

Emergencia y desarrollo inicial de cuatro leguminosas forrajeras arbóreas presentes en la altiplanicie de Maracaibo, Venezuela

Emergence and initial development of four forage tree legumes present on the plateau of Maracaibo, Venezuela

Maribel Ramírez¹, Aly Urdaneta², Brigida Caraballo¹ y D. E. García³

¹Departamento de Botánica, Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia

Apartado 15205. ZU4005. Venezuela

E-mail: mcramire@fa.luz.edu.ve

²Unión de Ganaderos de El Laberinto, La Paz, estado Zulia, Venezuela

³FMF-Freiburg Materials Research Center, Institute of Forest Utilization and Work Science. Germany

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de diferentes tratamientos pregerminativos, así como las características morfológicas de las plántulas emergidas en cuatro leguminosas forrajeras arbóreas: lara ruidosa (*Albizia lebbek*), cují (*Prosopis juliflora*), samán (*Samanea saman*) y carocaro (*Enterolobium cyclocarpum*), presentes en la altiplanicie de Maracaibo, estado Zulia, Venezuela. El diseño experimental fue de bloques al azar, con cuatro repeticiones. Los tratamientos aplicados fueron: escarificación con lija (EL), remojo en agua (RA) e inmersión en agua caliente (IAC), en semillas con distintos tiempos de almacenamiento (TA). Se evaluó el porcentaje de emergencia (PE), la tasa de emergencia (TE), la altura de la plántula (AP), el largo de la raíz (LR), el número de hojas (NH), el número de nudos (NN) y el grosor del tallo (GT). En lara ruidosa el tiempo del RA y la interacción entre la EL y la IAC presentaron diferencias significativas en el PE. En las semillas de cují, los efectos individuales del TA, el RA y la IAC mostraron diferencias en el PE. La EL influyó en el PE de las semillas de cují sin artejo, y en las de carocaro y samán. Se concluye que la EL en las semillas de lara ruidosa, cují sin artejo, carocaro y samán; así como la utilización de semillas de cují con artejo –frescas o almacenadas durante tres meses y tratadas con agua caliente por cinco minutos– permitieron incrementar la emergencia. Las plántulas mostraron un desarrollo normal y homogéneo.

Palabras clave: *Albizia lebbek*, emergencia, *Enterolobium cyclocarpum*, *Prosopis juliflora*, *Samanea saman*

ABSTRACT

The objective of the study was to evaluate the effect of different pre-germination treatments, as well as the morphological characteristics of the emerged seedlings in four forage tree legumes: *Albizia lebbek*, *Prosopis juliflora*, *Samanea saman* and *Enterolobium cyclocarpum*, present on the plateau of Maracaibo, Zulia state, Venezuela. A randomized block experimental design, with four repetitions, was used. The applied treatments were: scarification with sandpaper (SS), soaking in water (SW) and immersion in hot water (IHW), in seeds with different storage times (ST). The following factors were evaluated: emergence percentage (EP), emergence rate (ER), seedling height (SH), root length (RL), number of leaves (NL), number of nodes (NN) and stem diameter (SD). In *A. lebbek* the time of SW and the interaction between SS and IHW showed significant differences in the EP. In the *P. juliflora* seeds, the individual effects of ST, SW and IHW showed differences in the EP. The SS influenced the EP of the *P. juliflora* seeds without endocarp and those of *E. cyclocarpum* and *S. saman*. It is concluded that the SS in seeds of *A. lebbek*, *P. juliflora* without endocarp, *E. cyclocarpum* and *S. saman*; as well as the utilization of *P. juliflora* seeds with endocarp –fresh or stored during three months and treated with hot water for five minutes– allowed to increase emergence. The seedlings showed normal and homogeneous development.

Key words: *Albizia lebbek*, emergence, *Enterolobium cyclocarpum*, *Prosopis juliflora*, *Samanea saman*

INTRODUCCIÓN

En Venezuela, la alimentación del ganado bovino se basa en el uso de forraje y suplementos balanceados, los cuales tienen altos precios. Esta situación ha generado la necesidad de buscar alternativas complementarias para la alimentación animal, entre las que se encuentran las leguminosas arbóreas, que poseen alto contenido de proteína cruda y excelente adaptación (García *et al.*, 2008; Navarro, 2009). La incorporación de estas especies, así como de pastos mejorados en el área de pastoreo, es una práctica agroforestal que permite mejorar la productividad y ampliar la sostenibilidad de los sistemas de producción agropecuaria. En Latinoamérica, los sistemas agroforestales utilizan un número limitado de especies arbóreas y, en muchos casos, las leguminosas constituyen un elemento más del ecosistema ganadero y no una fuente proteínica (García *et al.*, 2008).

En el estado Zulia, Venezuela, solo unos pocos productores de tradición ganadera conocen las bondades del follaje de algunas leguminosas arbóreas en la alimentación animal, las cuales tienen cualidades multipropósito. Entre ellas se pueden mencionar: la lara ruidosa (*Albizia lebbek*), el cují (*Prosopis juliflora*), el carocaró (*Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb.) y el samán (*Samanea saman*). Es común encontrar estas especies en diferentes zonas de la altiplanicie de Maracaibo, estado Zulia, por lo que pudieran ser utilizadas en los sistemas de producción. Una manera simple de hacerlo es permitir el desarrollo de las plántulas que crecen de forma natural en los campos o bosques.

Las semillas de las leguminosas arbóreas, con frecuencia, poseen cubiertas impermeables y extremadamente duras que impiden la germinación; por lo que, generalmente, requieren algún tratamiento pregerminativo como la escarificación con lija, el remojo en agua y la inmersión en agua caliente. Sin embargo, se dispone de poca información sobre la propagación y el desarrollo inicial de algunas de estas especies en las condiciones del país (Sánchez y Ramírez, 2006; Hernández *et al.*, 2011; Ramírez *et al.*, 2012), específicamente en el estado Zulia. Por ello, este trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de diferentes tratamientos pregerminativos, así como las características morfológicas de las plántulas emergidas, en cuatro leguminosas forrajeras arbóreas (lara ruidosa, cují, samán y carocaró), presentes en la altiplanicie de Maracaibo, estado Zulia, Venezuela.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación de la investigación. El experimento se realizó en el vivero universitario de la Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia (LUZ), estado Zulia, Venezuela. Este se ubica a 10° 41' 12" de latitud Norte y 71° 38' 05" de longitud Oeste, a una altitud de 25 msnm. Además, se enmarca en una zona ecológica de bosque tropical muy seco, con precipitaciones de 500 a 600 mm por año; y promedios anuales de temperatura de 29 °C, humedad relativa de 79 % y evapotranspiración de 2 500 mm (Sánchez y Ramírez, 2006).

Recolección, preparación y almacenamiento de las semillas. Las semillas de lara ruidosa y cují se recolectaron de legumbres maduras de árboles pertenecientes a las áreas verdes de la Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia; las de samán, en la hacienda "El Táparo", del sector Jardines del Lago; y las de carocaró, en la hacienda "Las Marías", del sector El Laberinto (ambas haciendas se ubican en la parroquia José Ramón Yépez, municipio Jesús Enrique Lossada, estado Zulia). En el caso de la lara ruidosa, las legumbres –secas y amarillas– se tomaron antes de que ocurriera la dehiscencia. Previamente a la extracción de las semillas, en las cuatro especies se descartaron los extremos de las legumbres, el ápice y la base; así como aquellas que tuviesen daños mecánicos y por insectos. En lara ruidosa, carocaró y samán se extrajeron las semillas, se seleccionaron las de mayor tamaño y se descartaron las pequeñas, deformes, aplanadas y perforadas por insectos; esta última condición fue frecuente en lara ruidosa. Las legumbres de cují se remojaron en agua potable durante cuatro días, con cambios de agua cada 12 h. Después se extrajeron las semillas con el artejo –estructura cuadrada dura que encierra la semilla– (Sánchez y Ramírez, 2006), se frotaron varias veces con una malla metálica hasta retirar los restos del fruto y se descartaron las que eran muy pequeñas. A un grupo de ellas se le retiró con cuidado el artejo con una tijera.

En las cuatro especies, se seleccionaron las semillas y a continuación se lavaron, se protegieron con el fungicida Vitavax® y se almacenaron, de acuerdo con lo descrito por Ramírez *et al.* (2012); aunque el secado se hizo durante cuatro días. Después de la aplicación del fungicida, las de lara ruidosa se rociaron con el insecticida Lorsban®4E (Clorpirifos) al 1 %, debido a que durante la selección se detectó que muchas estaban perforadas por

gorgojos cerca del embrión. Las semillas de lara ruidosa se almacenaron por 21 días; las de carocaró y samán, por 1 y 3 meses; las de cují, con artejo, durante 1, 6, 12, 18 y 24 meses; y las de cují, sin artejo, por 1 y 3 meses.

Tratamientos. En las semillas de lara ruidosa se realizaron dos experimentos. El primero constó de seis tratamientos generados a partir de la combinación de la escarificación con lija (EL) No. 80, durante 0, 20 y 40 minutos –en cuatro y ocho sesiones de cinco minutos cada una– con la inmersión en agua caliente (IAC) a 80°C, por 0 y 5 minutos; a continuación se retiraron del agua. El segundo se hizo con seis tiempos de remojo (TR) en agua potable durante 0, 6, 12, 24, 36 y 48 horas, a temperatura ambiente (29°C) y con cambios de agua cada 12 horas. En cují se evaluaron tres experimentos; el primero se realizó con 24 tratamientos obtenidos de la combinación del tiempo de almacenamiento (TA) de las semillas con artejo (0, 1, 6, 12, 18 y 24 meses) y el TR en agua (0, 24, 48 y 96 horas), con cambios cada 12 horas. En el segundo se aplicaron diez tratamientos provenientes de la combinación del tiempo de IAC (0, 5, 10, 15 y 20 minutos) con el uso de semillas con artejo –frescas o almacenadas por tres meses–. En el tercer experimento se evaluó el tiempo de la EL durante 0, 20 y 40 minutos, en semillas sin artejo –frescas y almacenadas por uno y tres meses–. Se realizaron dos experimentos similares (cuarto y quinto) con las semillas de carocaró y samán. Se denominaron semillas sin almacenamiento o frescas las que se sembraron inmediatamente después del proceso de extracción, selección y protección (con fungicida y/o insecticida).

Siembra de las semillas. La siembra de las semillas de carocaró y samán, así como la del primer experimento de lara ruidosa y cují se realizó en canteros con sustrato de arena (capa vegetal) y materia orgánica (estiércol de bovino lavado) en una proporción 2:1, previamente desinfectada con agua caliente. En cada tratamiento se utilizaron cuatro hileras de 100 cm de largo con una separación de 10 cm. En cada hilera se colocaron 50 semillas, con una separación de 2 cm. En los otros experimentos de lara ruidosa y cují la siembra se hizo en bandejas plásticas negras, de polietileno, de 50 hoyos (5 cm de ancho y largo x 8,5 cm de profundidad), y se empleó el sustrato antes descrito; se colocó una semilla por hoyo y se utilizaron cuatro bandejas por cada tratamiento. La profundidad de siembra, tanto en los canteros como en las bandejas, fue de 1 cm.

El riego se realizó de forma manual, cada dos días en los canteros y diariamente en las bandejas. El control de arvenses se efectuó manualmente, una vez a la semana. Los experimentos de lara ruidosa, carocaró y samán se realizaron en el área del propagador que se encontraba cubierta con una malla tipo sarán, la cual ofrecía un 40 % de sombra. Los experimentos de cují se ubicaron en un área a plena exposición solar, debido a que previamente se había observado que tanto la emergencia como el desarrollo de las plántulas eran más bajos y lentos a la sombra (datos no publicados).

Variables medidas. Se efectuaron conteos del número de semillas emergidas y se consideró la emergencia de la plúmula, para determinar el porcentaje de emergencia (PE) y la tasa de emergencia (TE) (Perozo, Ramírez, Gómez y Buitrago, 2006). Transcurridos 24 días después de la siembra de lara ruidosa, carocaró y samán, y 56 días en cují, se evaluaron las siguientes variables: altura de la plántula (AP), largo de la raíz (LR), número de hojas (NH), número de nudos (NN) y grosor del tallo (GT). La AP y el LR se midieron en centímetros, con una regla graduada; la AP se midió desde el ápice del vástago hasta la base de la plántula, y el LR, desde esta última hasta el ápice de la raíz principal. Para determinar el NH y el NN, se contó el número de hojas y nudos presentes en cada plántula. El GT se midió en milímetros, con un vernier.

Diseño experimental y análisis estadístico. En cada especie se utilizó un diseño experimental de bloques al azar, con arreglo factorial y cuatro repeticiones; excepto en el segundo experimento de lara ruidosa, en el cual hubo un solo factor de estudio con seis niveles de remojo en agua. El análisis estadístico se realizó mediante el procedimiento GLM (modelo lineal general) del programa SPSS versión 12 (Pérez, 2005). Las interacciones se determinaron a través de la prueba de diferencias mínimas cuadráticas (LSD). El PE se transformó mediante la ecuación $\arcsen(x + 1)^{1/2}$ para ajustarla a la normalidad. Además, se calculó la estadística descriptiva: las medias, las desviaciones estándar, los valores mínimos y máximos, así como las modas y medianas de AP, LR, NH, NN y GT.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las semillas de lara ruidosa, los efectos de los tiempos de la EL y la IAC, así como la interacción entre la EL y la IAC tuvieron efectos significativos solo en la variable PE, a los 20 días después de la siembra (tabla 1). La EL –durante

20 y 40 minutos sin IAC— tuvo un comportamiento similar, pero fue diferente al resto de los tratamientos y permitió obtener los máximos PE; aunque el valor a los 20 minutos fue un poco más alto. La IAC por cinco minutos redujo drásticamente la emergencia, solo pocas semillas lograron emerger a partir del día 12; después se mantuvo constante.

Esto demostró que la temperatura del agua a 80 °C, durante cinco minutos, inhibió la emergencia en esta especie, lo cual se asocia a la muerte del embrión de la mayoría de las semillas; la susceptibilidad del embrión a altas temperaturas sugiere la evaluación de temperaturas y tiempos de exposición menores a los empleados en esta investigación. Tal resultado también mostró que la cubierta de las semillas probablemente presente una capa impermeable delgada, que se ablanda fácilmente al sumergirlas en agua caliente. En estudios realizados con *Leucaena leucocephala* y *Peltophorum pterocarpum* se han logrado altos PE (91,5 y 84,0 %, respectivamente) con la utilización de la misma temperatura durante un tiempo mayor –10 minutos– (Atencio, Colmenares, Ramírez y Marcano, 2003; Sánchez y Ramírez, 2006). El efecto inhibitorio de las altas temperaturas sobre el embrión también se manifestó en lara ruidosa, cuando las semillas se colocaron en agua a 80 °C, durante tres minutos (Navarro, 2009); así como en leucaena, en condiciones de 100 °C, por 60 segundos (Sánchez, 2002). Sin embargo, con semillas de lara ruidosa –sometidas a 80 °C, por tres minutos– y un testigo se observó que los PE fueron muy semejantes (22,9 y 20,6 %, respectivamente) (Navarro, Febles, Torres y Noda, 2010). Por otra parte, en semillas frescas escarificadas con agua a 80 °C durante dos minutos y puestas en cámara con alternancia de temperaturas de 25 y 35°C, la germinación fue de 43,2 % (González, Sánchez, Reino y Montejo, 2009).

Los PE de lara ruidosa indicaron que es conveniente emplear la escarificación con lija durante 20 minutos, ya que aumentó la cantidad de plántulas en un 24,3 %, al compararla con las semillas sin tratamiento pregerminativo. Este tipo de escarificación permitió romper la latencia física y retiró las primeras capas de células lignificadas, presentes en la cubierta de las semillas (Sánchez y Ramírez, 2006); ello facilitó la fase de hidratación de la semilla, el intercambio gaseoso y el inicio de los procesos enzimáticos que ocurren en las primeras fases de la germinación, lo que favorece la emergencia de las plántulas (Atencio *et al.*, 2003;

Sánchez y Ramírez, 2006; Ramírez *et al.*, 2012). Mutha, Bohra, Burman y Harsh (2004) también informaron que la escarificación mecánica aumentó la emergencia en lara ruidosa, lo cual coincide con lo obtenido en el presente experimento.

En general, la emergencia de lara ruidosa se inició a partir del cuarto día, con incrementos paulatinos hasta los 16 días, y después se hizo constante (tabla 1). Las semillas escarificadas con lija alcanzaron los mayores PE (entre 40,3 y 53,5 % de emergencia) a los 12 días, y entre 72,2 y 81,9 % al día 16. En relación con el número promedio de días requeridos para la emergencia de las plántulas o la TE, esta osciló entre 10,1 y 12 días. Aun cuando en esta variable no hubo diferencias entre los tratamientos, las menores TE se encontraron en las semillas escarificadas durante 20 y 40 minutos.

En cuanto a los tiempos de RA a temperatura ambiente, estos tuvieron efectos significativos sobre el PE en lara ruidosa, a los 20 días después de la siembra (tabla 1). Entre las semillas sin remojo (0 horas) y las sumergidas en agua hasta 24 horas –con cambios de agua cada 12 horas– no se detectaron diferencias, aunque se registraron los máximos PE; ello mostró que no es necesario el remojo de estas. Resultados similares fueron obtenidos por Navarro (2009) y Pereira *et al.* (2009), al remojar semillas de lara ruidosa en agua durante 24 horas (a temperatura ambiente), con lo cual se observó que no aumentó ni disminuyó la capacidad germinativa de estas.

Los tiempos de RA –iguales o mayores a 36 horas– tuvieron un efecto inhibitorio sobre la emergencia y fueron mayores a las 48 horas, asociado a la condición anaeróbica que se crea por un exceso de agua atrapada entre los cotiledones, lo que pudo haber sofocado el embrión debido a una reducción en la provisión de oxígeno (condición anaeróbica); ello resulta imprescindible en el proceso de respiración de las semillas que ocurre durante la germinación (Atencio *et al.*, 2003). En este experimento tampoco se encontraron diferencias entre los tratamientos o tiempos de remojo en agua para la TE, la cual ocurrió entre los 10,1 y 12,6 días, y es muy semejante a la obtenida en el experimento uno.

Los máximos valores de PE en ambos experimentos de lara ruidosa superaron los reportados en otras investigaciones. En este sentido, en la germinación de las semillas de esta especie –con un mes de almacenamiento a temperatura ambiente, sin tratamiento– Navarro (2009) informó un 40,1 %; y con

24 horas de remojo en agua, un 36,4 %. En cuanto a la emergencia, Navarro *et al.* (2010) obtuvieron un 17,8 % en las semillas con –y sin– 24 horas de hidratación. González *et al.* (2009) reportaron un 44 % de germinación en semillas frescas escarificadas con agua a 80 °C, durante dos minutos; después, estas fueron hidratadas hasta aproximadamente el final de la fase I de la germinación, y deshidratadas antes de ponerlas a germinar en cámara con alternancia de temperaturas de 25 y 35 °C. Ramos, Bugarín y Espinosa (2011) alcanzaron un 54 % de emergencia al realizarle una ranura a cada semilla. Pereira *et al.* (2009) reportaron un 58,7 % en semillas –de color oscuro– sin tratamientos; y un 61,3 %, en semillas embebidas durante 24 horas antes de la siembra. Navarro (2009) obtuvo un 38,9 % en semillas frescas y un 40,9 %, en semillas con un mes de almacenamiento (en ambos casos sin tratamientos pregerminativos).

El análisis estadístico en cují mostró que solo el TA de las semillas y el RA presentaron diferencias significativas en el PE, a los 42 días después de la siembra (tabla 2); la interacción entre el TA y el RA no influyó en dicha variable. Las semillas –con artejo– sin almacenamiento alcanzaron el mayor PE. Este tratamiento fue distinto al resto de los TA

(1 a 24 meses), entre los cuales no hubo diferencias, y registraron los mínimos PE (entre 7,6 y 12,3 %). El hecho de que las semillas de cují –con artejo– almacenadas hasta 24 meses hayan mostrado capacidad de emergencia (tabla 1) es un dato muy importante, por lo que sería conveniente continuar los estudios sobre la latencia y la emergencia de semillas almacenadas.

Los resultados en cují demostraron que el uso de semillas con artejo, sin almacenamiento (PE: 65 %), es una técnica o alternativa para la obtención de plántulas de esta especie. Sin embargo, es imprescindible que las semillas se siembren inmediatamente después del período de remojo y del tratamiento de protección con fungicida. Dicho remojo en semillas frescas recién recolectadas pudo haber contribuido al ablandamiento de la cubierta y a que se haya iniciado la primera fase de la germinación; la radícula no estuvo visible antes de la siembra. Los PE superaron ampliamente los señalados por Sánchez y Ramírez (2006), quienes lograron unos 29 % de emergencia en semillas con artejo recolectadas el mismo día de la siembra.

En cuanto al factor RA, este tuvo efectos significativos sobre el PE; los tiempos de 0, 48 y 96 horas presentaron los porcentajes más bajos y fueron

Tabla 1. Efecto del tiempo de EL e IAC sobre el PE y la TE en semillas de lara ruidosa.

| Experimento 1 | | PE (%) | | | | | TE (días) |
|--------------------|----------------|--------|--------|---------|---------|-------------------|-----------|
| Lija No. 80 (min) | Agua 80 °C min | 4 días | 8 días | 12 días | 16 días | 20 días | |
| 0 | 0 | 2,6 | 23,4 | 40,3 | 56,6 | 57,6 ^b | 11,5 |
| | 5 | | | 2,6 | 2,6 | 2,6 ^c | 12,0 |
| 20 | 0 | 20,2 | 40,2 | 53,5 | 81,9 | 81,9 ^a | 10,4 |
| | 5 | | | 3,0 | 3,0 | 3,0 ^c | 12,0 |
| 40 | 0 | 21,5 | 38,7 | 46,4 | 72,2 | 72,3 ^a | 10,1 |
| | 5 | | | 3,5 | 3,5 | 3,5 ^c | 12,0 |
| ES ± | | | | | | 1,09 | 0,17 |
| Experimento 2 | | PE (%) | | | | | TE (días) |
| Remojo en agua (h) | | 4 días | 8 días | 12 días | 16 días | 20 días | |
| 0 | | 3,4 | 22,8 | 42 | 57,8 | 58,7 ^a | 11,4 |
| 6 | | 7,6 | 28,9 | 38,2 | 61,7 | 62,9 ^a | 11,3 |
| 12 | | 7,3 | 30,2 | 40,1 | 60,2 | 60,2 ^a | 10,8 |
| 24 | | 18,5 | 35,6 | 42,3 | 65,3 | 65,3 ^a | 10,1 |
| 36 | | 5,1 | 12,3 | 16,8 | 23,2 | 28,2 ^b | 11,9 |
| 48 | | 0,6 | 2,6 | 8,8 | 14,2 | 14,2 ^c | 12,6 |
| ES ± | | | | | | 0,62 | 0,18 |

Medias con letras distintas difieren significativamente ($p < 0,05$).

Tabla 2. Efecto del tiempo de almacenamiento, el remojo en agua y la EL, sobre el PE y la TE en semillas de cují.

| Experimento 1 Variable | Tiempo de almacenamiento en semillas con artejo (42 dds) | | | | | | EE ± | |
|---------------------------|---|-------------------|-------------------|--------------------------------|-------------------|-------------------|-----------------|------|
| | 0 mes | 1 mes | 6 meses | 12 meses | 18 meses | 24 meses | | |
| PE | 65 ^a | 12,3 ^b | 10,5 ^b | 10,2 ^b | 9 ^b | 7,6 ^b | 0,65 | |
| TE | 20,5 | 20,6 | 22,9 | 21,4 | 19,6 | 23,2 | 0,29 | |
| Tiempo de remojo en agua | | | | | | | | |
| | 0 h | 24 h | | 48 h | | 96 h | | |
| PE | 12,1 ^b | 35,1 ^a | | 15,4 ^b | | 13,8 ^b | 0,31 | |
| TE | 21,2 | 22,8 | | 20,6 | | 22,9 | 0,23 | |
| Experimento 2 Variable | Semillas sin almacenamiento | | | Semillas almacenadas (3 meses) | | | | EE ± |
| | Agua caliente a 80°C (min) | | | | | | | |
| | 0 min | 5-20 min | 0 min | 5 min | 10 min | 15 min | 20 min | |
| PE | 66,8 ^a | - | 10,5 ^b | 63,5 ^a | 17,1 ^b | 18,1 ^b | 17 ^b | 0,74 |
| TE | 21,3 | | 22,2 | 20,8 | 22,6 | 23,5 | 24,2 | 0,26 |
| Experimento 3 Variable | Tiempo de EL No. 80 (min) de semillas sin artejo (28 dds) | | | | | | EE ± | |
| | 0 min | | 20 min | | 40 min | | | |
| PE | 28,2 ^b | | 97,3 ^a | | 95,1 ^a | | 1,13 | |
| TE | 21,6 | | 16,3 | | 17,8 | | 0,56 | |

dds: días después de la siembra.

Medias con letras distintas difieren significativamente ($p < 0,05$).

estadísticamente iguales. Las semillas remojadas durante 24 horas en agua obtuvieron el máximo PE (35,1 %), el cual estuvo por debajo del indicado para las semillas con artejo, sembradas después del remojo que se realizó en este trabajo. Sin embargo, el PE registrado a las 24 horas se consideró superior al 3 % (21 días) notificado por D'Aubeterre, Principal y García (2002) para semillas remojadas durante 24 y 48 horas.

En el segundo experimento de cují se observó que hubo diferencias significativas entre los tratamientos pregerminativos aplicados en el PE de las semillas con artejo, a los 42 días después de la siembra (tabla 2). Cuando se sembraron semillas con artejo –frescas o sin almacenamiento–, o almacenadas (3 meses) y previamente tratadas con agua caliente durante 5 minutos, se lograron altos PE (66,8 y 63,5 %, respectivamente); estos tratamientos fueron estadísticamente iguales. La respuesta del primer tratamiento coincide con lo detectado en el experimento anterior, y la del segundo, con lo informado por Zare, Tavili y Javad (2011); estos autores señalaron que el agua caliente durante 5 y 10 minutos mejoró la emergencia (70-75 %), aunque no especificaron la temperatura.

El tratamiento de agua caliente (5-10 minutos) aplicado a las semillas de cují sin almacenamiento no

produjo emergencia. Este comportamiento fue similar al de las semillas almacenadas y tratadas con agua a 80 °C durante tiempos mayores (de 10 a 20 minutos), lo cual pudo haber causado la muerte del embrión. Tal respuesta se asemeja al bajo porcentaje (alrededor del 3 %) informado por D'Aubeterre *et al.* (2002), al usar agua a 80 °C durante 5 y 10 minutos de exposición. Es importante mencionar que los PE en los tiempos de exposición a altas temperaturas (de 10 a 20 minutos) mostraron la capacidad de adaptación o tolerancia de las semillas de cují.

En el tercer experimento de cují –con semillas sin artejo (tabla 2)– y en el de carocaró y samán (tabla 3), el tiempo de EL mostró diferencias significativas solo en el PE, a los 42 días; el TA y la interacción entre la EL y el TA no ocasionaron diferencias sobre el PE. Las tres especies manifestaron altos PE en las semillas almacenadas durante tres meses; si se considera que las semillas de cují no tenían el artejo, sería conveniente continuar los estudios con TA mayores. La EL durante 20 y 40 minutos fue estadísticamente semejante en las semillas de cují sin artejo, así como en las de carocaró y samán; ambos tiempos permitieron los máximos PE (tablas 2 y 3). Por tanto, la EL durante 20 minutos fue suficiente para romper la latencia

de las semillas en las tres leguminosas arbóreas. EL PE en las semillas de cují sin artejo y sin escarificación coincide con lo reportado por Sánchez y Ramírez (2006), quienes obtuvieron 15,7 y 11,5 % de emergencia en semillas de cují frescas sin artejo, o con 21 días de almacenadas. También fue similar al PE (21,5 %) en semillas sin endocarpo no escarificadas (Miranda *et al.*, 2011). Los PE en las semillas de cují sin artejo, escarificadas durante 20 minutos, fueron similares a los referidos en otras investigaciones (Reginald, Avin y Al-Minji, 2007; Miranda *et al.*, 2011; Zare *et al.*, 2011), aunque no se mencionó el tiempo de exposición y en algunas no se especificó el número de la lija empleada.

Los resultados también son similares a los de Ramos *et al.* (2011), quienes obtuvieron un 57 % de emergencia en las semillas de cují. La TE en semillas de cují sin artejo ocurrió entre los 16,3 y 21,6 días, y fue algo menor en las semillas escarificadas (tabla 2).

En cuanto al carocaro, las semillas presentaron un alto grado de latencia debido a la impermeabilidad de su cubierta, la cual se logró romper al escarificarlas con lija durante 20 minutos, con lo que se obtuvo 100 % de emergencia. Los PE de carocaro superan al indicado por Ramos *et al.* (2011) en semillas escarificadas con una ranura, y al informado por Hernández *et al.* (2011) en las semillas del testigo. Además, se diferencian de la investigación de Robles (2010), quien obtuvo entre 99 y 100 % de emergencia para tres tipos de tamaño de semilla sin tratamientos. Los tratamientos de EL

tuvieron diferencias significativas en la TE del carocaro; la emergencia se produjo a los seis días, aproximadamente, cuando las semillas se escarificaron con lija (tabla 3). Al respecto, Robles (2010) observó que la emergencia ocurrió entre los tres y 10 días después de la siembra.

Los PE de samán indicaron que las semillas testigo (sin tratamientos pregerminativos) tuvieron una alta capacidad germinativa (81,9 %), la cual se incrementó a 100 % de emergencia cuando se escarificaron con lija durante 20 minutos. Dichos PE se destacan respecto a los reportados por Gómez, Olivera y Botello (2009) para semillas frescas testigo (29 %), sumergidas en agua a punto de ebullición durante 15 minutos (67 %) y a temperatura ambiente por 24 horas (69 %), a los 30 días de la siembra. En cuanto a la germinación, Kabir, Zafar y Shafiq (2011) señalaron un 88,3 % en samán, a los 12 días después de colocadas las semillas en placas Petri con agua destilada. La TE del samán ocurrió entre 11,5 y 13,6 días (tabla 3).

En esta investigación se halló que la escarificación con lija durante 20 minutos permitió obtener altos PE en las cuatro especies forrajeras arbóreas. Esta técnica resulta ambientalista, sencilla, práctica y económica; se puede hacer de forma manual al introducir las semillas en un envase cilíndrico (por ejemplo, envases de alimentos de 13 cm de diámetro x 16 cm de alto), forrado internamente con papel de lija, para después realizar movimientos giratorios con las manos en sesiones de cinco minutos –o menos– cada una. En el caso de escarificar lotes

Tabla 3. Efecto del tiempo de escarificación con lija sobre el porcentaje de emergencia y la tasa de emergencia en carocaro y samán.

| Tiempo de EL (min) | PE (%) carocaro | | | | | TE (días) |
|--------------------|-----------------|--------|---------|---------|-------------------|-------------------|
| | 4 días | 8 días | 12 días | 16 días | 20 días | |
| 0 | – | – | – | 10 | 12,5 ^b | 16,8 ^a |
| 20 | 63,8 | 81,3 | 93,8 | 100 | 100 ^a | 6,4 ^b |
| 40 | 67,5 | 81,3 | 92,5 | 97,5 | 97,5 ^a | 6,1 ^b |
| ES ± | | | | | 2,03 | 1,76 |
| samán | | | | | | |
| 0 | 8,3 | 21,7 | 36,2 | 58,3 | 81,9 ^b | 13,6 |
| 20 | 15 | 45 | 70 | 82,5 | 100 ^a | 11,5 |
| 40 | 16 | 43,2 | 67,1 | 78,4 | 98 ^a | 11,6 |
| ES ± | | | | | 0,41 | 0,39 |

Medias con letras distintas difieren significativamente (p < 0,05).

de semillas medianas y grandes, se podría crear un sistema con varios cilindros conectados a una manivela, o automatizar el sistema con la ayuda de un motor que permita giros a baja velocidad.

En las cuatro especies, los tratamientos evaluados no produjeron efectos significativos sobre la AP, el LR, el NH, el NN y el GT (tabla 4). Dichas variables mostraron bajos valores de desviación estándar y coeficientes de variación menores o muy cercanos al 20 %, a pesar de que en ellas hubo un rango considerable entre el valor máximo y el valor mínimo. La moda y la mediana de la mayoría de las variables fueron semejantes, lo cual indicó que estas tuvieron una tendencia normal. Estos resultados demostraron que las plántulas de lara ruidosa, cují, carocaro y samán presentaron un aspecto normal y homogéneo, así como una baja variabilidad; tales características fueron atribuidas a la selección y la preparación de las semillas, lo que permitió una excelente calidad. En algunas investigaciones se ha expuesto que la germinación y la emergencia dependen de la calidad de las semillas (Perozo *et al.*, 2006; Flores, Moratinos, Ramírez y García, 2009; Yüceda y Gültekin, 2011; Ramírez *et al.*, 2012).

El desarrollo inicial del carocaro y el del samán fueron los más rápidos, ya que estas presentaron la mayor altura de las plántulas alrededor de los 24 días de la siembra. Le siguió el de lara ruidosa y, por último, el de cují (56 días), el cual registró el máximo número de hojas y de nudos. En relación con las variables morfológicas, algunas referencias bibliográficas solo especifican la AP y el NH para lara ruidosa, cují y carocaro en las condiciones del estado mexicano de Nayarit; y clasifican las dos primeras como especies de crecimiento inferior o lento, y el carocaro como superior (Ramos *et al.*, 2011), lo cual coincide con lo observado en los experimentos; aunque en este caso el cují se diferenció, ya que tuvo un mayor NH. En condiciones de laboratorio, en placas Petri a 20 °C, se ha encontrado una AP de 7,6 cm a los 12 días (Kabir *et al.*, 2011).

En esta investigación, la AP y el NH de samán y carocaro a los 24 días se aproximan a lo informado por Ramos *et al.* (2011) a los 21 días después de la siembra para carocaro (AP: 15 cm y NH: 5,5); aunque difieren un poco de los de lara ruidosa (AP: 7 cm y NH: 2,5) y cují (AP: 17 cm y NH: 6,2) a los 42 días. Robles (2010) informó que la AP en samán osciló entre 23,74 y 29,62 cm, valores superiores a los obtenidos en este trabajo. Es importante

destacar que en las cuatro especies se observó la presencia de nódulos en las raíces (entre un 95 y 100 % de las plántulas), asociados a la simbiosis con la bacteria *Rhizobium* –fijadora de nitrógeno– de acuerdo con lo señalado por Yüceda y Gültekin (2011). El éxito en el trasplante también fue alto, alrededor del 98 %.

La información generada por esta investigación para mejorar la emergencia y las características morfológicas de las plántulas de lara ruidosa, cují, carocaro y samán se considera un gran aporte para la propagación de las especies presentes en Venezuela y en el estado Zulia, debido a que existe poca información sobre ellas; y en este trabajo se detalla el comportamiento de la AP, el LR, el NH, el NN y el GT durante el desarrollo inicial, las cuales son de alta importancia para la toma de decisiones en la siembra en canteros, bolsas o bandejas de múltiples hoyos. De acuerdo con las AP y los LR, es conveniente sembrar directamente en bolsas con una altura superior al LR, con la finalidad de evitar malformaciones del sistema radical. En el caso del trasplante de canteros o bandejas a bolsas se sugiere realizarlo lo más temprano posible, en la medida en que las plántulas alcancen un mínimo de tres hojas verdaderas, independientemente de que no haya emergido la mayoría, para lograr éxito. Este disminuye en la medida en que las plantas son más grandes, ya que ocasiona un mayor estrés fisiológico (Flores *et al.*, 2009; Ramírez *et al.*, 2012).

Se concluye que el tratamiento de EL mejoró notablemente la emergencia de las cuatro leguminosas arbóreas y la adelantó en carocaro. Las plántulas presentaron un desarrollo normal y homogéneo: en el carocaro y el samán fue rápido; en lara ruidosa, moderado; y en cují, lento. De acuerdo con los tiempos de almacenamiento, las semillas de cují con artejo pueden mantenerse viables hasta 24 meses; mientras que las semillas de cují sin artejo, las de carocaro y las de samán –almacenadas por tres meses– mostraron altos porcentajes de emergencia, por lo que se requiere continuar los estudios con este factor.

AGRADECIMIENTOS

Al CONDES-LUZ, por el financiamiento otorgado bajo los proyectos No. 0574-10 y 0216-12. Al Vivero Universitario de LUZ, por proporcionar sus instalaciones para realizar esta investigación.

Tabla 4. Características morfológicas de plántulas de lara ruidosa, cují, carocaró y samán.

| Variable | Indicador | AP (cm) | LR (cm) | NH | NN | GT (mm) |
|-------------------------------|-----------|---------|---------|------|------|---------|
| Lara ruidosa (24 dds) | | | | | | |
| Media | | 10,1 | 19,3 | 4,9 | 4,7 | 1,6 |
| Desviación estándar | | 0,9 | 2,9 | 0,4 | 0,5 | 0,4 |
| Valor máximo | | 11,6 | 16,2 | 4,1 | 4,0 | 1,1 |
| Valor mínimo | | 8,2 | 23,6 | 5,5 | 5,5 | 2,0 |
| Moda | | 9,9 | 16,2 | 5,0 | 4,1 | 1,7 |
| Mediana | | 10,1 | 19,1 | 5,0 | 4,7 | 1,7 |
| Coefficiente de variación (%) | | 8,6 | 14,8 | 9,1 | 10,4 | 16,5 |
| ES± | | 0,25 | 0,83 | 0,12 | 0,14 | 0,15 |
| Observaciones: 356 | | | | | | |
| Cují (56 dds) | | | | | | |
| Media | | 17,5 | 19,6 | 14,9 | 14,0 | 1,8 |
| Desviación estándar | | 1,8 | 1,5 | 2,1 | 2,2 | 0,4 |
| Valor máximo | | 19,9 | 18,0 | 12,0 | 11,0 | 1,2 |
| Valor mínimo | | 13,1 | 22,4 | 18,6 | 17,4 | 2,4 |
| Moda | | 17,7 | 18,0 | 13,0 | 16,9 | 1,9 |
| Mediana | | 17,5 | 19,1 | 14,1 | 14,3 | 1,9 |
| Coefficiente de variación (%) | | 10,2 | 7,7 | 13,8 | 15,9 | 21,0 |
| ES ± | | 0,49 | 0,44 | 0,57 | 0,62 | 0,11 |
| Observaciones: 372 | | | | | | |
| Carocaró (24 dds) | | | | | | |
| Media | | 13,4 | 15,6 | 5,1 | 4,8 | 1,5 |
| Desviación estándar | | 2,7 | 2,9 | 0,8 | 0,9 | 0,3 |
| Valor máximo | | 9,1 | 11,5 | 4,0 | 4,0 | 1,1 |
| Valor mínimo | | 16,7 | 19,5 | 6,0 | 6,0 | 1,9 |
| Moda | | 11,3 | 13,2 | 6,0 | 6,0 | 1,1 |
| Mediana | | 12,6 | 14,7 | 5,1 | 4,3 | 1,5 |
| Coefficiente de variación (%) | | 19,8 | 18,3 | 16,3 | 19,5 | 20,3 |
| ES ± | | 0,71 | 0,77 | 0,22 | 0,27 | 0,09 |
| Observaciones: 378 | | | | | | |
| Samán (24 dds) | | | | | | |
| Media | | 14,8 | 18,4 | 6,1 | 5,5 | 1,4 |
| Desviación estándar | | 1,5 | 1,3 | 0,8 | 0,6 | 0,3 |
| Valor máximo | | 12,3 | 16,2 | 5,0 | 4,2 | 1,1 |
| Valor mínimo | | 17,8 | 20,9 | 7,0 | 6,3 | 1,9 |
| Moda | | 14,3 | 18,0 | 7,0 | 5,2 | 1,2 |
| Mediana | | 14,5 | 18,3 | 6,0 | 5,2 | 1,2 |
| Coefficiente de variación (%) | | 10,4 | 7,2 | 13,4 | 11,7 | 21,0 |
| ES ± | | 0,43 | 0,38 | 0,23 | 0,17 | 0,09 |
| Observaciones: 536 | | | | | | |

AP: altura de plántula, dds: días después de la siembra, GT: grosor del tallo, LR: longitud de raíz, NH: número de hojas, NN: número de nudos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Atencio, L.; Colmenares, R.; Ramírez, Maribel & Marcano, D. 2003. Tratamientos pregerminativos en acacia San Francisco (*Peltophorum pterocarpum*) Fabaceae. *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)* 20:63.
- D'Aubeterre, R.; Principal, Judith & García, J. 2002. Efecto de diferentes métodos de escarificación sobre la germinación de tres especies del género *Prosopis*. *Revista Científica (FCV-LUZ)*. 12:575.
- Flores, Emmy; Moratinos, P.; Ramírez, Maribel & García, D.E. 2009. Evaluación de la emergencia y las características morfológicas iniciales de *Tamarindus indica* L. con fines agroforestales. *Pastos y Forrajes*. 32:127.
- García, D. E. *et al.* 2008. Aceptabilidad de follajes arbóreos tropicales por vacunos, ovinos y caprinos en el estado Trujillo, Venezuela. *Zootecnia Tropical*. 26:191.
- Gómez, I.; Olivera, Yuseika & Botello, A. 2009. Efecto de diferentes métodos de escarificación en la emergencia de semillas frescas de *Samanea saman* (algarrobo). *Pastos y Forrajes*. 32:355.
- González, Yolanda; Sánchez, J.; Reino, J. & Montejó, Laura. 2009. Efecto de los tratamientos de hidratación-deshidratación en la germinación, la emergencia y el vigor de las plántulas de *Albizia lebbbeck* y *Gliciridia sepium*. *Pastos y Forrajes*. 32:255.
- Hernández, N. *et al.* 2011. Evaluación de tratamientos pregerminativos para estimular la emergencia en cuatro especies forrajeras arbóreas. *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)*. 28:536.
- Kabir, M.; Zafar, M. & Shafiq, M. 2011. Toxicity and tolerance in *Samanea saman* (Jacq.) Merr. to some metals (Pb, Cd, Cu and Zn). *Pakistan Journal of Botany*. 43:1909.
- Miranda, M. *et al.* 2011. Germination of *Prosopis juliflora* (Sw) DC seeds after scarification treatments. *Plant Species Biology*. 26:186.
- Mutha, N.; Bohra, M.; Burman, U. & Harsh, L. 2004. Effect of seed size and pretreatments on germination of *Albizia lebbbeck* (L.) Benth. *Indian Journal of Forestry*. 27:11.
- Navarro, Marlen. 2009. Comportamiento interactivo de la germinación, la dormancia, la emergencia y el crecimiento inicial como atributos biológicos para evaluar el vigor de las semillas de *Albizia lebbbeck* (L.) Benth. Tesis de Doctorado. EEPF "Indio Hatuey", Matanzas, Cuba. Instituto de Ciencia Animal, La Habana. 101 p.
- Navarro, Marlen; Febles, G.; Torres, Verena & Noda, Aida. 2010. Efecto de la escarificación húmeda y seca en la emergencia de plántulas de *Albizia lebbbeck* (L.) Benth. *Pastos y Forrajes*. 33: 263.
- Pereira, Clarisse *et al.* 2009. Influência da cor e métodos de superação de dormência em sementes de albizia. *Caatinga*. 22:121.
- Pérez, C. 2005. Técnicas estadísticas con SPSS 12. Aplicaciones al análisis de datos. Editorial Pearson Prentice Hall, Pearson Educación, Madrid. 802 p.
- Perozo, A.; Ramírez, Maribel; Gómez, Á. & Buitrago, N. 2006. Germinación y caracterización morfológica de plántulas de merey (*Anacardium occidentale* L.) tipo Amarillo. *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)*. 23:17.
- Ramírez, Maribel *et al.* 2012. Respuesta a tratamientos pregerminativos y caracterización morfológica de plántulas de *Leucaena leucocephala*, *Pithecellobium dulce* y *Ziziphus mauritiana*. *Pastos y Forrajes*. 35:29.
- Ramos, A.; Bugarín, J. & Espinosa, María. 2011. Evaluación del establecimiento en vivero de árboles tropicales con fines silvopastoriles en el estado mexicano de Nayarit. *Revista Computadorizada de Producción Porcina*. 18:144.
- Reginald, V.; Avin, P. & Al-Minji, S. 2007. Copper tolerance to germination in mesquite, a potential tree species for restoring mined-lands in Oman. *Journal of Agricultural, Food and Environmental Sciences*. 1:1.
- Robles, R. 2010. Calidad de planta y variación de semillas en *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. en la región Costa de Oaxaca. Tesis de Ingeniero Forestal. Universidad del Mar, Campus Puerto Escondido. México. 93 p.
- Sánchez, A. 2002. Efecto del tratamiento con agua caliente e imbibición sobre la germinación de semillas de *L. leucocephala*. *Revista Científica (FCV-LUZ)*. 12:581.
- Sánchez, Y. & Ramírez, M. 2006. Tratamientos pregerminativos en semillas de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. y *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)*. 23:257.
- Yüceda, C. & Gültekin, H.C. 2011. The effect of sowing time on germination of twenty two legume species. *African Journal of Agricultural Research*. 6:3816.1
- Zare, S.; Tavili, A. & Javad, M. 2011. Effects of different treatments on seed germination and breaking seed dormancy of *Prosopis koelziana* and *Prosopis juliflora*. *Journal of Forestry Research*. 22:35.

Recibido el 4 de septiembre del 2012

Aceptado el 13 de julio del 2013