en las semillas durante la fase pregerminativa (Welbaum et al., 1998), que permiten su robustecimiento y con esto eliminan parcialmente la barrera mecánica (dormancia exógena) que ejercen las cubiertas seminales a la emergencia del embrión de esta especie (Montejo et al., 2003), lo cual ha sido reportado por Sánchez y Muñoz (2004) en semillas frescas de *Trichospermum mexicanum* sembradas a la temperatura subóptima de germinación.

Sin embargo, en las semillas almacenadas sólo el tratamiento aplicado después del almacenamiento (T3) fue efectivo para mejorar la capacidad germinativa de los disemínulos hasta los 9 meses de almacenamiento, con respecto a las semillas no tratadas (T1) y acondicionadas antes del almacenamiento (T2). Al parecer, el procedimiento T3 provocó la activación de los mecanismos de reparación celular, posiblemente a través de la síntesis de lípidos, proteínas, ARN y ADN (McDonald, 1999; Bailly, Benamar, Corbineau y Côme, 2000). Resultados similares fueron obtenidos por Sur y Basu (1990) en semillas almacenadas de trigo (*Triticum aestivum* L.) y sometidas a tratamientos de hidratación-deshidratación. En cambio, Nath, Coolbear y Hampton (1991) reportaron que los tratamientos hídricos aplicados antes del almacenamiento en esta especie producen efectos beneficiosos en la germinación, pero tienen un efecto ligero cuando se aplican después del almacenamiento.

Thanos, Georghiou y Passam (1989) comprobaron, en semillas de pimiento (*Capsicum annuum*, L.) almacenadas durante 3 años, el efecto revigorizador de los tratamientos osmoacondicionadores, lo que demuestra posiblemente la participación de estos en la activación de los procesos reparadores de ADN, proteínas, enzimas y membranas, y en la eliminación de radicales libres (Bailly et al., 2000).

Por su parte, Sánchez, Muñoz y Montejo (2004) demostraron el efecto reparador de los tratamientos hídricos en semillas de *T. elatum*, *T. mexicanum* y *Guazuma ulmifolia* sometidas a envejecimiento acelerado, lo cual evidenció que estos procedimientos son adecuados para incrementar el vigor de las especies forestales pioneras en condiciones severas de envejecimiento. Según McDonald (1999; 2000) estas técnicas pregerminativas no sólo inducen la reparación celular, sino también activan mecanismos antioxidantes (enzimáticos y no enzimáticos).

No obstante, la capacidad revigorizadora del tratamiento posalmacenamiento (T3) para invertir los efectos del deterioro celular se minimizó después de 9 meses de envejecimiento, al ocurrir una disminución drástica de la germinación, in-

crementos en el número de semillas muertas y pérdida de viabilidad de los disemínulos, principalmente en la procedencia II (tabla 2). Esto podría deberse a las variaciones de la temperatura y la humedad relativa durante el tiempo de almacenamiento, unido a largos ciclos de hidratación parcial de las semillas, que pueden acelerar el envejecimiento. Según Robert (1973), pequeños incrementos de la temperatura y el contenido de humedad de las semillas pueden acelerar la pérdida de viabilidad de los disemínulos y, consecuentemente, disminuir su tiempo de vida durante el almacenamiento. Así mismo, después de 9 meses de almacenamiento la velocidad de germinación se incrementó bruscamente en ambas procedencias; al parecer, el tratamiento de hidratación parcial disminuyó la dormancia exógena que presentan las semillas de esta especie, al provocar posiblemente cambios en la integridad de la cubierta seminal y/o robustecer el embrión, el cual se hace más fuerte y logra atravesar con mayor facilidad las estructuras que lo rodean.

Por consiguiente, los resultados del tratamiento T3 pueden considerarse adecuados para incrementar el vigor germinativo de las semillas frescas y almacenadas, pero reducen considerablemente su capacidad germinativa cuando se extiende el tiempo por más de 9 meses de almacenamiento.

Sin embargo, aunque la viabilidad de los disemínulos que no germinaron disminuyó, principalmente en los de la procedencia I, prevaleció el número de semillas dormantes sobre el porcentaje de semillas muertas (tabla 2). Por consiguiente, dicho tratamiento parece ofrecer una mayor resistencia a las semillas contra los efectos adversos del almacenamiento. Según Henckel (1982), los tratamientos robustecedores inducen profundos cambios bioquímico-fisiológicos que incrementan la tolerancia de las plantas ante condiciones abióticas extremas, como fue reportado recientemente por Sánchez, Muñoz, Reino y Montejo (2003) en semillas envejecidas de leguminosas.

En cambio, el tratamiento hídrico aplicado antes del almacenamiento (T2) no fue adecuado

para mejorar la capacidad germinativa de los disemínulos envejecidos de las procedencias estudiadas, con relación a las semillas intactas (T1). Dicho tratamiento disminuyó la germinación y provocó la muerte de las semillas menos vigorosas del lote, efecto que fue mayor al incrementarse el tiempo de almacenamiento; de forma similar se manifestó la viabilidad seminal, la cual disminuyó significativamente con el envejecimiento, en comparación con la viabilidad inicial de los disemínulos (tabla 2). Posiblemente, este factor aceleró la velocidad de deterioro celular sobre los eventos reparadores activados con el tratamiento de hidratación parcial.

Resultados similares fueron obtenidos por Chojnowski, Corbineau y Come (1997) y Sánchez et al. (2004) en semillas de especies hortícolas y forestales pioneras, sometidas a largos períodos de hidratación parcial y tratamientos de envejecimiento acelerado. Por su parte, Bonner (1998) y Sánchez et al. (2001) concluyeron que el envejecimiento de las semillas y los tratamientos de hidratación parcial por períodos prolongados, pueden inducir una rápida utilización de las reservas energéticas destinadas para la germinación, sin alcanzar la emergencia del embrión. Mientras, Chojnowski et al. (1997) propusieron que la pérdida de viabilidad de los disemínulos se debe, probablemente, a la fase de deshidratación de los tratamientos pregerminativos, que afectan mecanismos enzimáticos protectores de membranas, como sucede en las semillas de girasol (*Helianthus annuus* L.) al someterlas al deterioro celular inducido por el envejecimiento (Bailly et al., 2000).

En conclusión, la respuesta germinativa obtenida en las semillas almacenadas de *T. elatum* hasta los 9 meses, demuestra que los tratamientos hídricos aplicados después del almacenamiento son efectivos para incrementar el vigor germinativo de los disemínulos, posiblemente mediante la activación de eventos pregerminativos y/o mecanismos reparadores de daños celulares. Además, con la aplicación de los tratamientos de hidratación-deshidratación se logró parcialmente, eliminar la dormancia innata que presentan las semillas frescas de esta especie, aspecto muy

importante debido a que los referidos tratamientos se han utilizado tradicionalmente con otros fines.

Este último resultado, obtenido en las semillas frescas e intactas con los tratamientos pregerminativos de hidratación parcial, también sugiere que los ciclos de hidratación-deshidratación que sufren las semillas en el suelo del bosque o en los sitios abiertos, podrían eliminar la dormancia primaria que presenta esta especie. De hecho, esta última hipótesis fue comprobada por J. A. Sánchez (resultados no publicados) en los sitios de colecta de nuestro estudio.

Referencias

- Academia de Ciencias de Cuba. 1989. Nuevo atlas nacional de Cuba. Instituto de Geografía - Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía. La Habana, Cuba. 72 p.
- 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*. 1:1
- Álvarez, A. 2002. República de Cuba. Informe de país sobre la conservación, ordenación y utilización sostenible de los recursos genéticos de bosques y árboles. Instituto de Investigaciones Forestales-MINAG. La Habana, Cuba
- Bailly, C.; Benamar, A.; Corbineau, F. & Côme, D. 2000. Antioxidant systems in sunflower (*Helianthus annuus* L.) seed as affected by priming. *Seed Sci. Res.* 10:35
- Bewley, J.D. 1997. Seed germination and dormancy. *Plant Cell*. 9:1055
- Bonner, F.T. 1998. Testing tree seeds for vigor: a review. *Seed Techn.* 20:5
- Blanco, F.A. 2001. Métodos apropiados de análisis estadístico subsiguientes al análisis de varianza (Andeva). *Agronomía Costarricense*. 25:53
- Chojnowski, M.; Corbineau, F. & Côme, D. 1997. Physiological and biochemical changes induced in sunflower seeds by osmopriming and subsequent drying, storage and aging. *Seed Sci. Res.* 7:323
- Henckel, P.A. 1982. Fisiología de la resistencia de las plantas al calor y a la sequía [en ruso]. Nauka, Moscú. 280 p.
- ISTA. 1999. International rules for seed testing. *Seed. Sci. & Techn.* 27:155

- McDonald, M.B. 1999. Seed deterioration: physiology, repair, and assessment. *Seed. Sci. & Techn.* 27:177
- McDonald, M.B. 2000. Seed priming. In: Seed technology and its biological basic. (Eds. M. Black & J.D. Bewley). Academic Press. London, UK. p. 286
- Montejo, Laura; Sánchez, J.A. & Muñoz, Bárbara. 2003. Dormancia y efectos de los tratamientos hídricos en semillas de *Talipariti elatum*. En: Memorias VII Simposio de Botánica. [cd-rom]. Jardín Botánico Nacional. La Habana, Cuba
- Muñoz, Bárbara; Sánchez, J.A. & Montejo, Laura. 2003. Longevidad potencial de semillas de especies arbóreas pioneras germinadas a diferentes condiciones de iluminación y temperatura del sustrato. En: Memorias VII Simposio de Botánica. [cd-rom]. Jardín Botánico Nacional. La Habana, Cuba
- Muñoz, Bárbara; Sánchez, J.A.; Montejo, Laura & Herrera, R. 2001. Características morfológicas y fisiológicas de semillas de *Prunus occidentalis*. Comparación entre especies de diferentes estrategias sucesionales. *Ecotrópicos*. 14:1
- Nath, S.; Coolbear, P. & Hampton, J.G. 1991. Hydration-dehydration treatments to protect or repair storage "karamu" wheat seeds. *Crop Science*. 31:822
- Orta, R.; Sánchez, J.A.; Muñoz, Bárbara & Calvo, E. 1998. Modelo de hidratación parcial en agua para tratamientos revigorizadores, acondicionadores y robustecedores de semillas. *Acta Botánica Cubana*. 121:1
- Robert, E.H. 1973. Predicting the storage life of seeds. *Seed Sci. & Techn.* 1:499
- Sánchez, J.A. & Muñoz, Bárbara. 2004. Effect of hydration and scarification treatments on the germination of *Trichospermum mexicanum*. *Seed Sci. & Techn.* 32:621
- Sánchez, J.A.; Muñoz, Bárbara & Montejo, Laura. 2004. Invigoration of pioneer tree seeds using prehydration treatments. *Seed Sci. & Techn.* 32:355
- Sánchez, J.A.; Muñoz, Bárbara; Reino, J. & Montejo, Laura. 2003. Efectos combinados de escarificación y de hidratación parcial en la germinación de semillas envejecidas de leguminosas. *Pastos y Forrajes*. 26:27
- Sánchez, J.A.; Orta, R. & Muñoz, Bárbara. 2001. Tratamientos pregerminativos de hidratación-deshidratación de las semillas y sus efectos en plantas de interés agrícola. *Agronomía Costarricense*. 25:67
- Sur, K. & Basu, R.N. 1990. Vigour rating of wheat seed. *Seed Sci. & Techn.* 18:661
- Thanos, C.A.; Georghiou, K. & Passam, M. 1989. Osmoconditioning and ageing of pepper seeds during storage. *Ann. Bot.* 63:65
- Toral, O.; Iglesias, J.M.; Simón, L.; Shateloin, T. & Albert, A. 2001. Colecta y potencialidades del germoplasma forrajero arbóreo en diferentes ecosistemas. *Pastos y Forrajes*. 24:105
- Vilamajó, D.; Menéndez, L. & Suárez, A. 1988. Características climáticas. En: Ecología de los bosques siempreverdes de la Sierra del Rosario, Cuba MAB nº 1. (Eds. R. Herrera, L. Menéndez, M.E. Rodríguez y E.E. García). ROSTLAC. Montevideo, Uruguay. p. 61
- Welbaum, G.E.; Bradford, K.J.; Kyu-Ock., Y.; Booth, D.T. & Oluoch, M.O. 1998. Biophysical, physiological and biochemical processes regulating seed germination. *Seed Sci. Res.* 8:161