

EFFECTOS DEL TAMAÑO DE SEMILLA Y ESCARIFICACIÓN DEL ENDOCARPIO SOBRE LA GERMINACIÓN DE *MAURITIA FLEXUOSA* (ARECACEAE)

Effects of seed size and scarification of endocarp on the germination of *Mauritia flexuosa* (Arecaceae)

Ismael HERNÁNDEZ-VALENCIA¹, Daniel GUITIÁN² y Valois GONZÁLEZ¹

¹Instituto de Zoología y Ecología Tropical, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela. Apartado Postal-47058, 1041-A. Venezuela
ismael.hernandez@ciens.ucv.ve

²Escuela de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela

RESUMEN

Se estudió el efecto del tamaño de las semillas y de diferentes tratamientos de escarificación sobre la germinación de *Mauritia flexuosa*. En un ensayo, las semillas fueron discriminadas en cuatro grupos de acuerdo a su máxima longitud y peso, mientras que en otro fueron sometidas a diferentes tratamientos para reducir la resistencia del endocarpio a la germinación. Tras 180 días, el tamaño de las semillas no afectó el porcentaje, tiempo de germinación y sobrevivencia de las plántulas. La escarificación del opérculo produjo el mayor porcentaje de germinación (42,7%), mientras que la escarificación del endocarpio redujo el tiempo de germinación (117,4 a 66,1 días). La mayor sobrevivencia correspondió a los tratamientos control y remojo en agua corriente (63,9 y 72,4%, respectivamente).

Palabras clave: germinación, moriche, sobrevivencia de plántulas, tamaño de la semilla, tratamientos a la semilla

ABSTRACT

The effect of seed size and different scarification treatments on the germination of *Mauritia flexuosa* was studied. In one trial, the seeds were discriminated in four groups according to their maximum length and weight, while

subjected to different treatments to reduce the resistance of the endocarp to germination. After 180 days, the size of the seeds did not affect the percentage, time of germination and survival of the seedlings. Scarification of the operculum produced the highest germination percentage (42.7%), while endocarp scarification reduced the germination time (117.4 to 66.1 days). The highest survival corresponded to the control treatments and the soaking in running water (63.9 and 72.4%, respectively).

Key words: germination, moriche palm, seed size, seedling survival, seed treatments

INTRODUCCIÓN

Mauritia flexuosa L.f. (moriche, aguaje, burití) es una palma que se distribuye en las cuencas de los ríos Amazonas y Orinoco hasta el oriente de la isla de Trinidad (González 1987, 2009; Lasso & Rial 2013). Debido a su asociación con cursos de agua, los palmares de pantanos dominados por *M. flexuosa* (morichales) garantizan la disponibilidad de agua para la fauna y los pobladores que se ubican en sus cercanías, además de proveer alimento y fibras de importancia para las comunidades indígenas y tradicionales, en donde se utiliza en la producción de artesanías y materiales de construcción, estableciéndose incluso cultivos para el aprovechamiento de sus productos (Freites 2012). No menos importante es su papel como hábitat de muchas especies de fauna con valor cinético, algunas de ellas en situación de amenaza (Rodríguez & Rojas-Suárez 2008).

Pese a su importancia ecológica y económica, los morichales son vulnerables a la degradación por la deforestación, para el establecimiento de actividades agrícolas e infraestructura (vialidad, ductos), tala selectiva para obtención de alimentos y fibras, contaminación por disposición o derrames de efluentes domésticos e industriales (p.e. oleoductos) y mortalidad de individuos por erosión, sedimentación y colmatación de cauces (Zamora Ledezma *et al.* 2009). Esta situación hace necesario incentivar la investigación sobre su propagación con miras a su aprovechamiento y recuperación de áreas degradadas.

La palma *M. flexuosa* es una especie pionera que requiere condiciones ambientales particulares para su establecimiento, como la presencia

de un sustrato edáfico permanentemente saturado de agua y altos niveles de irradiación (González 1987, 2009; González & Rial 2011), aun cuando Ponce *et al.* (1999) determinaron que la fase de plántula puede tolerar condiciones de sombra, pero esta depende para su crecimiento de las importantes reservas acumuladas en el endospermo (González 2016). Estas reservas están constituidas principalmente por compuestos no celulósicos como mananos, mucílagos, alcaloides, terpenoides, proteínas y cuerpos lipídicos (Silva *et al.* 2014).

El peso y el tamaño de las semillas son características que pueden influir en la germinación, y están relacionadas con la cantidad de reservas nutricionales para crecer y/o enfrentar condiciones adversas (Geritz 1995; Lopes & Fagundes 2014), ejerciendo un efecto directo sobre el porcentaje de germinación y vigor de las plántulas (Mölken *et al.* 2005). En este sentido, se ha sugerido que dentro de una misma población las semillas más pequeñas habitualmente germinan más rápido, lo cual le confiere una ventaja competitiva en etapas de sucesión temprana (Baskin & Baskin 1998), a excepción de aquellas semillas pequeñas que no hayan completado su madurez fisiológica (Rojas-Aréchiga & Batis 2001). En contraste, las semillas más grandes germinan más lentamente, pero tienen mayor porcentaje de germinación y tienden a producir plántulas más vigorosas (Ferreira & Borghetti 2004). Adicionalmente, se ha considerado que el tamaño de las semillas puede estar relacionado con los mecanismos de dispersión y establecimiento de éstas, esto es, las semillas grandes tienen alta probabilidad de establecimiento en condiciones adversas, mientras que las semillas pequeñas tienen alta probabilidad de dispersión en el espacio y en el tiempo, y formar bancos de semillas (Fenner & Thompson 2005). Es por ello que para la implementación de estrategias de propagación se hace necesario conocer el intervalo de tamaño en semillas de la palma de moriche que brinde mejores resultados de germinación.

En el repoblamiento de áreas degradadas y establecimiento de plantaciones comerciales de *M. flexuosa* se han encontrado dificultades debido a la pérdida de viabilidad y germinación de semillas (Orozco-Segovia *et al.* 2003; Spera *et al.* 2001). Las palmas que se desarrollan en ambientes húmedos usualmente poseen semillas recalcitrantes. Tal es el caso de las semillas de *M. flexuosa*, caracterizadas por su incapacidad para

tolerar bajas temperaturas y deshidratación (Silva *et al.* 2014; Veloso *et al.* 2016), ésta última considerada como principal responsable de la pérdida de viabilidad durante el almacenamiento (Hong *et al.* 1997; Orozco-Segovia *et al.* 2003). La latencia de las palmas es frecuentemente atribuida a la estructura de sus semillas, las cuales presentan un endocarpio duro, endospermo corneo o poros germinativos obstruidos por fibras (Orozco-Segovia *et al.* 2003; Ribeiro *et al.* 2011; Neves *et al.* 2013). En la familia Arecaceae, la latencia morfológica y fisiológica está ampliamente distribuida y está relacionada con la presencia de un embrión subdesarrollado (Baskin & Baskin 1998, 2014; Orozco-Segovia *et al.* 2003). Esta información resulta necesaria no sólo para reproducir en vivero, invernadero o umbráculo condiciones similares a las requeridas en el ambiente natural, sino además para poder establecer el momento oportuno en que se debería iniciar el proceso de repoblación con plántulas.

Considerando que el tamaño de las semillas así como la consistencia del endocarpio son características que afectan la germinación, el objetivo fue evaluar diversas clases de tamaños de semillas y tratamientos de pre-siembra sobre el porcentaje de semillas germinadas, tiempo de germinación y sobrevivencia de plántulas con el fin de establecer cuáles de ellos permiten incrementar su producción.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se recolectaron frutos de *M. flexuosa* en el palmar medio denso de pantano conocido como Morichal Lambedero (7°46'N, 64°42'O), en la localidad de Mapire, al sur del estado Anzoátegui, Venezuela. Los frutos fueron recogidos del suelo y se seleccionaron aquellos con una cicatriz de abscisión amarilla, indicativo de reciente maduración. El mesocarpio fue removido manualmente y se descartaron aquellas semillas que mostraron daños por ataques de insectos o microorganismos, posteriormente fueron almacenadas en bolsas plásticas para reducir las pérdidas de humedad durante su traslado y almacenamiento en el umbráculo en donde se realizaron los distintos ensayos. Para los estudios previstos no se realizó ninguna evaluación previa de la viabilidad de las semillas utilizadas. El medio de crecimiento fue suelo arenoso superficial (0-10 cm), obtenido en la misma localidad. Las condiciones microclimáticas promedio del umbráculo

fueron 23,2°C de temperatura, 450 μEs^{-1} de radiación y 85% de humedad relativa.

Efecto del tamaño de semillas sobre la germinación

Sobre la base de la marcada variabilidad en el tamaño de las semillas, se tomaron en consideración las cuatro clases de semillas según su longitud máxima y peso establecidas por Guitián (2011) para los individuos de *M. flexuosa* del palmar medio denso de pantano (Tabla 1). Asimismo, con el fin de establecer la distribución de tamaños dentro de la población de semillas recolectadas según las clases establecidas por Guitián (2011), 800 semillas fueron medidas con un vernier de 0,1 cm de precisión y pesadas sin deshidratar en una balanza de 0,1 g de precisión. Para determinar el efecto del tamaño de semilla en el porcentaje y tiempo de germinación y sobrevivencia de plántulas, se establecieron para cada una de las clases ensayos por triplicado, con 25 semillas por cada réplica. Estas fueron sembradas individualmente en envases de 10,5 cm de alto, 8 cm de ancho, con capacidad para contener 250 g de suelo, el cual se mantuvo saturado de agua mediante riego constante. Luego de 180 días se evaluó diariamente el porcentaje y tiempo de germinación, así como la sobrevivencia de las plántulas. Para determinar la germinación, se utilizó el criterio descrito en Silva *et al.* (2014), el cual es la protrusión del pecíolo cotiledonar.

Tabla 1. Relación entre longitud máxima y peso promedio para cada clase de tamaño (Guitián 2011).

Clases de tamaño	Intervalo de longitud máxima (cm)	Peso promedio (g)
I	2,0-2,4	7,30a
II	2,5-2,9	10,49b
III	3,0-3,4	12,59c
IV	3,5-3,9	15,73d

Evaluación de la germinación bajo diferentes tratamientos de escarificación

Se evaluaron cinco tratamientos con la intención de establecer cómo afectan el proceso de germinación:

- Remojo en agua corriente (AC): con la intención de hidratar las semillas, ablandar el endocarpio y activar la germinación. Las semillas fueron sumergidas durante 7 días en agua corriente a temperatura ambiente. El agua fue cambiada diariamente.
- Escarificación del endocarpio por abrasión (EE): con el fin de reducir la resistencia de los endocarpios duros del moriche a la imbibición de agua e intercambio de gases se desgastó todo el endocarpio con papel de lija.
- Escarificación del opérculo por abrasión (EO): consistió en escarificar únicamente el área donde se ubica el opérculo con papel de lija.
- Escarificación química (EQ): las semillas fueron embebidas en ácido sulfúrico concentrado (98%) por 5 minutos. Posteriormente, fueron sumergidas en agua durante 5 días antes de la siembra.
- Control (C): consistió en la siembra de semillas sin ningún tratamiento previo de escarificación física o química.

Cada tratamiento constó de tres réplicas de 30 semillas cada uno que fueron escogidas al azar entre los diferentes tamaños recolectados en el campo. Las semillas bajo los diferentes tratamientos fueron ubicadas en el umbráculo, en condiciones similares de siembra y mantenimiento indicados en el ensayo anterior. Luego de 180 días y tras evaluaciones diarias, se calculó el porcentaje y tiempo de germinación y la sobrevivencia de las plántulas.

Análisis estadísticos

Las medias de este análisis fueron comparadas con una prueba no paramétrica Kruskal-Wallis y luego la prueba a posteriori Fisher LSD (Least Significant Difference), con un nivel de significancia del 0,05 empleando el software Statistica 10.0 (Statsoft 2010).

RESULTADOS

Efecto del tamaño de semillas sobre la germinación de *Mauritia flexuosa*

Las semillas evaluadas presentaron dominancia de las clases II (con 42,5%) y III (35,0%), mientras que las clases I y IV tuvieron una menor representación, 13,8 y 8,7%, respectivamente (Fig. 1). Las Fig. 2, 3 y 4 muestran los resultados sobre el porcentaje de germinación, tiempo de germinación y sobrevivencia de las plántulas luego de 180 días respectivamente, y cuyas medias fueron calculadas como el promedio de las tres réplicas establecidas. No se encontraron diferencias significativas en ninguna de estas variables para las cuatro clases establecidas por Guitián (2011). Los valores promedios y sus intervalos de confianza para las cuatro clases fueron de $22,7 \pm 7,5\%$ para el porcentaje de germinación, $118,5 \pm 10,5$ días para el tiempo de germinación, y $68,7 \pm 4,6\%$ la sobrevivencia de las plántulas.

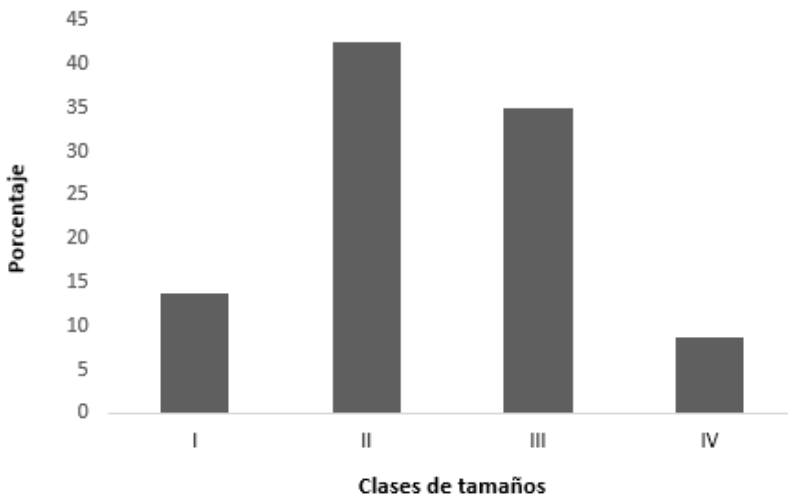


Fig. 1. Distribución porcentual dentro de las diferentes clases de tamaños de semillas obtenidas del Morichal Lamedero.

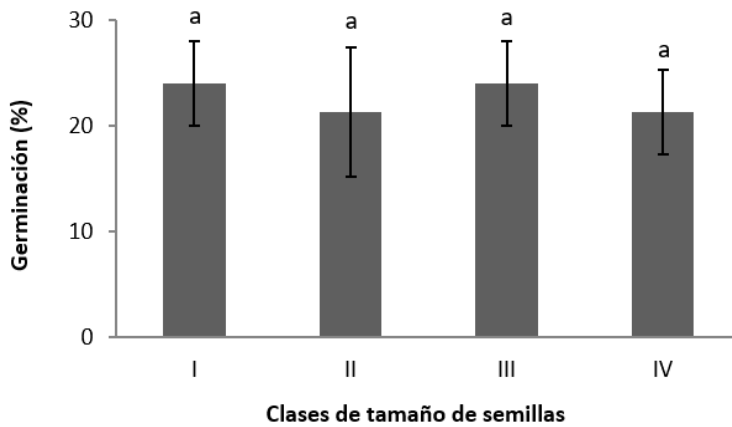


Fig. 2. Porcentaje de germinación de semillas de *Mauritia flexuosa* de diferentes clases de tamaño. Medias con letras similares indican ausencia de diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$). Barras corresponden a la desviación estándar.

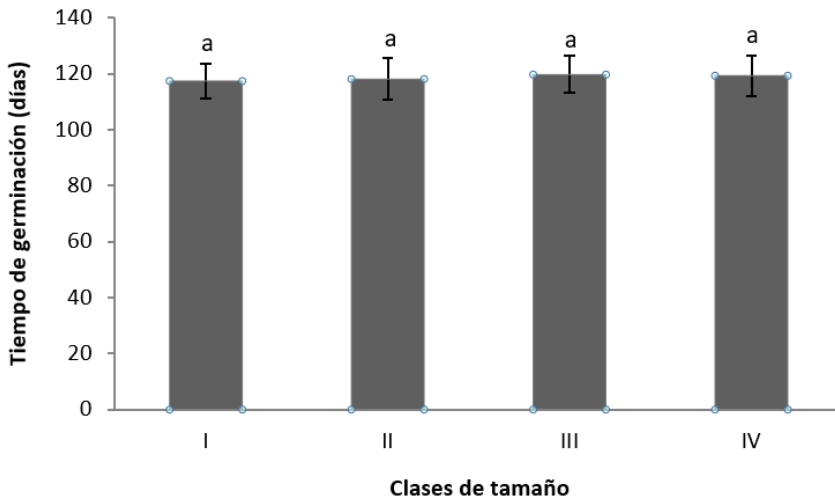


Fig. 3. Tiempo de germinación de semillas de *Mauritia flexuosa* de diferentes clases de tamaño. Medias con letras similares indican ausencia de diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$). Barras corresponden a la desviación estándar.

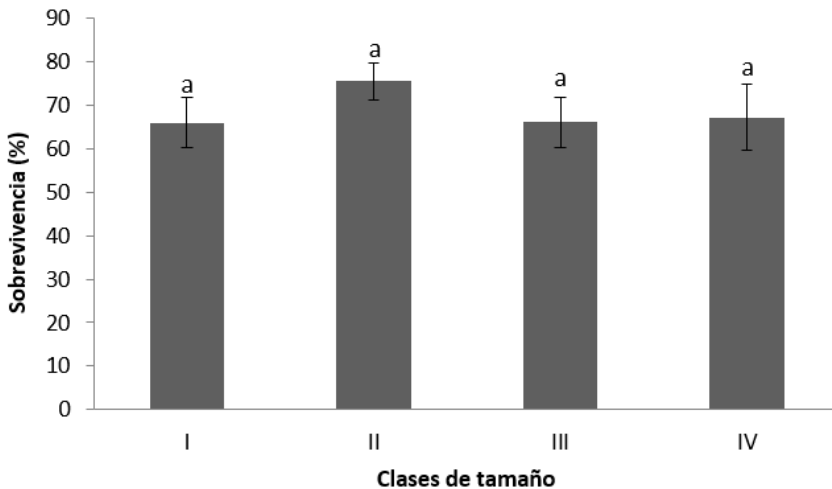


Fig. 4. Sobrevivencia de plántulas de *Mauritia flexuosa* de diferentes clases de tamaño. Medias con letras similares indican ausencia de diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$). Barras corresponden a la desviación estándar.

Evaluación de la germinación bajo diferentes tratamientos de escarificación

El porcentaje de germinación obtenido para los distintos tratamientos se muestra en la Fig. 5. Se evidenció que la germinación en el tratamiento control fue de 26,7% y sólo fue superada por el tratamiento de escarificación por abrasión en la zona del opérculo con 44,3%, hecho que sugiere que este tratamiento favorece la imbibición, intercambio de gases y posterior germinación. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre la escarificación del opérculo y el resto de los tratamientos, a excepción del tratamiento de remojo en agua corriente. Por otra parte, no se encontraron diferencias entre los tratamientos de remojo con agua corriente, escarificación del endocarpio con ácido sulfúrico y el control, los cuales variaron entre 21,3 y 32,0%.

En la Fig. 6 se muestra el tiempo de germinación obtenido para los distintos tratamientos aplicados, encontrándose que este fue significativamente menor en el de escarificación por abrasión en todo el endocarpio, con un

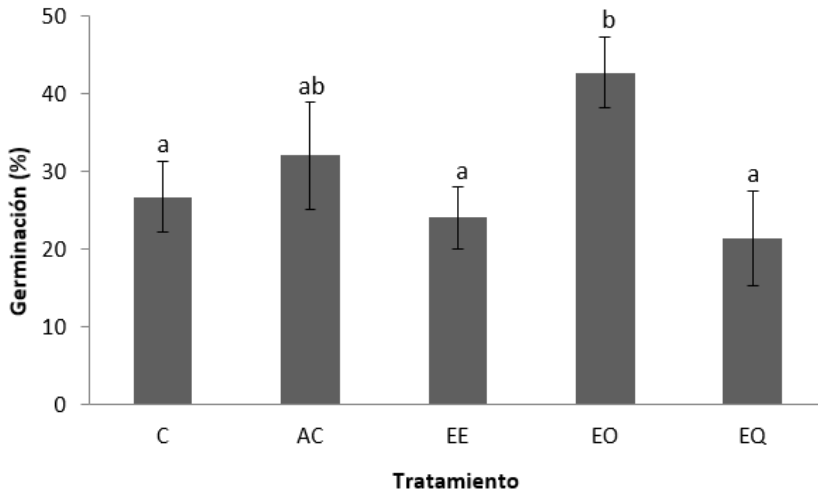


Fig. 5. Porcentaje de germinación de semillas de *Mauritia flexuosa* sometidas a diversos tratamientos. C = control; AC = remojo en agua corriente; EE = escarificación por abrasión de todo el endocarpio; EO = escarificación por abrasión en la zona del opérculo; EQ = escarificación química de semillas embebidas en H_2SO_4 concentrado durante 5 min. Medias con letras similares indican ausencia de diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$). Barras corresponden a la desviación estándar.

promedio de 66,1 días, respecto al resto de los tratamientos, cuyos tiempos promedios de germinación variaron entre 116,1 y 120,5 días ($p < 0,05$). La escarificación de todo el endocarpio fue el que más repercutió negativamente sobre la sobrevivencia con un 32,9% (Fig. 7), posiblemente generada por los hongos que se desarrollaron sobre la semilla y en el suelo incluso después de la germinación. La mayor sobrevivencia de plántulas correspondió al control y el tratamiento remojo en agua corriente, donde los valores de sobrevivencia del vástago fueron de 63,9 y 72,4%, respectivamente.

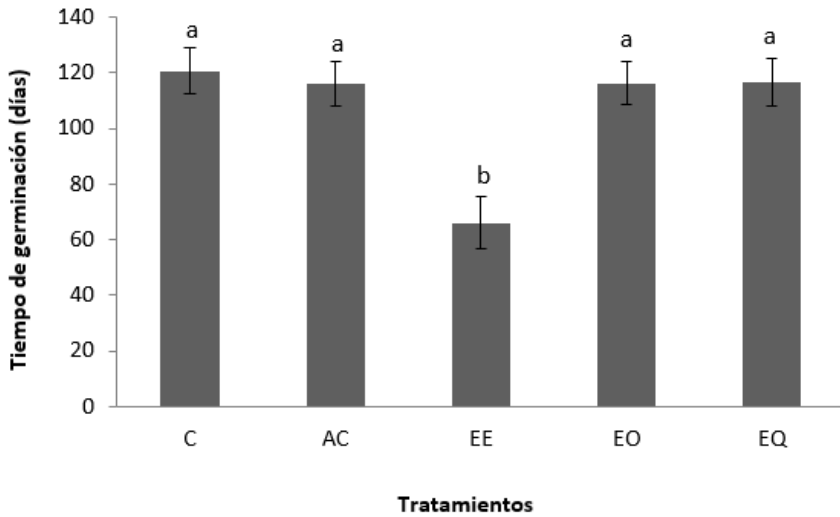


Fig. 6. Tiempo de germinación de semillas de *Mauritia flexuosa* sometidas a diversos tratamientos. C = control; AC = remojo en agua corriente; EE = escarificación por abrasión de todo el endocarpio; EO = escarificación por abrasión en la zona del opérculo; EQ = escarificación química de semillas embebidas en H_2SO_4 concentrado durante 5 min. Medias con letras similares indican ausencia de diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$). Barras corresponden a la desviación estándar.

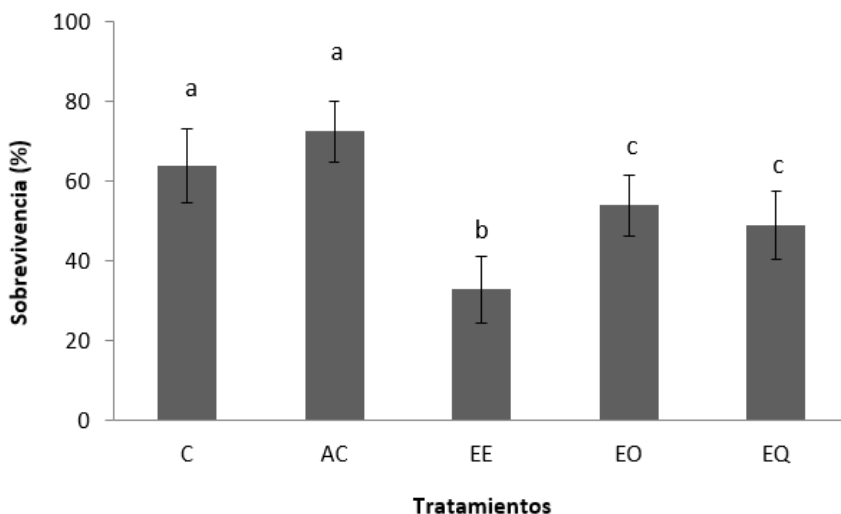


Fig. 7. Sobrevivencia de plántulas de *Mauritia flexuosa* sometidas a diversos tratamientos. C = control; AC = remojo en agua corriente; EE = escarificación por abrasión de todo el endocarpio; EO = escarificación por abrasión en la zona del opérculo; EQ = escarificación química de semillas embebidas en H_2SO_4 concentrado durante 5 min. Medias con letras similares indican ausencia de diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$). Barras corresponden a la desviación estándar.

DISCUSIÓN

Se ha reportado en la literatura relacionada con semillas, que las variaciones en el tamaño tanto a nivel del individuo, como dentro y entre poblaciones de una misma especie, son atribuidas a diversos factores genéticos y/o ambientales (Kang & Primack 1991). Según Aarssen & Burton (1990), el ambiente en el que se desarrolla el parental puede tener efectos importantes sobre el fenotipo de las semillas producidas, donde las plantas expuestas a condiciones nutricionales favorables producen semillas de mayor peso que las que crecen bajo condiciones de déficit nutricional. La variación del tamaño de la semilla ha demostrado influir en la supervivencia de las plántulas en varias especies (Venable 1992; Andersson & Milberg 1998). En condiciones adversas, las semillas grandes

tienden a incrementar su viabilidad, germinación y velocidad de emergencia, y sobreviven mejor que las semillas pequeñas (Banovetz & Scheiver 1994). En cambio, las semillas pequeñas tienen la ventaja de formar un banco de semillas (Rojas-Aréchiga & Batis 2001) y evadir más exitosamente la depredación (Funes *et al.* 1999).

Se ha señalado que las semillas pequeñas se hidratan más rápido y por ello también germinan más rápido; además estas semillas pueden penetrar más fácilmente pequeñas grietas en la superficie del suelo que le permiten conservar la humedad (Kikuzawa & Koyama 1999; Sánchez Salas *et al.* 2006), lo que es favorable para mantener la viabilidad de las semillas recalcitrantes como las de *M. flexuosa*. En contraste, también se ha sugerido que semillas pequeñas son más propensas a tener embriones subdesarrollados y en consecuencia tardan más en germinar (Rojas-Aréchiga & Batis, 2001; Ayala Cordero *et al.* 2004).

En este estudio el porcentaje y tiempo de germinación, así como la sobrevivencia de las plántulas fue similar para todas las clases de tamaño, lo que indica que el tamaño de la semilla no fue un factor que influyera en las variables evaluadas. Este resultado es cónsono con el hecho que las semillas endospermicas, en las cuales las reservas están fuera de los embriones y con embriones pequeños como los de *M. flexuosa*, es común que no se observe un efecto del tamaño de la semilla sobre la germinación. Ello se debe a que las reservas necesarias para la germinación están presentes en el interior del embrión mientras que el endospermo, que representa la parte más grande de la semilla, es utilizado posteriormente por la plántula para su desarrollo (Silva *et al.* 2014; Veloso *et al.* 2016). Así que los estudios para evaluar el efecto del tamaño de la semilla en la germinación de esta especie deben ser dirigidos al desarrollo de las plántulas y posiblemente requieran más tiempo que el utilizado en esta investigación.

Otro aspecto a considerar es que posiblemente el efecto del tamaño de las semillas sobre la germinación y sobrevivencia de la plántula se manifiesten en condiciones naturales donde el ambiente no es homogéneo. Los ensayos de este estudio se realizaron manteniendo el suelo saturado de agua y en condiciones de luz y temperaturas similares para todas las semillas y plántulas. Esta situación es completamente diferente en condiciones naturales en donde las semillas y plántulas están

expuestas a un ambiente más heterogéneo, con microhábitats desfavorables respecto a la humedad del suelo, temperatura del aire y del suelo y radiación solar, y en donde el endospermo constituye una reserva fundamental para la germinación y sobrevivencia de las plántulas. A este respecto, Silva *et al.* (2014) encontraron que las temperaturas entre 20 y 35°C fueron las más favorables para la germinación de *M. flexuosa*, mientras que Ponce *et al.* (1999) no observaron diferencias significativas entre el porcentaje de germinación de semillas de *M. flexuosa* en condiciones de alta radiación y sombra durante 14 meses; sin embargo, las que germinaron en condiciones de alta radiación alcanzaron el máximo de 87% de germinación a los 200 días, mientras que las que estaban a la sombra lo hicieron a los 419 días con porcentajes entre 85 y 77%. En cuanto a la disponibilidad de agua en el suelo, la condición más favorable es la del suelo saturado; sin embargo, con la presencia de una lámina de agua alta sin movimiento y prolongada en tiempo conduce a un ambiente anóxico e incompatible con el intercambio gaseoso (oxígeno) a nivel de los neumatóforos (González 1987; Peña 2004).

Con relación al almacenamiento de las semillas, Guitián (2011) encontró en un lote de semillas de *M. flexuosa* procedente de San Tomé, estado Anzoátegui, con un año de almacenamiento y sembradas bajo las mismas condiciones experimentales de este estudio, que la germinación fue de 5% y las pocas semillas que germinaron lo hicieron después de 240 días a partir de la siembra, posiblemente por la pérdida de viabilidad debido a la deshidratación. Al respecto, González (1987) establece que la germinación del moriche es favorecida mientras menor sea el tiempo entre recolección y siembra. Esto se ha reportado para otras especies de palmas (Broschat & Donselman 1988; Maciel 2001), aunque también se han reportado excepciones, como en *Livistona chinensis* (Maciel 2001) y *Roystonea regia* (Broschat & Donselman 1988).

En lo que respecta a los pre-tratamientos, la remoción del opérculo incrementó el porcentaje de germinación al reducir la resistencia para la emergencia del brote, similar a lo observado por Silva *et al.* (2014) para la misma especie, quienes encontraron en un ensayo de 105 días de duración, porcentajes de germinación superiores al 80% luego de 60 días, en aquellas semillas en donde se retiró el opérculo, mientras que las semillas en donde no se retiró, apenas una de 600 semillas lo hizo. El menor

porcentaje y mayor tiempo de germinación en este estudio en comparación a los obtenidos por Silva *et al.* (2014), posiblemente esté relacionado con la no eliminación del endospermo micropilar que junto al opérculo impone una resistencia física al desarrollo del embrión y explican la latencia observada en esta especie, tal como lo señalan los autores antes mencionados. La remoción del endocarpio no tuvo el mismo efecto que la remoción del opérculo y aunque la remoción del endocarpio disminuyó el tiempo de germinación de 117,4 días (promedio de los tratamientos C, AC, EO y EQ) a 66,1 días, también disminuyó la sobrevivencia de las plántulas debido al ataque de hongos fitopatógenos *Aspergillus*, *Periconia* y *Nigrospora* (Gutián 2011). Resultados similares sobre la proliferación de fitopatógenos en semillas de *M. flexuosa* escarificadas fueron encontrados por Selenguini *et al.* (2012).

La escarificación química y la abrasión del opérculo produjeron mayor sobrevivencia de vástagos respecto a la escarificación del endocarpio, pero menor sobrevivencia respecto a los tratamientos menos agresivos como el remojo en agua corriente y el control. Gutián (2011) encontró que el tratamiento de escarificación química con ácido sulfúrico concentrado disminuyó el porcentaje de germinación con el aumento en el tiempo de exposición al ácido (15, 30 y 60 min). Este hecho parece estar asociado al daño que ocurre sobre las semillas, el cual incrementó progresivamente con el tiempo utilizado durante la escarificación química y que se evidencia con la perforación de las semillas y la muerte del embrión. El uso de ácido sulfúrico en palmas ha sido una práctica poco exitosa y se ha reportado que puede causar daños al embrión y a las plántulas en los primeros meses de crecimiento, tal como se ha evidenciado en *Syagrus stenopetala* (Maciel & Briceño 2009).

De los tratamientos evaluados, el tratamiento control, el remojo con agua corriente y la escarificación del opérculo conjugaron los mejores resultados, ya que procuran la mayor germinación y/o sobrevivencia de las plántulas. El porcentaje de germinación obtenido en el tratamiento control fue de 26,7%, muy por debajo a lo encontrado por Ponce *et al.* (1999) quienes señalan que en condiciones de campo y en lugares abiertos (sin sombra), la germinación de *M. flexuosa* fue de 86% luego de 200 días, mientras que en condiciones de sombra fue entre el 60 a 70%. Las diferencias podrían estar relacionadas con la menor irradiación y

temperaturas más bajas en el umbráculo, así como el menor tiempo del estudio (180 días). Respecto a la temperatura, Guitián (2011) encontró un porcentaje de germinación del 60% luego de 180 días cuando las semillas se colocaban en sacos de polipropileno, en donde se alcanzaban temperaturas mínimas de 22°C y máximas de 38°C, muy superiores a las registradas en el umbráculo. Cabe destacar que en la literatura se ha reportado un amplio intervalo de tiempo para la germinación de las semillas de *M. flexuosa* que va desde los 2 hasta los 5 meses según la fase entre la recolección y siembra, las condiciones de siembra y los tratamientos pre-siembra (González 1987; Braun 1988; Ponce 2000; Capisto 2004; Silva *et al.* 2014).

Los resultados obtenidos presentan un valor práctico, ya que con tratamientos muy sencillos se puede incrementar la germinación de las semillas y sobrevivencia de plántulas para labores de repoblamiento de áreas degradadas y establecimiento de cultivos. Delascio (1999), en un manantial de Hato Piñero donde fueron sembrados individuos de *M. flexuosa*, realizó un inventario florístico 40 años después de la siembra y encontró 55 familias, 105 géneros y 111 especies. El autor destaca la importancia de la palma de moriche como pionera de las comunidades de morichal y señala que luego de la siembra, *M. flexuosa* se mantuvo y prosperó no sólo como individuo aislado, sino que favoreció también el establecimiento y la coexistencia de otras especies propias de lugares pantanosos. En lo referido a su uso comercial, se ha reconocido su valor como alimento (Martins *et al.* 2012), en la fabricación de artesanías y materiales de construcción (González 1987), cosméticos (Koolen *et al.* 2013), medicinas (Koolen *et al.* 2012) y biocombustibles (Luz Jr. *et al.* 2011). Adicionalmente, se debe tomar en cuenta su valor escénico, su papel como hábitat de la fauna silvestre y como reservorio de agua para consumo y recreación. Todos estos valores ecológicos y socioeconómicos justifican los esfuerzos en nuevas investigación sobre la propagación de esta palma con fines de recuperación de áreas degradadas y aprovechamiento de sus recursos.

CONCLUSIONES

El tamaño de las semillas no afectó el porcentaje y tiempo de germinación, ni

la sobrevivencia de plántulas. En cuanto a los pre-tratamientos de la semilla, el de escarificación por abrasión en el opérculo fue el que produjo el mayor porcentaje de germinación, mientras que el tratamiento de escarificación en el endocarpio redujo el tiempo de germinación; sin embargo, este último repercutió negativamente sobre la sobrevivencia de las plántulas. La menor mortalidad correspondió al tratamiento control y el de remojo en agua corriente. Sobre la base de los resultados obtenidos se infiere que los tratamientos más recomendables para fomentar la obtención de plántulas son el tratamiento control sin escarificación, la escarificación del opérculo y el remojo en agua corriente.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los revisores por sus observaciones para mejorar la publicación. Esta investigación fue financiada por el Fondo Nacional de Ciencia, Tecnología e Investigación de Venezuela, Proyecto Misión Ciencias No 2007001401.

BIBLIOGRAFÍA

- Aarssen, L.W. & S.M. Burton. 1990. Maternal effects at four levels in *Senecio vulgaris* (Asteraceae) grown on a soil nutrient gradient. *Amer. J. Bot.* 77: 1231-1240
- Andersson, L. & P. Milberg. 1998. Variation in seed dormancy among mother plants, population and years of seed collection. *Seed Sci. Res.* 8: 29-38.
- Ayala-Cordero, G., T. Terrazas, L. López-Mata & C. Trejo. 2004. Variación en el tamaño y peso de la semilla y su relación con la germinación en una población de *Stenocereus beneckeii*. *Interciencia* 29: 692-697.
- Banovetz, J.S. & S.M. Scheiver. 1994. The effects of seed mass on the seed ecology of *Coreopsis lanceolata*. *Am. Midl. Nat.* 131: 65-74.
- Baskin, C.C. & J.M. Baskin. 1998. *Seeds: Ecology, biogeography and evolution of dormancy and germination*. Academic Press, San Diego. USA.
- Baskin, C.C. & J.M. Baskin. 2014. What kind of seed dormancy might have palms? *Seed Sci. Res.* 24: 17-22.

- Braun, A. 1988. *El cultivo de las palmas en el trópico*. Tipografía Cervantes. Caracas, Venezuela.
- Broschat, T. & H. Donselman. 1988. Palm seed storage and germination studies. *Principes* 32 (1): 3-12.
- Capisto, C. 2004. Germinación de las semillas de palma [en línea]. Asociación Venezolana de Palmas (AVEPALMAS). CENTRO UNESCO. Junio 2016. [http:// www.avepalmas.org/germina.htm](http://www.avepalmas.org/germina.htm)
- Delascio, C.F. 1999. Composición florística de un morichal en el estado Cojedes, Hato Piñero (Morichito), Venezuela. *Acta Bot. Venez.* 22 (1): 185-194.
- Fenner, M. & K. Thompson. 2005. *The ecology of seeds*. Cambridge University Press. Cambridge, Inglaterra.
- Ferreira, A. & F. Borghetti. 2004. *Germinação: Do básico ao aplicado*. Editora Artmed. Porto Alegre, Brasil.
- Freites, L. 2012. Impacto del aprovechamiento en la estructura, producción y valor de uso de aguaje en la Amazonía peruana. *Recursos Naturales y Ambiente* 67: 35-45.
- Funes, G., S. Baconcelo, S. Díaz & M. Cabido. 1999. Seed size and shape are good predictors of seed persistence in soil in temperate mountain grasslands of Argentina. *Seed Sci. Res.* 9: 341-345.
- Geritz, S.A. 1995. Evolutionarily stable seed polymorphism and small-scale spatial variation in seedling density. *Am. Nat.* 146: 685-707.
- González, V. 1987. *Los morichales de los Llanos Orientales: Un enfoque ecológico*. Ediciones Corpoven. Caracas, Venezuela.
- González, V. 2009. *Estructura y funcionamiento del sistema ecológico de los morichales de los Llanos Orientales de Venezuela*. INTEVEP. PDVSA. Caracas, Venezuela.
- González, V. 2016. *Los palmares de pantano de Mauritia flexuosa en Sur América*. Instituto Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia.
- González, V. & A. Rial. 2011. *Amenazas que afectan el funcionamiento la integridad de la estructura vertical y florística de las*

comunidades de morichal presentes en los Llanos Orientales de Venezuela, Colombia y el Delta del Orinoco. Instituto Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia.

- Gutián, D. 2011. Efectos de la contaminación por petróleo pesado en el suelo sobre la germinación de semillas y sobrevivencia de plántulas de *Mauritia flexuosa* L.f. Trabajo Especial de Grado. Escuela de Biología. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.
- Hong, T.D., S. Linnington & R.H. Ellis. 1997. *Seed storage behavior: A compendium. handbooks for genebanks.* International Plant Genetic Resources Institute, Roma, Italia.
- Kang, H. & R.B. Primack. 1991: Temporal variation of flower and fruit size in relation to seed yield in celandine poppy (*Chelidonium majus*; Papaveraceae). *Amer. J. Bot.* 78: 711-722.
- Kikuzawa, K. & H. Koyama. 1999. Scaling of soil water absorption by seeds: an experiment using seed analogues. *Seed Sci. Res.* 9: 171-178.
- Koolen, H.H.F., E.R. Soares, F.M.A. Silva, A.D.L. Souza & E.R. Filho. 2012. Triterpenes and flavonoids from the roots of *Mauritia flexuosa*. *Rev. Bras. Farmacogn.* 22:189-192.
- Koolen, H.H.F., F.M.A. Silva, F.C. Gozzo, A.Q.L. Souza & A.D.L. Souza. 2013. Antioxidant, antimicrobial activities and characterization of phenolic compounds from burití (*Mauritia flexuosa* L.f.) by HPLC-ESI-MS/MS. *Food Res. Int.* 51: 467-473.
- Lasso, C. & A. Rial. 2013. Introducción. In: Lasso, C., A. Rial & V. González (eds.). *Morichales y Cananguchales de la Orinoquia y la Amazonía: Colombia y Venezuela. Parte I.* pp. 25-31. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia.
- Lopes, M. & M. Fagundes. 2014. Seed size as key factor in germination and seedling development in *Copaifera langsdorffii* (Fabaceae). *Am. J. Plant Sci.* 5 (17): 2566-2573.
- Luz Jr., G.E., A.G.D. Santos, A.C.R. Melo, R.M. Oliveira, A.S. Araújo &

- V.J. Fernandes Jr. Thermal catalytic cracking of buriti oil (*Mauritia flexuosa* L.) over LaSBA-15 mesoporous materials. *Fuel Process. Technol.* 92: 2099-2104.
- Maciel, N. 2001. Emergencia de la palma real venezolana (*Roystonea oleracea*) en función de condiciones variables del fruto y la semilla. *Bioagro* 13 (3): 105-110.
- Maciel, N. & N. Briceño. 2009. Efecto de la madurez de frutos, escarificación de la semilla y temperatura en la emergencia de *Syagrus stenopetala* Burret. *Revista Fac. Agron. (LUZ)*. 26: 196-211.
- Martins, R.C., T.S. Filgueiras & U.P. Albuquerque. 2012. Ethnobotany of *Mauritia flexuosa* (Arecaceae) in a Maroon community in central Brazil. *Econ. Bot.* 66: 91-98.
- Molken, T., L.D. Jorristma-Wienk, P.H. Hoek & W.H. Kroon. 2005. Only seed size matters for germination in different populations of the dimorphic *Tragopogon pratensis* subsp. *pratensis*. *Am. J. Bot.* 92: 432-437.
- Neves, S.C., L.M. Ribeiro, I.R.G. Cunha, M.A.S. Pimenta, M.O. Mercadante-Simões & P.S.N. Lopes. 2013. Diaspore structure and germination ecophysiology of the babassu palm (*Attalea vitrivir*). *Flora* 208: 68-78.
- Orozco-Segovia, A., A.I. Batis, M. Rojas-Aréchiga & A. Mendoza. 2003. Seed biology of palms: a review. *Palms* 47: 79-94.
- Peña, C.T. 2004. Variaciones en la estructura y composición florística de las comunidades de Morichal en la Cuenca Alta del río Tigre (edo. Anzoátegui). Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.
- Ponce, M.E. 2000. Algunos aspectos de la biología poblacional de *Mauritia flexuosa* L.f. (palma moriche) en los llanos Sur Orientales del estado Guárico, Venezuela. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.
- Ponce, M.E., J. Brandín, M.A. Ponce & V. González. 1999. Germinación

- y establecimiento de plántulas de *Mauritia flexuosa* L.f. (Arecaceae) en los llanos Sur Orientales del estado Guárico, Venezuela. *Acta Bot. Venez.* 22(1): 167-183.
- Ribeiro, L.M., P.P. Souza, A.G. Rodrigues, T.G.S. Oliveira & Q.S. Garcia. 2011. Overcoming dormancy in macaw palm diaspores, a tropical species with potential for use as bio-fuel. *Seed Sci. Technol.* 39: 303-317.
- Rodríguez, J.P & F. Rojas-Suárez (eds.). 2008. *El libro rojo de la fauna venezolana*. Provita y Shell de Venezuela. Caracas. Venezuela.
- Rojas-Aréchiga, M. & A. Batis. 2001. Las semillas de cactáceas ¿forman bancos en el suelo? *Cact. Suc. Mex.* 46: 76-82.
- Sánchez-Salas, J., J. Flores & E. Martínez-García. 2006. Efecto del tamaño de semilla en la germinación de *Astrophytum myriostigma* Lemaire (Cactaceae), especie amenazada de extinción. *Interciencia* 31: 371-375.
- Selenguini, A., Y.M. Vargas Camilo, E.R. Barboza de Souza, M.L. Martins, A.P. Marquez Belo & A. Leite Fernandes. 2012. Superação de dormência em sementes de buriti por meio da escarificação mecânica e embebição. *Revista Agro@mbiente On-line* 6(3): 235-241.
- Silva, R.S., L. Monteiro Ribeiro, M.O. Mercadante-Simoes, Y.R. Ferreira Nunes & P.S. Nascimento Lopez. 2014. Seed structure and germination in buriti (*Mauritia flexuosa*), the swamp palm. *Flora* 209: 674-685.
- Spera, M.R.N., R. Cunha & J.B. Teixeira. 2001. Quebra de dormência, viabilidade e conservação de sementes de buriti (*Mauritia flexuosa*). *Pesq. Agropecu. Brasil.* 36: 1567-1572.
- Statsoft. 2010. Statistica. Version 10.0. for Window. Tulsa, USA.
- Veloso, V.H.S., L.M. Ribeiro, M.O. Mercadante-Simões & Y.R.F. Nunes. 2016. Cytological aspects of recalcitrance in dormant seeds of *Mauritia flexuosa* (Arecaceae). *Acta Physiol. Plant.* 38(7): 1-11.
- Venable, L. 1992. Size-number trade-off and the variation of seed size with plant resource status. *Am. Nat.* 140: 287-304.

Zamora-Ledezma, E., V.M. Carrillo Carrillo, I. Hernández Valencia & V.C. González Boscán. 2009. Impactos de la industria petrolera sobre morichales: Implicaciones ecológicas. Informe Técnico. INT-12773-2009. PDVSA-Intevep. Los Teques, Venezuela.