



UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE SUCRE  
ESCUELA DE CIENCIAS  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA

EVALUACIÓN DE LA GERMINACIÓN Y CRECIMIENTO DE *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. Y *Delonix regia* (Bojer ex Hook.) Raf. USANDO TRES MÉTODOS DE ESCARIFICACIÓN DE SEMILLAS  
(Modalidad: Tesis de Grado)

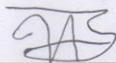
PAOLA JOSÉ MORENO CORTEZ

TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA  
OPTAR POR EL TÍTULO DE LICENCIADO EN BIOLOGÍA

CUMANÁ, 2023

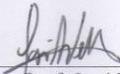
EVALUACIÓN DE LA GERMINACIÓN Y CRECIMIENTO DE *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. Y *Delonix regia* (Bojer ex Hook.) Raf. USANDO TRES MÉTODOS DE ESCARIFICACIÓN DE SEMILLAS

APROBADO POR:



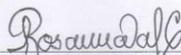
---

Prof. Víctor Franco  
Asesor



---

Prof. José Véliz  
Jurado



---

Prof. Rosanna Válerio  
Jurado

# ÍNDICE

DEDICATORIA .....	I
AGRADECIMIENTOS .....	II
LISTA DE TABLAS .....	III
LISTA DE FIGURAS.....	IV
RESUMEN .....	VI
INTRODUCCIÓN .....	1
METODOLOGÍA .....	7
Material biológico y área de estudio .....	7
Métodos y tratamientos de escarificación .....	7
Germinación .....	8
Crecimiento .....	9
Análisis estadístico .....	10
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	11
Germinación .....	11
Crecimiento a los 14 días .....	22
Crecimiento a los 30, 45 y 60 días .....	31
CONCLUSIONES .....	41
RECOMENDACIONES.....	42
BIBLIOGRAFÍA .....	43
HOJAS DE METADATOS .....	50

## **DEDICATORIA**

**A Dios primeramente** por todas las bendiciones recibidas en esta etapa y a lo largo de mi vida. **A mis Padres:** Norelys Josefina Cortez y Pedro José Moreno Medina, por darme el don de la vida y ser mi guía en todo momento. **A mi Hermano:** Pedro José Moreno Cortez por su apoyo. **A mis Amigas:** Beda Acuña, Amieluz Ramos y Diana García, por haber formado parte de esta etapa universitaria y por su valiosa amistad.

## AGRADECIMIENTOS

A **Dios** por brindarme la sabiduría e inteligencia para realizar este trabajo de grado.

A **mi Familia** por brindarme su apoyo y acompañamiento incondicional.

A **mi Asesor** Víctor Franco Salazar por aceptar asesorarme, aportar sus valiosos conocimientos a este trabajo de tesis y por impulsarme a seguir adelante en este maravilloso camino para alcanzar mi meta.

A **los Profesores** Mercedes Acosta, Rosanna Valerio, José Véliz, y José Imery-Buiza, por haber compartido gran parte de sus conocimientos a lo largo de mi carrera universitaria.

A **la Universidad de Oriente Núcleo de Sucre**, específicamente a la Escuela de Ciencias por brindarme su apoyo mediante la utilización de los laboratorios de Botánica y en especial de Fisiología Vegetal y el Herbario Isidro Ramón Bermúdez Romero donde se realizó parte de este trabajo de grado.

A **mis amigos** Ruth Esparragoza y Jesús Parra por brindarme su ayuda y apoyo en este proceso.

A **la familia** Hernández Antón, en especial a **Juan Hernández Antón** por formar parte de mis momentos más difíciles en esta etapa, por su apoyo incondicional y por brindarme gran parte de su valioso tiempo en la ejecución de este trabajo de grado.

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Métodos y tratamientos empleados para la escarificación de las semillas de <i>Enterolobium cyclocarpum</i> y <i>Delonix regia</i> .....	7
--	---

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Germinación (%) diaria de *Enterolobium cyclocarpum* (A, C y E) y *Delonix regia* (B, D y F) sometidas a 3 métodos de escarificación con 2 tratamientos de escarificación cada uno, más el control ..... 12
- Figura 2. Registro fotográfico del proceso de germinación y crecimiento de ambas especies durante 14 días, luego de aplicados los tratamientos de escarificación mecánica..... 16
- Figura 3. Registro fotográfico del proceso de germinación y crecimiento de ambas especies durante 14 días, luego de aplicados los tratamientos de escarificación química..... 19
- Figura 4. Registro fotográfico del proceso de germinación y crecimiento de ambas especies durante 14 días, luego de aplicados los tratamientos de escarificación física..... 21
- Figura 5. Longitud (cm) de plantas de *Enterolobium cyclocarpum* (A, C y E) y *Delonix regia* (B, D y F) después de 14 días de haber sometido sus semillas a 3 métodos de escarificación con 2 tratamientos de escarificación cada uno, más el control.23
- Figura 6. Índice de vigor de plantas de *Enterolobium cyclocarpum* (A, C y E) y *Delonix regia* (B, D y F) después de 14 días de haber sometido sus semillas a 3 métodos de escarificación con 2 tratamientos de escarificación cada uno, más el control.26
- Figura 7. Biomasa fresca de plantas de *Enterolobium cyclocarpum* (A, C y E) y *Delonix regia* (B, D y F) después de 14 días de haber sometido sus semillas a 3 métodos de escarificación con 2 tratamientos de escarificación cada uno, más el control.29
- Figura 8. Biomasa seca de plantas de *Enterolobium cyclocarpum* (A, C y E) y *Delonix regia* (B, D y F) después de 14 días de haber sometido sus semillas a 3 métodos de escarificación con 2 tratamientos de escarificación cada uno, más el control.30
- Figura 9. Longitud (cm) de plantas de *Enterolobium cyclocarpum* (A, C y E) y *Delonix regia* (B, D y F) después de 30, 45 y 60 días de haber sometido sus semillas a 3 métodos de escarificación con 2 tratamientos de escarificación cada uno, más el control ..... 33
- Figura 10. Número de foliolos de plantas de *Enterolobium cyclocarpum* (A, C y E) y *Delonix regia* (B, D y F) después de 30, 45 y 60 días de haber sometido sus semillas a 3 métodos de escarificación con 2 tratamientos de escarificación cada uno, más el control ..... 36
- Figura 11. Registro fotográfico del crecimiento de ambas especies a los 30, 45 y 60 días, luego de aplicado el método de escarificación mecánico ..... 37
- Figura 12. Registro fotográfico del crecimiento de ambas especies a los 30, 45 y 60 días, luego de aplicado el método de escarificación químico ..... 38

Figura 13. Registro fotográfico del crecimiento de ambas especies a los 30, 45 y 60 días, luego de aplicado el método de escarificación físico..... 39

## RESUMEN

Con el fin de evaluar la germinación y crecimiento de *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. y *Delonix regia* (Bojer ex Hook.) Raf., sometidas a 3 métodos de escarificación de semillas; mecánica (corte en el extremo micropilar y corte opuesto al extremo micropilar), química (inmersión de 2 horas en H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 75% y de 5 horas) y física (2 min. y 10 min. en agua 100°C) durante 14 días. Los 2 primeros métodos optimizan el %G de *E. cyclocarpum* y *D. regia*; sin embargo, el método físico no resultó tan efectivo para las especies estudiadas. El crecimiento de ambas especies se vio favorecido por 2 métodos de escarificación, siendo más efectivos los tratamientos de escarificación en el extremo micropilar e inmersión por 2 horas en ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) al 75%. Para las plántulas de caro el corte en el extremo micropilar de las semillas indujo a una mayor longitud de raíz (Fs= 106,93; p= 0,0000), tallo (Fs= 144,23; p= 0,000) y total (Fs= 153,24; p= 0,000), en cambio para las plántulas de flamboyant la inmersión por 2 horas en H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 75% promovió la longitud de raíz (Fs= 38,75; p= 0,0000), tallo (Fs= 49,03; p= 0,000) y total (Fs= 46,88; p= 0,000) siendo el tratamiento más eficiente para esta especie. El índice de vigor de las plántulas de *E. cyclocarpum* y *D. regia* fue superior en los tratamientos de escarificación con relación al control. Las variables de crecimiento (longitud, índice de vigor y biomasa) mostraron resultados parecidos en cuanto al tratamiento de escarificación en el extremo micropilar y el de 2h en ácido sulfúrico, de manera general dieron mejores resultados con relación a los demás tratamientos y al control. De estos métodos, el más recomendable es la escarificación mecánica puesto que es menos riesgoso para la salud del humano.

Palabras clave: Germinación, crecimiento, latencia, extremo micropilar, escarificación, testa.

## INTRODUCCIÓN

La mayoría de las plantas, se reproducen generalmente por semillas, siendo esta estructura donde el embrión es dispersado y capacitado para sobrevivir el periodo entre la maduración seminal y el establecimiento de la plántula, asegurando así el inicio de una nueva generación (Bewley y Black, 1994; García y Pita, 2016).

Una semilla está formada por un 1) embrión, 2) cotiledones, 3) endospermo y una 4) cubierta protectora o testa, que rodea a estas estructuras; siendo mayormente en los cotiledones donde se almacenan las reservas nutritivas para el crecimiento inicial de la plántula antes de que se vuelva autosuficiente (Esau, 1976; Hartmann y Kester, 1984). Previo al establecimiento de la plántula, la semilla debe pasar por un proceso de germinación, en el cual el embrión inactivo crece fuera de la cubierta seminal y se establece como una plántula (Malcolm *et al.*, 2003).

Cuando la semilla se está formando en la planta de la que procede, desarrolla un tejido especialmente destinado a almacenar alimento. Las células de este tejido se llenarán de sustancias nutritivas que serán necesarias para que el embrión pueda respirar, crecer y desarrollarse hasta que llegue a ser una planta que pueda alimentarse por sí misma. En la mayoría de las semillas este tejido se llama endospermo, como ocurre en las gramíneas. Sin embargo, en otras especies el endospermo degenera y el alimento se almacena en los cotiledones, cosa que ocurre en las leguminosas (De la Cuadra, 1993).

Durante el proceso de germinación suceden una serie de eventos, que inician con la absorción de agua por parte de la semilla (imbibición), luego surge la consiguiente expansión del eje embrionario o germinación propiamente dicha y finalmente el crecimiento o salida de la radícula a través de la testa. Las fases germinativas son necesarias para fortalecer la actividad vital del embrión casi inactivo, el cual comienza a incrementar el metabolismo celular, disolver varias sales e hidrolizar y movilizar las sustancias orgánicas almacenadas como reservas nutritivas, como sería el caso del almidón, principal carbohidrato de reserva, además de grasas, aceites y proteínas (Hartmann y Kester, 1984; Bewley y Black, 1994; Malcolm *et al.*, 2003).

El alimento almacenado en una semilla está formado por proteínas, hidratos de

carbono y grasas, aunque las proporciones varían según la especie. Así hay semillas especialmente ricas en proteínas, como ocurre con las de legumbres, otras almacenan grandes cantidades de azúcares, como es el caso del maíz dulce y por último, semillas con grandes cantidades de grasa, como las del girasol (De la Cuadra, 1993).

En este orden de ideas, se ha señalado que la germinación de las semillas, como todo proceso biológico y fisiológico, depende armónicamente de factores externos e internos; entre los externos o ambientales se encuentran: humedad, temperatura, luz, salinidad, O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>, mientras que en los factores internos están incluidas las hormonas, viabilidad de las semillas, grosor o dureza de la testa y la latencia (Flores-Martínez *et al.*, 2008; Castañeda *et al.*, 2013).

La latencia depende tanto de las características fisiológicas como de las características morfológicas de la semilla. Por ello, se ha propuesto una clasificación que incluye cinco tipos de latencia: fisiológica (DF), morfológica (DM), morfofisiológica (DMF), física (Df) y combinatoria (DF + Df). La DF es la más abundante en todo tipo de semillas. La Df se debe a la impermeabilidad al agua de las células del tejido empalizada de la cubierta seminal, responsable del control del movimiento del agua de imbibición; las cubiertas seminales duras comprimen el embrión, que no suele ser durmiente, y le impiden germinar (Azcón-Bieto y Talón, 2013).

En leguminosas se ha observado variabilidad en las características de la cubierta seminal y en la intensidad de su latencia física, pues son caracteres que varían en respuesta a la inestabilidad del ambiente físico y biótico en espacio y tiempo, ya que se evidencia que hay variabilidad en el número y tipo de capas presentes en la testa. Químicamente la abundancia de lignina, sin duda contribuye también a conferir dureza a los tejidos de la cubierta seminal en este tipo de especies (Hernández *et al.*, 2021).

Todos estos factores externos e internos son importantes, ya que, dependiendo de la especie, pueden afectar positiva o negativamente el proceso de germinación. En el caso particular de la testa, algunas especies se caracterizan por presentar esta cubierta muy gruesa o dura, que restringe fuertemente la difusión de gases (O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>) y la entrada de agua necesaria para la hidratación del embrión y de los tejidos de reservas, lo que limita grandemente que algunas semillas puedan germinar de manera natural. Cabe

mencionar que el oxígeno es esencial para los procesos respiratorios que se efectúan en las semillas en germinación, cuya absorción puede medirse poco después de la imbibición; mientras que, el CO<sub>2</sub> es un producto de la respiración y en condiciones de mala aireación puede acumularse y ser dañino para el embrión (Hartmann y Kester, 1984; Mwang'Ingo *et al.*, 2004).

No obstante, García y Pita (2016) señalan que, en muchas ocasiones, las semillas tras su maduración y dispersión, no son capaces de germinar, bien porque son latentes o porque las condiciones ambientales no les son favorables; ya que el periodo de latencia y viabilidad de las semillas depende mucho del tiempo promedio de su vida media y de las condiciones ambientales de almacenamiento. De allí que las semillas que pasan largos periodos de tiempo en iniciar dicho proceso, comienzan a deteriorarse, lo que se manifiesta por la pérdida progresiva de su capacidad de germinar (viabilidad) y de dar lugar a plántulas sanas y vigorosas (vigor).

Cuando el grosor de la testa u otro factor intrínseco evitan la germinación por un periodo de tiempo después de la dispersión de la semilla, aun estando expuesta a condiciones ambientales adecuadas, se dice que esta estructura reproductiva se encuentra en latencia (Mwang'Ingo *et al.*, 2004), lo cual se considera como un obstáculo para el éxito de hombres de viveros o agricultores, cuyo objetivo es obtener la mayor cantidad de semillas germinadas en el menor tiempo posible (Nwoboshi, 1982).

La latencia puede ser interrumpida mediante la escarificación (Flores-Martínez *et al.*, 2008), la cual puede ocurrir en la naturaleza cuando las semillas pasan por el tracto digestivo de reptiles, aves o mamíferos (Ortega-Baes *et al.*, 2001); también cuando la testa es desgastada o ablandada por las condiciones ambientales prolongadas de fricción mecánica con las partículas del suelo, congelación y deshielo alternados, ataque por microorganismos del suelo, por exceso de agua de lluvia o por el fuego; mientras que en condiciones controladas, la escarificación puede simularse mediante el uso de abrasivos mecánicos, ácidos, agua caliente u otros (Hartmann y Kester, 1984; Navarro *et al.*, 2014).

Cualquiera que sea el modo de escarificación para romper la latencia física de la semilla, la finalidad es ablandar, perforar, rasgar o abrir la cubierta para hacerla

permeable, sin dañar el embrión y los cotiledones (Jarillo *et al.*, 2013).

En el área forestal, las investigaciones se han basado en estudiar algunos métodos de escarificación en las semillas, que por su naturaleza y estructura tardan mucho tiempo en germinar uniformemente, lo que es poco beneficioso para los productores. Por ello, los tratamientos de escarificación son prácticas importantes que disminuyen el tiempo y aumentan el porcentaje de germinación (Poulsen y Stubsgaard, 2000; Belloso y Mazariego, 2013).

Con respecto a los métodos de escarificación, se han realizado investigaciones en plantas como *Capsicum pubescens* o chile manzano (Merino-Valdés *et al.*, 2018), *Neonotonia wightii* o soya (Trafane *et al.*, 2017), *Zea mays* o maíz (González *et al.*, 2014) y *Delonix regia* o flamboyant (Tapia *et al.*, 2014); que han involucrado el uso de abrasivos mecánicos, ácidos, hormonas, agua caliente, entre otros; encontrándose resultados que demuestran la eficiencia de algunas de estas técnicas sobre el porcentaje de germinación, crecimiento y vigor de las plántulas. Este último, incluye la sumatoria total de aquellas propiedades de las semillas que determinan el nivel de actividad y comportamiento de las mismas durante la germinación y crecimiento. Las semillas que muestran un buen desarrollo se consideran de alto vigor, y aquellas que presentan un pobre comportamiento son denominadas de bajo vigor (ISTA, 1996; Barone *et al.*, 2016).

Considerando que algunas plantas utilizadas para arborizar plazas, parques, avenidas y jardines grandes, en ciertas ciudades como Cumaná, son *Enterolobium cyclocarpum* (caro) y *Delonix regia* (flamboyant), las cuales se caracterizan por presentar semillas con testa gruesa que limitan su germinación, es de suma importancia la implementación de métodos de escarificación de dichas semillas, que permitan optimizar el proceso germinativo y crecimiento de las plántulas para asegurar la continuidad en la reforestación.

*Enterolobium cyclocarpum* es una especie caducifolia arbórea de la familia Fabaceae, con una amplia distribución desde México hasta el norte de Sudamérica, así como Jamaica, Cuba, Trinidad y Guyana (Botello, 2021). Este árbol es grande y llamativo, de 20-45 m de altura, con diámetro caular grande y copa hemisférica muy

ancha, de follaje abundante. Sus hojas son alternas bipinnadas con 4 a 15 pares de foliolos o pinnas opuestas que pueden medir de 15-40 cm de largo, con foliolulos numerosos (15-30 pares por pinna) de color verde brillante que se pliegan durante la noche. Flores blancas o verdoso-amarillentas, actinomorfas en pequeñas cabezuelas pedunculadas axilares. El fruto tipo legumbre es una vaina esponjosa y fibrosa, ancha, aplanada, curva o enroscada e indehisciente de 7 a 15 cm de diámetro, de color marrón oscuro, brillante y de sabor dulce. Posee semillas grandes, ovoides y aplanadas, de 2,3 x 1,5 cm, marrones y brillantes con una línea pálida con la forma del contorno de la semilla. Las semillas tienen una testa bastante gruesa, dura e impermeable al agua, pocas veces atacadas por insectos (Ugalde, 1997; Llamozas *et al.*, 2003; Baskin y Baskin, 2004; Viveros *et al.*, 2015), lo que hace que su germinación sea lenta y dispareja, por lo que requieren tratamiento pre-germinativo sobre su cubierta seminal, como abrasivos mecánicos, agua caliente o ácidos, para lograr la escarificación y, posterior germinación (Belloso y Mazariego, 2013). Esta especie figura en la categoría vulnerable en el Libro rojo de la flora venezolana debido a su sobreexplotación (Llamozas *et al.*, 2003).

La importancia ecológica de esta especie radica en su utilización en la recuperación de zonas deforestadas de bosques secos subtropicales. Desde el punto de vista económico, la madera de *E. cyclocarpum* está considerada como preciosa, y como tal, es muy cotizada; con ella se elaboran productos que brindan bienes y servicios en las regiones rurales como leña, postes, artesanías, cercas vivas, sombra y madera industrial (Botello, 2021; Serratos, 2000). La corteza y las semillas tienen usos medicinales y artesanales, mientras que el fruto sirve como forraje (Viveros *et al.*, 2017). Por otra parte, Serratos (2000) y Serratos *et al.* (2008) comentan que los frutos inmaduros son utilizados en la elaboración de sopas; mientras que las semillas verdes o maduras pueden ser aprovechadas como parte de la alimentación humana, ya sean cocidas y luego tostadas, o cocinadas al vapor.

Por su parte, *Delonix regia* es un árbol que también pertenece a la familia Fabaceae, oriundo de Madagascar, de donde se difundió hacia los trópicos, principalmente como ornamental. En zonas con temporadas secas muy marcadas, pierde las hojas; sin embargo, en condiciones menos rigurosas es perennifolia. Esta especie

presenta una copa extendida y alcanza una altura media de 18 m. Su follaje es denso y plumoso, de hojas grandes y alternas, bipinnadas divididas en 10-25 pares de pinnas o foliolos opuestos cada uno con 12-40 pares de foliolulos. Las flores son zigomórficas, grandes de 12-15 cm de ancho, con cuatro pétalos rojos muy vistosos y uno mancado de amarillo y blanco, llamado estandarte. El fruto es una legumbre de 35 a 50 cm de largo, con numerosas semillas alargadas, con aproximadamente 0,4 g de peso, lustrosas, lisas y de color marrón. Las semillas de flamboyant tienen una cubierta pétreo, y es casi imposible que germinen sin un adecuado tratamiento por ser tan duras, compactas e impermeables, lo que evita que el embrión se hidrate, crezca y germine (Duno de Stefano, 2012).

Además de su importante uso ornamental, *D. regia* también es utilizada como cerca viva, brinda sombra en plantaciones de café y té, su madera es blanda y puede ser utilizada para leña, así como sus frutos secos. Es una especie fijadora de nitrógeno (N), productora de abono verde, forrajera y melífera (Geilfus, 1994).

En vista de que los métodos de escarificación cumplen un papel importante en la búsqueda de soluciones para romper la latencia de las semillas de especies de testa dura, y así garantizar altos porcentajes de germinación y uniformidad germinativa en el menor tiempo posible, se planteó evaluar la germinación y crecimiento de *Enterolobium cyclocarpum* y *Delonix regia* usando tres métodos de escarificación de semillas, cuyos resultados podrían sugerir el o los métodos más eficientes que pudieran implementar los viveros y organismos interesados en la propagación de dichas especies, las cuales son de gran interés (al igual que muchas otras) para reforestar y arborizar plazas, parques, avenidas y jardines grandes, además de ser utilizadas como recursos ornamentales, maderables, artesanales, forrajeros, entre otros.

## METODOLOGÍA

### Material biológico y área de estudio

Se utilizaron semillas de *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. y *Delonix regia* (Bojer ex Hook.) Raf. (Fabaceae), dos especies de árboles conocidos como flamboyant y caro, que fueron extraídas de frutos secos colectados en el campus de la Universidad de Oriente, Núcleo de Sucre, Venezuela, y trasladadas al Herbario Isidro Ramón Bermúdez Romero (IRBR), perteneciente al Departamento de Biología de esta casa de estudios, donde se les aplicó 3 métodos y 6 tratamientos de escarificación, bajo condiciones de vivero.

### Métodos y tratamientos de escarificación

De ambas especies se utilizaron 350 semillas en buen estado, sin perforaciones y con tamaño uniforme; éstas fueron distribuidas en 3 grupos de 100 semillas para cada método de escarificación (mecánico, químico y físico), más 50 semillas del control (Tabla 1). Los métodos de escarificación fueron divididos en 2 tratamientos cada uno (6 tratamientos), adicional al control. Las semillas procesadas de cada grupo con el tratamiento particular fueron distribuidas en tubos de ensayo con papel (germinadores), colocando 5 semillas por cada tubo.

Tabla 1. Métodos y tratamientos empleados para la escarificación de las semillas de *Enterolobium cyclocarpum* y *Delonix regia*.

Método de escarificación	Tratamiento de escarificación
Mecánico	✓ Corte en extremo micropilar
	✓ Corte en extremo opuesto al micrópilo
Químico	✓ 2 horas en H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 75%
	✓ 5 horas en H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 75%
Físico	✓ 2 min. en agua 100°C
	✓ 10 min. en agua 100°C
Control	✓ Ninguno

Para la escarificación mecánica, se realizaron cortes en la testa con una cizalla

procurando abrir una pequeña porción que dejó al descubierto el cotiledón, evitando dañarlo. En el método químico, luego de cada periodo de inmersión (2 y 5 horas) de las semillas en el ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ), se lavaron inmediatamente con agua destilada para eliminar el ácido. En el caso del método físico, se colocaron las semillas en el agua caliente durante los minutos señalados (2 y 10 min.) y se sumergieron rápidamente en agua fría para detener el calor. El control consistió de semillas intactas, sin escarificar.

Se consideraron a las semillas sumergidas en ácido y agua caliente, como esterilizadas de microorganismos; sin embargo, las escarificadas mecánicamente y las del control, se desinfectaron externamente con cloro comercial sin diluir (~5% NaClO, hipoclorito de sodio) por 15 minutos y se lavaron posteriormente cuatro veces consecutivas con agua destilada esterilizada.

## **Germinación**

Una vez tratadas las semillas con los distintos métodos de escarificación señalados, se procedió a seguir las orientaciones de la Asociación Internacional de Pruebas de Semillas (ISTA, en inglés) sobre germinadores en papel bond (ISTA, 1996). Esta metodología consistió en colocar semillas en tubos de ensayo de 4 cm de diámetro, contentivos de papel, previamente esterilizados en una estufa, marca P SELECTA, a 100°C durante 72 h. En cada tubo se colocaron 5 semillas entre el papel y el vidrio, distribuidas de forma equidistantes, a unos 2 cm por debajo de la boca del tubo, orientadas con la zona micropilar hacia el fondo del tubo. Todo esto permitió una mejor observación de la emergencia radicular, además facilitó el proceso de fotografiado diario y la medición de la longitud radical y caulinar, como se detalla a continuación.

Durante un período de 14 días, se mantuvieron los germinadores bajo condiciones de vivero (luz natural, temperatura y humedad relativa ambiente) en el herbario IRBR, con el papel permanentemente humedecido con agua (20 mL diarios). Se registró diariamente el número de semillas germinadas (aquellas donde se observó la emergencia radicular). Con estos valores se calculó el porcentaje de germinación (%G) diario, mediante la siguiente ecuación sugerida por Amin *et al.* (2014).

$$\%G = (\text{N}^\circ \text{ de semillas germinadas} / \text{N}^\circ \text{ de semillas colocadas a germinar}) \times 100$$

Adicionalmente, se evidenció el proceso de germinación mediante registros fotográficos diarios por medio de una cámara digital Samsung, durante los primeros 5 días y luego cada 3 días hasta el día 14.

## **Crecimiento**

Luego de 14 días en los tubos de ensayo, se determinaron algunos parámetros de crecimiento (longitud, vigor y biomasa) de las plántulas. La longitud se midió con una regla desde la base hasta el ápice del tallo y desde la base del tallo hasta el ápice radical, finalmente se sumaron ambas partes para expresar la longitud total. Por su parte, el vigor se estimó mediante la fórmula de índice de vigor de la plántula (IVP), sugerido por Abdul-Baki y Anderson (1973); donde:

$$\text{IVP} = \text{Germinación (\%)} \times \text{Longitud total de la plántula (cm)}$$

Para la misma fecha (día 14), también se determinó la biomasa fresca de las plántulas germinadas hasta ese día, usando una balanza analítica (marca DENVER, precisión 0,1 mg). Seguidamente, estas plántulas (exceptuando aquellas usadas para la siembra) fueron secadas en una estufa (marca P SELECTA) a 80°C hasta conseguir peso constante (~5 días), obteniéndose así su biomasa seca.

Una vez terminada esta primera fase de 14 días en los tubos de ensayo y de haber realizado todas las determinaciones antes señaladas, se tomó aleatoriamente una plántula o semilla de cada tubo por tratamiento (no usada para la biomasa seca) y se sembró en bolsas negras de polietileno perforadas. Dichas bolsas contenían 1 kg de tierra de jardín no desinfectada que se regó cada 2 días con agua de chorro a capacidad de campo (~150 mL), esto con el fin de simular condiciones naturales. Las bolsas se mantuvieron bajo condiciones de vivero, con luz natural, temperatura y humedad relativa, alrededor de 45 días después de la siembra, lo que permitió un tiempo adicional de observación de los efectos propios de los tratamientos previos de escarificación, además de la toma de nuevas fotografías y mediciones. También, permitió acondicionar a las plantas para garantizar un mejor éxito al momento de ser trasplantadas en los lugares de arborización.

Durante esta segunda fase del experimento, también se realizó el registro fotográfico cada 15 días después de haber hecho la siembra en bolsas (días 30, 45 y 60).

En esas mismas fechas se determinó el crecimiento (longitud y nº folíolos) de las plantas de ambas especies. La longitud fue medida con una regla solo en la parte aérea. También se contaron todos los folíolos en cada fecha, con la finalidad de observar si los distintos tratamientos limitaron o aumentaron su número por plántula.

Finalmente, parte de las plantas obtenidas de flamboyant fueron utilizadas para arborizar el campus de la Universidad de Oriente, Núcleo de Sucre; en cambio las plantas de caro fueron donadas a instituciones, garantizando la propagación de estas especies de difícil germinación.

### **Análisis estadístico**

Se realizó un diseño experimental de tipo aleatorio para distribuir los tubos al azar y las bolsas en el vivero. Los resultados fueron analizados (previa comprobación de la homogeneidad y normalidad de las varianzas) mediante ANOVA de una vía, con prueba *a posteriori* de Duncan para establecer el método de escarificación más eficaz, utilizando el programa estadístico STATGRAPHICS Centurion XV.II. (Sokal y Rohlf, 2012).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Germinación

En la Figura 1 se observa el porcentaje de germinación (%G) de *Enterolobium cyclocarpum* y *Delonix regia* sometidas a 3 métodos de escarificación (mecánica, química y física), cada uno de estos con 2 tratamientos, adicional al control. Se puede evidenciar que los 2 primeros métodos fueron efectivos para propiciar el %G de las dos especies con respecto al método físico y el control, donde se observó muy poca germinación durante los 14 días de experimentación ( $\leq 10\%$ ). Sin embargo, las semillas de *E. cyclocarpum* tratadas con el método mecánico y químico tuvieron mayores %G que las semillas de *D. regia*.

La escarificación de corte en el extremo micropilar de la semilla resultó ser superior al tratamiento de corte opuesto al extremo micropilar para ambas especies (Figura 1A y B). Por su parte, para el método químico la inmersión de las semillas por 2 horas en ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) al 75% fue mejor que la de 5 horas en dicho ácido, para ambas especies (Figura 1C y D).

En el método físico, el tratamiento de escarificación de semillas de *Delonix regia* sumergidas 2 min. en agua a  $100^\circ C$  resultó ser más favorable que cuando se colocaron durante 10 min. en agua a  $100^\circ C$  (Figura 1F), en cambio para *Enterolobium cyclocarpum* la germinación en ambos tratamientos físicos resultó ser nula (Figura 1E).

Viveros *et al.* (2015) muestran que los tratamientos de remojo de la semilla de *E. cyclocarpum* en ácido sulfúrico y de aquellas manipuladas de forma mecánica, aceleraron el tiempo de germinación, ya que en ambos casos se inició el proceso a los siete días de sembradas con respecto al control. Somarriba y Ferreiro (1984) señalaron que, los mejores resultados de %G para *E. cyclocarpum* se obtuvieron con el lijado en el extremo micropilar y con la inmersión en ácido sulfúrico por 35 y 45 min., cuya capacidad germinativa fue de 98, 92 y 87%, respectivamente; resultados que coinciden con este estudio obteniendo mejores resultados al 4to día de experimentación para la misma especie con el tratamiento mecánico y el químico alcanzando porcentajes de germinación de 100 y 98% respectivamente.

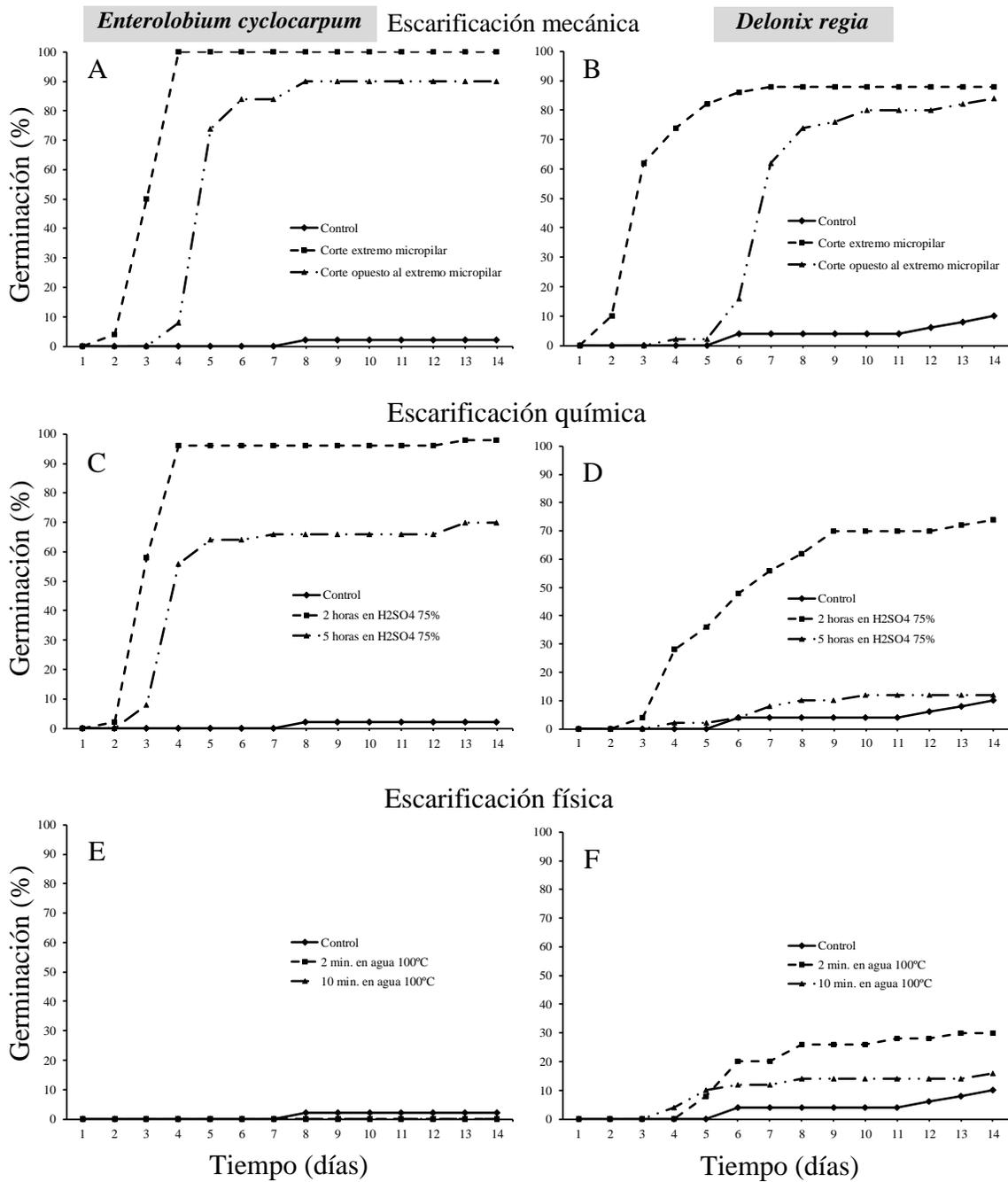


Figura 1. Germinación (%) diaria de *Enterolobium cyclocarpum* (A, C y E) y *Delonix regia* (B, D y F) sometidas a 3 métodos de escarificación con 2 tratamientos de escarificación cada uno, más el control.

Camelio y Cabello (1996) señalan que se obtuvieron resultados óptimos con el método de escarificación mecánica en *Maytenus boaria* (Celastraceae), a las que se les

eliminó el arilo mediante frotación con lijado en el extremo micropilar, logrando un 81% de germinación.

El tratamiento de escarificación mecánica suele presentar mejores resultados al romper la latencia física y disminuir el tiempo de emergencia de embriones, tal como lo menciona Marroquín (2018), cuando, utilizando lija para romper la testa, obtuvo los mejores resultados aumentado considerablemente la emergencia de plántulas de diferentes especies arbóreas de matorral espinoso (*Prosopis juliflora* y *Prosopis nigra*). Los tratamientos pre-germinativos ayudan a aumentar la velocidad de germinación e incrementar su porcentaje.

Desde el punto de vista fisiológico y químico, el mecanismo de latencia física impuesta por la cubierta seminal se explica por la mayor cantidad de componentes con características que repelen el agua y son cementantes, tales como polifenoles, ligninas, taninos condensados y sustancias pécticas, y menor proporción de celulosa y hemicelulosa”. Sin embargo, debe considerarse que la lignina se encuentra distribuida en las diferentes capas celulares de la cubierta (Galussi *et al.*, 2015).

La cutícula de la cubierta seminal es la primera línea de impermeabilidad, debajo de ésta se encuentran líneas de células de Malpighi (macroesclereidas) que encierran completamente al embrión; y bajo estas células hay una capa corta y gruesa de hipodermis (osteo esclereidas), se considera que el conjunto de estas células juega un papel principal para evitar el ingreso del agua (Kunert *et al.*, 2010).

El ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) pudo desgastar parte de la cutícula de la testa, la aplicación de  $H_2SO_4$  actuaría desagregando en porciones la cubierta seminal, produciéndose una rápida imbibición como lo sugiere Baskin y Baskin (2014) y Galíndez *et al.* (2015). El efecto del  $H_2SO_4$  sobre la germinación también ha sido reportado por otros autores como Fariñas *et al.* (1997), quienes obtuvieron el mayor %G en semillas de dos especies de *Centrosema*, escarificadas con este ácido; mientras que D'Aubeterre *et al.* (2002), reportaron mayores valores de germinación en el género *Prosopis* tratado con ácido. Los altos porcentajes de germinación determinados en los tratamientos de inmersión de la semilla en  $H_2SO_4$ , y cortes en ésta se pueden explicar porque el ácido y el corte reducen la resistencia mecánica de la cubierta seminal; estos

tratamientos, por lo tanto, permiten y/o facilitan la difusión del agua hacia el embrión e inician el proceso. (Lozano *et al.*, 2016).

La testa de las semillas de *Enterolobium cyclocarpum*, es muy gruesa con respecto a *Delonix regia*, pero para ambas especies se demostró que la cubierta seminal se rompe preferiblemente mediante el método mecánico y el químico. Posiblemente el tratamiento físico para *E. cyclocarpum* no funcionó debido que el calor pudo haber matado las semillas, resultados que se presumen ya que no se realizaron pruebas de viabilidad, siendo ésta la forma más segura de determinar la calidad de una muestra de semillas a través de ensayos de germinación, que requieren un ambiente con condiciones controladas, ajustadas para cada especie y un lapso tiempo para la observación de los resultados (Matías *et al.*, 2004). La viabilidad es la medida del porcentaje de semillas vivas con capacidad para germinar y producir plantas en condiciones adecuadas (Doria, 2010).

La mayoría de las leguminosas tienen una cubierta seminal impermeable, con propiedades estructurales y/o químicas que restringe mecánicamente al embrión (Steinbrecher y Leubner-Metzger, 2018).

La latencia, definida como la incapacidad para germinar de una semilla intacta y viable bajo condiciones óptimas de temperatura y humedad, está predominantemente impuesta por la cubierta seminal. Esta última no solo se involucra en el impedimento para la germinación, también cumple funciones críticas como regular la absorción de agua, proporcionar una barrera contra hongos y reducir el escape del embrión durante la imbibición. La lignina es un componente fundamental de la pared celular vegetal, junto con celulosa, hemicelulosa, pectina, proteínas, cutina, suberina y sales minerales (Bonawitz y Chapple, 2010). La lignificación de la pared celular está regulada en espacio y tiempo, y varía con la especie de planta, edad, tejido y si se trata de paredes celulares primarias o secundarias (Grabber, 2005). Con más frecuencia se concibe a la lignina como una barrera física potencial contra la invasión por fitopatógenos; en la interacción planta-nemátodos-endoparásitos es parte de las modificaciones involucradas en la reestructuración de las paredes de las células de la raíz del hospedante (Zavaleta-Mejía y Lagunes-Fortiz, 2016).

Algunas semillas presentan un estado de latencia debido a la dureza de sus tegumentos y para aumentar el porcentaje de germinación es necesario romperlas, usando métodos de escarificación (Tapia *et al.*, 2014). Este tipo de latencia es frecuente en especies de Fabaceae como las utilizadas en el presente estudio. Al respecto, Rolston (1978) reportó que, de las 260 especies evaluadas de esta familia, aproximadamente el 85% presentaban semillas con tegumentos total o parcialmente impermeables, que le confieren latencia o dormancia, señalando además que se debe a la presencia de un estrato de células epidérmicas tegumentarias en forma de empalizada asociadas a una capa cuticular cerosa.

Particularmente, el empleo del escarificado físico, como la exposición al agua caliente, ha resultado ser efectivo para romper la latencia en varias especies, además de ser económico, fácil y seguro de aplicar. El choque de calor en las semillas puede ser más efectivo que la escarificación mecánica para algunas especies, pero los óptimos de temperatura y tiempo de remojo son dependientes de la especie y al no determinarlos pueden tener resultados adversos (Piroli *et al.*, 2005). En el presente estudio se determinó que los tratamientos pre-germinativos de 2 y 10 min. en agua a 100°C son poco efectivos para propiciar una buena germinación de *E. cyclocarpum* y *D. regia*, en comparación con los otros 4 tratamientos probados.

Adicionalmente, se registró fotográficamente el proceso de germinación diario durante los primeros 5 días y luego cada 3 días hasta el final del periodo de observación (Figuras 2-4). Tanto para *Enterolobium cyclocarpum* como para *D. regia* se puede observar que la germinación con el tratamiento de escarificación micropilar fue más efectivo que la del opuesto al micrópilo, evidenciándose para ambas especies que dicho proceso comenzó a partir del tercer día. Ya para el 8<sup>vo</sup> día se observa un buen crecimiento de la parte aérea y radical en ambas especies, siendo más pronunciado en *E. cyclocarpum*. La escarificación en el extremo opuesto al micrópilo retrasó la germinación, ocurriendo esta entre el 5<sup>to</sup> y 8<sup>vo</sup> día y, por ende, el desarrollo de la planta se vio limitado durante estos 14 días. En todo caso, ambos tratamientos de escarificación resultaron más efectivos sobre la germinación de caro y flamboyant, con respecto al control sin escarificado, cuya germinación fue extremadamente baja (Figura 2).

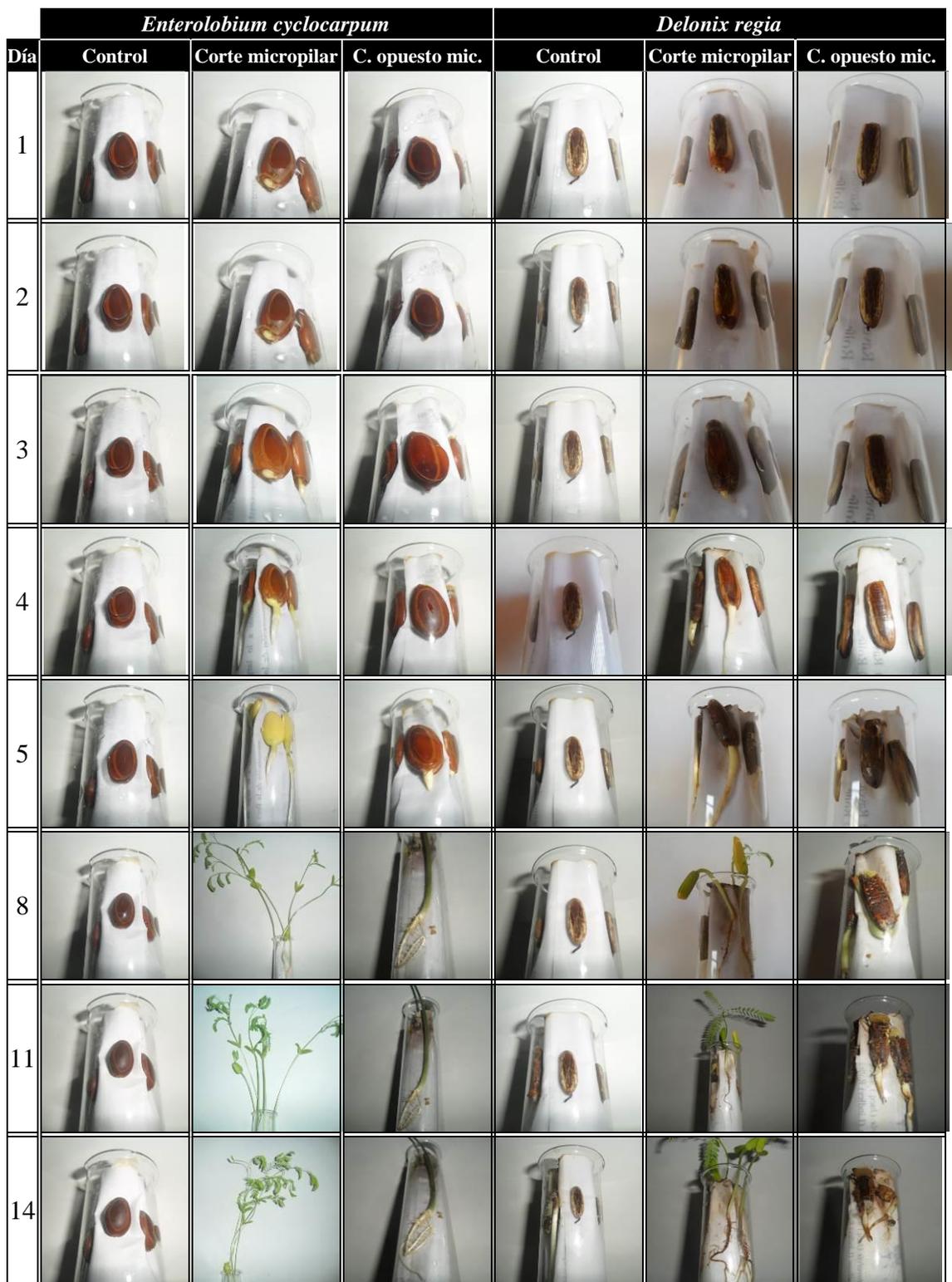


Figura 2. Registro fotográfico del proceso de germinación y crecimiento de ambas especies durante 14 días, luego de aplicados los tratamientos de escarificación mecánica.

La ruptura parcial de la testa en las semillas determina la pérdida de su función reguladora y restrictiva al permitir la libre absorción del agua en las semillas, provocando el inicio de la germinación. Estos resultados confirman la presencia de dormición física impuesta por la impermeabilidad de la testa en las semillas estudiadas, y apoyan la tesis, ya que, las plantas presentes en entornos que experimentan heladas o sequías, son más probables a generar algún tipo de latencia en las semillas que especies presentes en ecosistemas con lluvias frecuentes (Jurado y Flores, 2005).

Pérez (2022), menciona que la escarificación mecánica consiste en causar daño en la testa de la semilla sin dañar el embrión, mediante el contacto con superficies abrasivas, evitando la impermeabilidad al agua, temperatura y oxígeno, o bien, consiste en eliminar la testa de las semillas de forma manual.

El corte realizado en el extremo micropilar acelera la germinación debido a que en esta zona se encuentra una perforación a manera de canal (micrópilo) que comunica a la semilla con el exterior y es el lugar que sirve de puente para el paso de agua durante su desarrollo (Becerra y Chaparro, 1999). En cambio el corte realizado en el opuesto al extremo micropilar de las semillas retrasa el proceso ya que el paso de agua no ingresa por un canal directo hacia e interior de esta estructura y además la precisión que ejercerá para poder protruir la testa será mayor, lo cual podría llevarse a cabo en un mayor tiempo.

La rotura de la cubierta seminal y el «ablandamiento» del endospermo son procesos separados en el tiempo que se producen durante la germinación de varias especies (p. ej., *Nicotiana* y *Petunia*). La cubierta seminal puede provocar la dormición física en semillas debido a un impedimento en el crecimiento del embrión. Para que esta semilla deje de ser durmiente, el embrión deberá crear un potencial osmótico endógeno que genere fuerza suficiente como para atravesar la cubierta o, alternativamente, que disminuya la resistencia que opone la cubierta seminal mediante la acción de enzimas generadas por el tejido de reserva o por la propia radícula (Azcón-Bieto y Talón, 2013).

En la Figura 3, se puede apreciar que la escarificación química, sumergiendo las semillas durante 2 horas en ácido sulfúrico, tuvo efectos positivos sobre *E. cyclocarpum* y *D. regia*, observándose la protrucción radical a partir del 4<sup>to</sup> día; ya a partir del 8<sup>vo</sup> al

14<sup>avo</sup> día, se evidencia un buen desarrollo de las plántulas de ambas especies en dicho tratamiento. Para el caso particular de caro, la inmersión en ácido sulfúrico durante 5 horas también propició la germinación, aunque el crecimiento para el día 14 fue menor que en la inmersión de 2 horas en ácido. La germinación y el crecimiento de flamboyant tratadas con 5 horas en ácido sulfúrico, fue tan limitada como el control.

Araoz y Del Longo (2006), mencionan la importancia de los tratamientos pre-germinativos para superar la dormancia física impuesta por el endocarpo; obteniendo diversos resultados cuando éstos se trataron con escarificación física (remoción completa y desgaste del tejido de la zona basal externa), ácida y húmeda.

Díaz (2011) observó en el cultivar “San Antonio” que el ácido sulfúrico 98% redujo la viabilidad de la semilla, lo cual señala un efecto nocivo del químico, que influye en bajos porcentajes de germinación como ocurrió en este estudio; además, el manejo de este ácido es delicado, debido a que puede causar severos daños a la semilla y afectar al embrión. Sin embargo, el manejo adecuado del ácido sulfúrico como agente escarificante, ha permitido en especies como *Tectona grandis*, mejorar el porcentaje de germinación (Jatt *et al.*, 2007).

Día	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>			<i>Delonix regia</i>		
	Control	2h H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 75%	5h H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 75%	Control	2h H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 75%	5h H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 75%
1						
2						
3						



Figura 3. Registro fotográfico del proceso de germinación y crecimiento de ambas especies durante 14 días, luego de aplicados los tratamientos de escarificación química.

Para el método de escarificación física se evidencia, de forma general, que los dos tratamientos térmicos empleados limitaron la germinación y el crecimiento de ambas especies; solo *Delonix regia* germinó, principalmente aquellas que fueron colocadas 2 min. en agua a 100°C (Figura 4). Cabe señalar que el agua caliente empleada en este estudio, más bien propició el crecimiento de microorganismos (hongos y bacterias), probablemente porque las semillas murieron por causa del calor, lo que no ocurrió en el control, y muy poco en las semillas tratadas con los métodos de escarificación mecánico y químico. La degradación del ABA-libre se registra durante el almacenamiento de las semillas secas. Esta desaparición a veces se acelera con las altas temperaturas. Estos resultados confirman que estos 2 últimos métodos fueron mejores que el método físico.

Particularmente, las proteínas de reserva de las semillas son la principal fuente de

este macronutriente básico en la alimentación de la humanidad y de los animales domésticos, suministrando más de la mitad de la proteína dietaria a nivel mundial.

Por lo general, en las semillas de ciertas plantas predomina un tipo de proteína de reserva, aunque por supuesto existen excepciones; así tenemos que las globulinas son características de las leguminosas mientras que en cereales abundan las prolaminas. No obstante, dichas proteínas dominantes, y por ende los granos huéspedes que las contienen, son comúnmente deficientes en al menos un aminoácido esencial; por ejemplo, las leguminosas son deficientes en los aminoácidos azufrados cisteína y metionina, mientras que la lisina y el triptófano son limitantes en los cereales.

Pérez (2022) menciona que la escarificación con agua caliente consiste en sumergir las semillas en agua caliente a una temperatura promedio de 80°C durante tres o cuatro minutos, el volumen de agua a utilizar es cuatro o cinco veces mayor al volumen total de las semillas.

Los bajos porcentajes de germinación que se obtuvieron con algunos tratamientos con ácido y agua caliente, y la contaminación de algunas semillas, probablemente obedecen a que tanto el ácido sulfúrico como el agua caliente destruyen o inhiben la acción de compuestos químicos que protegen a las semillas contra agentes biológicos degradadores, mientras ocurre el proceso de germinación. Esta apreciación se basa en el hecho de que las semillas probablemente estaban muertas.

Cabe señalar que la presencia de hongos fue menor y menos acentuada en las semillas que se remojaron en ácido, mientras que en las semillas que se sometieron a remojo en agua caliente, el ataque por hongos fue más severo (llegándose a infectar totalmente a los 14 días después de aplicado el tratamiento). El ataque por hongos es más contrastante si a este respecto se comparan semillas tratadas química y físicamente con el grupo de semillas correspondientes al tratamiento control, las cuales estuvieron libres del ataque durante la observación, aún bajo las mismas condiciones ambientales y de manejo, pues la cutícula que las cubría debió protegerlas de microorganismos. Cabe mencionar que los tratamientos con ácido sulfúrico y el remojo en agua caliente, no solamente afectan a las semillas, sino que su acción se transmite a las plántulas en desarrollo, tornándose de aspecto débil y quebradizo.

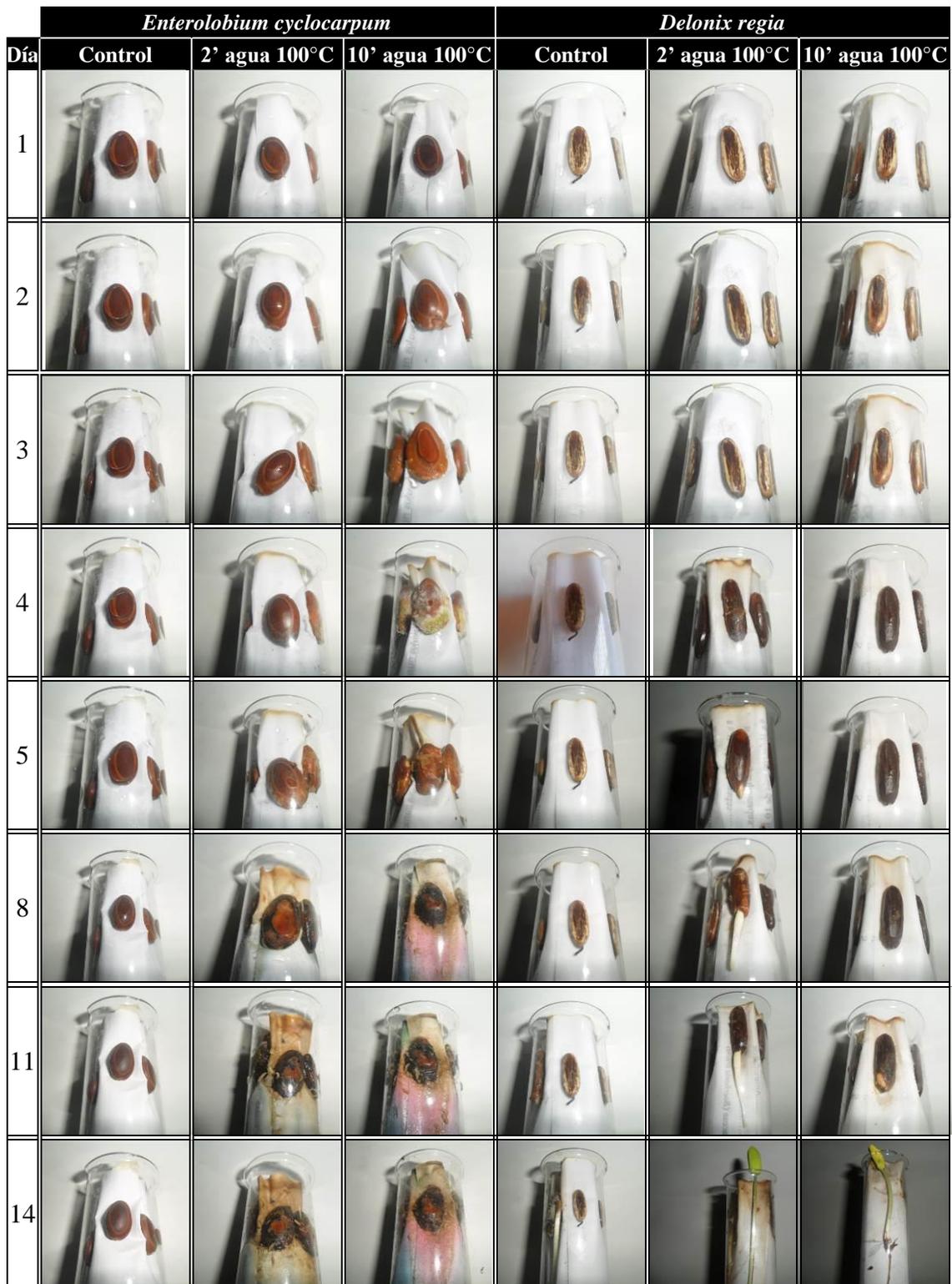


Figura 4. Registro fotográfico del proceso de germinación y crecimiento de ambas especies durante 14 días, luego de aplicados los tratamientos de escarificación física.

## Crecimiento a los 14 días

En la Figura 5 se observa la longitud de plántulas de *E. cyclocarpum* y *D. regia* sometidas a 3 métodos de escarificación (mecánica, química y física), cada uno de estos con 2 tratamientos, adicional al control. Se puede apreciar que, de la mano con el %G, los métodos de escarificación mecánica y química también fueron más efectivos para el desarrollo de las plántulas reflejado en longitud de raíz, tallo y total superiores a la del escarificado físico y el control.

Para las plántulas de caro, el corte en el extremo micropilar de las semillas indujo a una mayor longitud de raíz (Fs= 106,93; p= 0,0000), tallo (Fs= 144,23; p= 0,000) y total (Fs= 153,24; p= 0,000) que el tratamiento de corte opuesto al extremo micropilar (Figura 5A). Sin embargo, para flamboyant (Figura 5B) ambos tratamientos de escarificación resultaron ser iguales entre ellos, pero diferentes a los del control, para raíz (Fs= 19,53; p= 0,0000), tallo (Fs= 28,74; p= 0,000) y total (Fs= 46,88; p= 0,000).

Por su parte, para el método químico, la longitud de plántulas cuyas semillas estuvieron por 2 horas en ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) al 75%, fue mejor que la de 5 horas en dicho ácido, para ambas especies (Figura 5C y D); teniéndose que para caro, el uso del ácido por 2 horas propició longitudes superiores de raíz (Fs= 45,80; p= 0,0000), tallo (Fs= 75,84; p= 0,000) y total (Fs= 72,12; p= 0,000), al igual que el mismo tiempo de inmersión en ácido (2 h) de las plántulas de flamboyant para raíz (Fs= 38,75; p= 0,0000), tallo (Fs= 49,03; p= 0,000) y total (Fs= 46,88; p= 0,000). En todo caso, el tratamiento con ácido sulfúrico por 5 horas parece ser más dañino en las semillas de flamboyant que en caro, ya que los valores de longitud en la primera especie resultaron ser igual estadísticamente al control.

En vista de que el método de escarificación física no fue eficiente para que muchas semillas de *E. cyclocarpum* y *D. regia* germinaran durante 14 días, la medición de longitud de plántulas fue nula en caro (Figura 5E) y muy baja en flamboyant (Figura 5F). Todo esto impidió la realización del análisis estadístico; aun así, se evidencia en dichas figuras, bajos valores de longitud en *D. regia* con respecto a *Enterolobium cyclocarpum*, que fue cero. En todo caso, para ambas especies la inmersión de tales estructuras reproductivas en agua a 100°C por 2 y 10 min., fueron los tratamientos

menos apropiado para facilitar su germinación, con respecto a los tratamientos mecánicos y químicos.

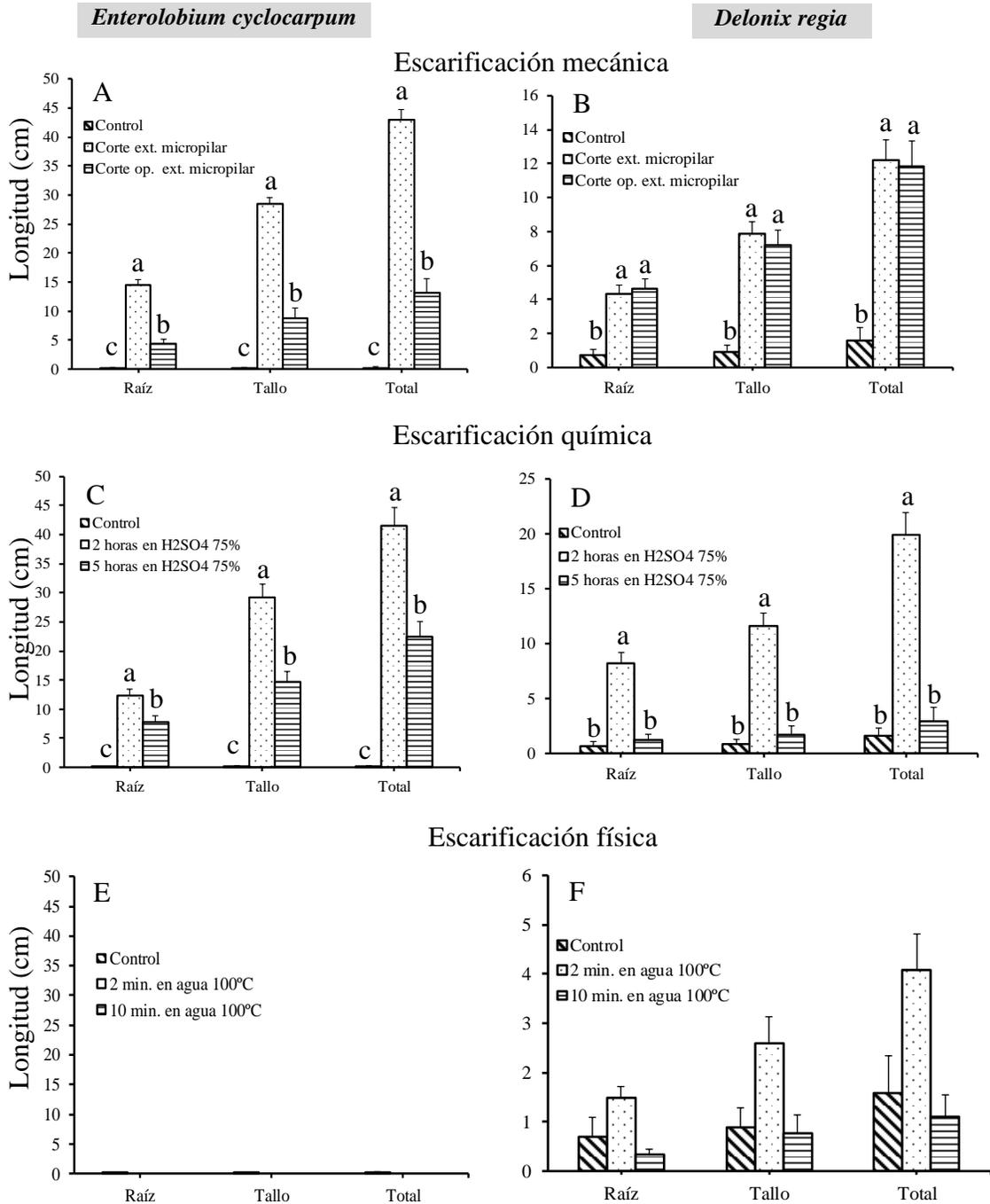


Figura 5. Longitud (cm) de plantas de *Enterolobium cyclocarpum* (A, C y E) y *Delonix regia* (B, D y F) después de 14 días de haber sometido sus semillas a 3 métodos de escarificación con 2 tratamientos de escarificación cada uno, más el control.

Existieron diferencias significativas entre los tratamientos para las variables del crecimiento en *E. cyclocarpum*; de manera similar, Viveros *et al.* (2015) obtuvieron que el método mecánico (lijado en este caso) mostró el mayor promedio a los seis meses de edad, mientras que el remojo de la semilla en agua caliente tuvo los valores más bajos; sin embargo, en el presente estudio, las semillas tratadas con el método físico, ni siquiera tuvieron un bajo crecimiento, si no nulo.

Los mencionados autores señalan que fue interesante observar que a pesar de que la semilla lijada y la remojada en ácido sulfúrico por 30 min. germinan al mismo tiempo, las plántulas que se originaron a partir de las primeras, superaron en altura a las segundas; no obstante, el testigo comenzó a germinar siete días más tarde que las semillas tratadas con los diferentes tratamientos cada uno por separado (ácido sulfúrico, en agua caliente y lijada). Las plántulas que surgieron de ellas, se reponen al retraso en la germinación, y no mostraron diferencias significativas en el crecimiento en altura con respecto a las plántulas procedentes de las semillas remojadas en ácido, lo que se puede deber a que el testigo, al tener menor capacidad germinativa, dio lugar a una menor cantidad de plántulas, con lo que se favoreció el crecimiento de las mismas al tener menor competencia por la luz.

Por su parte, Álvarez *et al.* (2009), encontró que la longitud de la raíz principal, no difirió estadísticamente entre los distintos tratamientos pre-germinativos (escarificación mecánica, remojo en agua por 24 h, escarificación mecánica + Ácido giberélico ( $GA_3$ ) 2 000 mg L<sup>-1</sup> y  $GA_3$  2 000 mg L<sup>-1</sup>) aplicados en semillas de *Chrysophyllum cainito*, luego de 29 días después de la siembra. Sin embargo, sí hubo diferencias significativas en la longitud del hipocótilo entre los distintos tratamientos, siendo superior en las escarificadas mecánicamente.

Se ha señalado que las especies leguminosas se caracterizan por presentar testa dura, condición que afecta la germinación y el rápido alargamiento; es por ello que para mejorar estos aspectos en dichas especies y acelerar la obtención de plántulas de buen tamaño, se recomiendan diversos tratamientos pre germinativos como la escarificación mecánica, química, física, entre otras (Hartmann y Kester, 2001).

En general, para ambas especies, el índice de vigor de las plántulas (Figura 6) fue

superior en los tratamientos de escarificación mecánica y química con relación a la escarificación física y al control. Para *E. cyclocarpum* (Figura 6A y C) se obtuvieron resultados parecidos tanto en el método mecánico como químico; donde el IVP dio superior en el tratamiento de corte en el extremo micropilar ( $F_s= 154,73$ ;  $p= 0,000$ ) y el de 2 horas en ácido sulfúrico ( $F_s= 67,65$ ;  $p= 0,000$ ). Por su parte, para *D. regia* (Figura 6B y D) los tratamientos de extremo micropilar y opuesto al micrópilo fueron iguales entre ellos, pero superiores al control ( $F_s= 29,30$ ;  $p= 0,000$ ); sin embargo, para la misma especie, las semillas sumergidas en ácido por 2 horas resultaron con un IVP superior al de 5 horas en ácido y al control ( $F_s= 36,91$ ;  $p= 0,000$ ).

Por las mismas razones explicadas en la longitud, para el IVP en el método físico tampoco fue pertinente revisar el análisis estadístico; sin embargo, se observa en la Figura 6F que el tratamiento térmico de inmersión durante 2 min. en agua a 100°C para flamboyant pareciera ser más efectivo en este parámetro que el tratamiento de inmersión de las semillas durante 10 min. en agua a 100°C. Para caro, los tratamientos térmicos resultaron ser tan nulos como el tratamiento control en cuanto a esta variable medida.

Según Manfrini (2004), el vigor de la semilla no es solo una propiedad medible, sino que es un concepto que describe diversas características que determinan su nivel de actividad y el comportamiento en un amplio rango de ambientes. Esas características están asociadas a los aspectos tanto del comportamiento de las semillas como la velocidad y uniformidad de germinación, además del crecimiento de plántulas, la capacidad de emergencia bajo condiciones ambientales desfavorables y el comportamiento después del almacenamiento, especialmente la habilidad de mantener la capacidad de germinación.

Aguilar (2020) describe que unas semillas vigorosas son aquellas cuyo comportamiento potencial se espera sea bueno aún bajo condiciones ambientales sub-óptimas para la especie. Las pérdidas de vigor están relacionadas con la reducción de la habilidad que tienen éstas para llevar a cabo todas las actividades fisiológicas que les permiten germinar y emerger. Este proceso denominado envejecimiento fisiológico o deterioro de las semillas, se inicia inmediatamente después de la madurez fisiológica y prosigue mientras dichas estructuras reproductivas permanecen en la planta antes de la

cosecha, durante la misma, en el procesamiento y almacenamiento.

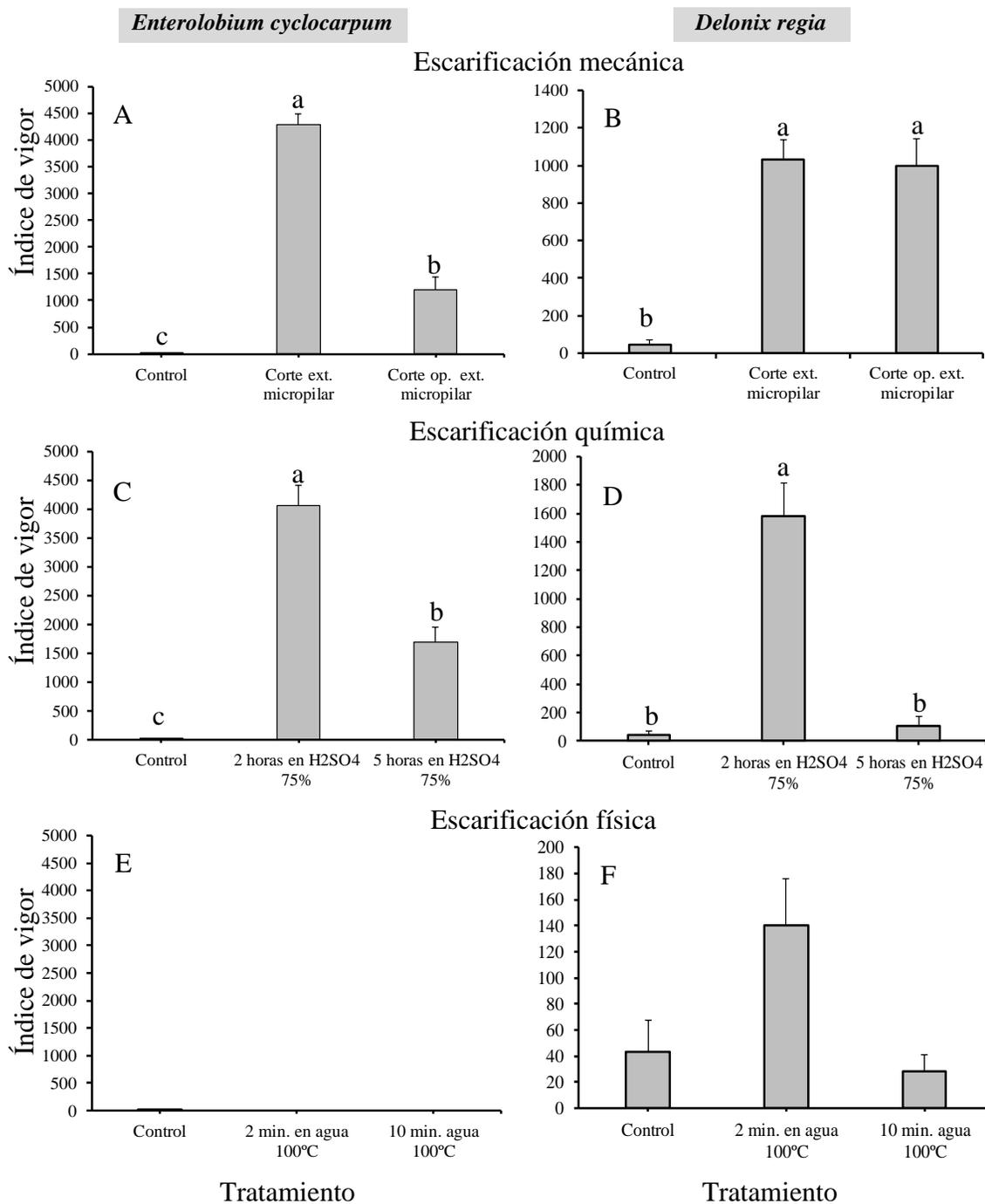


Figura 6. Índice de vigor de plantas de *Enterolobium cyclocarpum* (A, C y E) y *Delonix regia* (B, D y F) después de 14 días de haber sometido sus semillas a 3 métodos de escarificación con 2 tratamientos de escarificación cada uno, más el control.

Como manifestó Delouche (1976), el vigor está directamente relacionado con la capacidad de la semilla de germinar y lograr el establecimiento de una planta adulta, lo cual se vuelve primordial cuando las condiciones ambientales no son óptimas.

La energía germinativa es una medida de la velocidad de la germinación, y por ello se supone que también lo es del vigor y del germen que produce. El interés por dicha energía, se basa en la teoría de que probablemente sólo las semillas que germinan con rapidez y vigor en las condiciones favorables del laboratorio, serán capaces de producir plántulas vigorosas en las condiciones que existen sobre el terreno (Ginwal *et al.*, 2005). Según Ortega *et al.* (2008), la energía germinativa es un parámetro muy útil que da una idea de la cantidad de semilla que rápidamente emergerá en el campo, minimizando su pérdida por depredación.

En base a esto, según los resultados se puede inferir que las plántulas de ambas especies que podrían tener mejor éxito en el campo, son las tratadas con una escarificación mecánica en el extremo micropilar y las de inmersión en ácido sulfúrico durante 2 horas; pues son las que mostraron mayores valores de %G, longitud e IVP.

En otras especies donde sus semillas fueron pre-tratadas con ácido sulfúrico, se han encontrado valores de IVP superiores a los tratados con el opuesto al micrópilo o con ácidos durante mayor tiempo.

A pesar de que en este estudio las plántulas de *Delonix regia* sumergidas en agua caliente durante 2 y 10 min. no obtuvieron altos índices de vigor como los métodos mecánico y químico, Aguilar (2020) manifiesta que los datos registrados en las pruebas realizadas muestran claramente que el tratamiento de mayor éxito para promover y uniformizar la germinación de las semillas de *Delonix regia* fue el de inmersión en agua en ebullición durante un periodo de 5 min., con el que se obtuvo un 54,33% de semillas germinadas, esto es, de 300 semillas que se sometieron al tratamiento germinaron 163; la germinación se distribuyó en seis días, extendiéndose del 8<sup>vo</sup> al 14<sup>avo</sup> día después de la fecha de siembra. Las plántulas que se obtuvieron, mostraron buenas condiciones de vigor, que se refleja tanto en el grosor del tallo como en la coloración de las hojas, adicionalmente se observó que las hojas seminales se mantienen en el tallo durante más tiempo sin atrofiarse.

El comportamiento de la biomasa fresca fue parecido al del IVP en cuanto a los efectos de los métodos y tratamientos. El corte en el extremo micropilar ( $F_s= 126,86$ ;  $p= 0,000$ ) y la inmersión en ácido sulfúrico por 2 horas ( $F_s= 81,51$ ;  $p= 0,000$ ), generaron una mayor biomasa de caro (Figura 7A y C); mientras que, para flamboyant (Figura 7B y D), ambos cortes en la semilla fueron similares para una mayor producción de biomasa con relación al control ( $F_s= 19,33$ ;  $p= 0,000$ ), pero el ácido por 2 horas mejoró la producción de biomasa durante 14 días, lo que ocurrió muy poco en la inmersión durante 5 horas en ácido y en las semillas control ( $F_s= 40,29$ ;  $p= 0,000$ ). La biomasa fresca de *E. cyclocarpum* fue prácticamente nula y bastante baja en *D. regia*, producto de la poca germinación. En esta última especie, fue superior donde se aplicó el pre-tratamiento de inmersión de semillas en agua a 100°C por 2 minutos ( $F_s= 58,51$ ;  $p= 0,000$ ).

La biomasa seca también estuvo en consonancia con la biomasa fresca, de allí que en la Figura 8 se puede apreciar que tanto el tratamiento corte en el extremo micropilar para semilla de *E. cyclocarpum* ( $F_s= 58,51$ ;  $p= 0,000$ ) y de *D. regia* ( $F_s= 22,25$ ;  $p= 0,000$ ), como la inmersión en ácido sulfúrico durante 2 horas para caro ( $F_s= 46,78$ ;  $p= 0,000$ ) y flamboyant ( $F_s= 23,74$ ;  $p= 0,000$ ), favorecieron la mayor acumulación de biomasa seca tanto en las plántulas de *E. cyclocarpum* como en *D. regia*.

En el caso del método físico, por el hecho de que muchas semillas no germinaron (producto de los efectos de este método), no se contó con suficientes datos superiores a cero para la aplicación del análisis estadístico. Sin embargo, como en las variables anteriores, se puede apreciar que el tratamiento con mejor tendencia sobre la biomasa seca pareciera ser el de 2 min. en agua a 100°C para flamboyant.

En todo caso, tanto la biomasa fresca como seca de las plántulas, fue mayor en la especie *E. cyclocarpum* que en *D. regia*, en todos los tratamientos de escarificación de las semillas.

Tanto la biomasa fresca como la biomasa seca son parámetros que evidencian la turgencia de la planta y la acumulación de materia seca, producto de la movilización de reservas desde los cotiledones hacia la parte aérea y radical en crecimiento. Los resultados del presente estudio evidencian que este buen estatus hídrico y movilización

de reservas, es más eficiente cuando las semillas de las especies estudiadas son escarificadas por el extremo micropilar y/o dejadas en remojo durante 2 horas en ácido sulfúrico 75%.

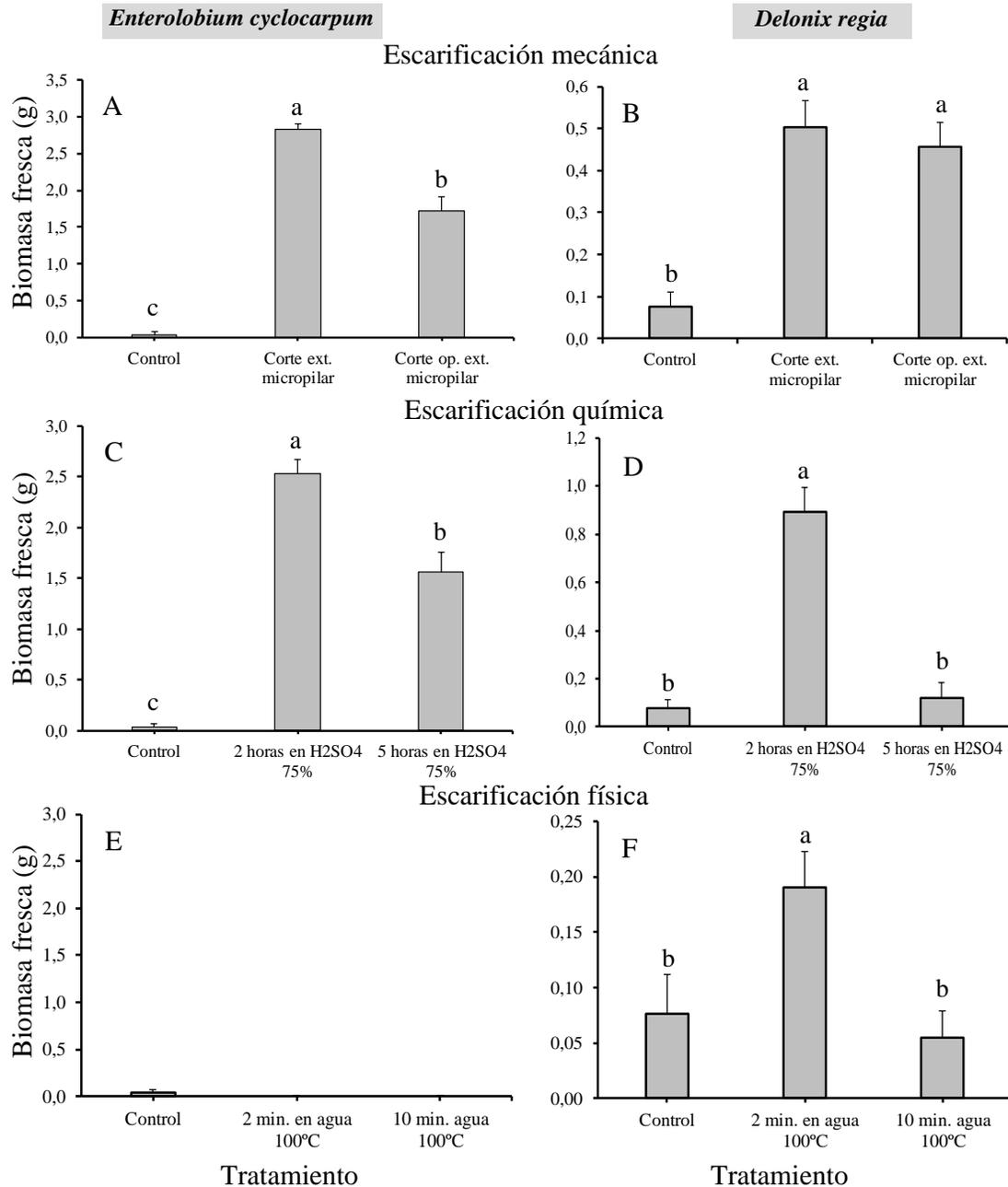


Figura 7. Biomasa fresca de plantas de *Enterolobium cyclocarpum* (A, C y E) y *Delonix regia* (B, D y F) después de 14 días de haber sometido sus semillas a 3 métodos de escarificación con 2 tratamientos de escarificación cada uno, más el control.

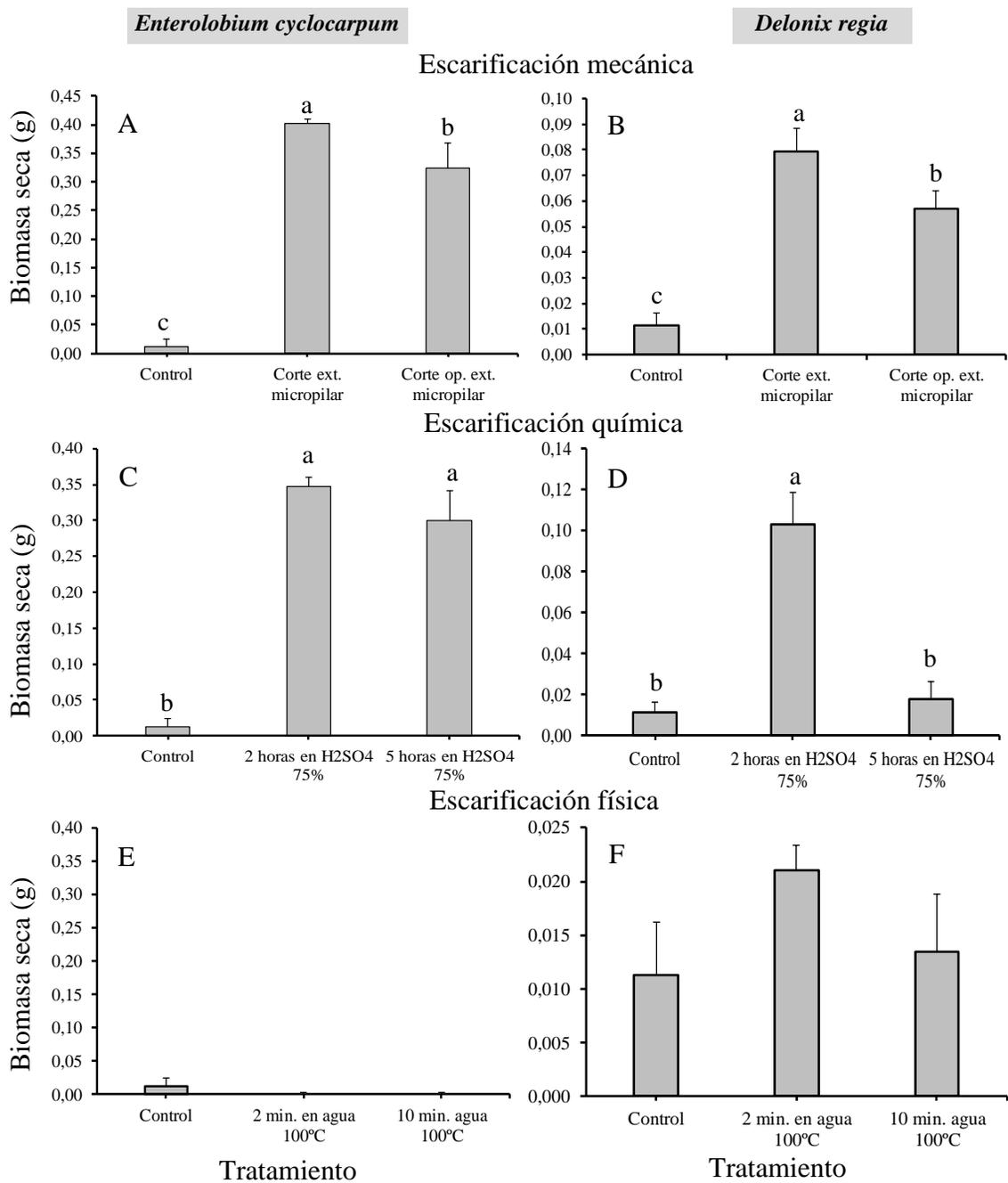


Figura 8. Biomasa seca de plantas de *Enterolobium cyclocarpum* (A, C y E) y *Delonix regia* (B, D y F) después de 14 días de haber sometido sus semillas a 3 métodos de escarificación con 2 tratamientos de escarificación cada uno, más el control.

Pañitru *et al.* (2021) encontraron que si bien el empleo de técnicas como la escarificación química y mecánica, favorecen la germinación de *Bulnesia chilensis*

(Zygophyllaceae), éstas generan plántulas con una menor biomasa aérea y radicular, afectando a su posterior sobrevivencia.

El hecho de que tanto la biomasa fresca como seca de las plántulas fuera mayor en la especie *E. cyclocarpum*, pudiera estar relacionado tanto con el episperma como en el tamaño de las semillas, esto significa que la biomasa de las plántulas no depende de la longitud total del eje hipocótilo radicular. Pascualidades y Ateca (2013) señalan que el hecho de que las semillas grandes, originaran plántulas de mayor biomasa puede atribuirse a que el tamaño de las semillas está asociado al tamaño del embrión. Del mismo modo, Dalianis (1980) determinó la importancia del tamaño de las semillas de *Trifolium alexandrinum* y *T. resupinatum* para mejorar el vigor y la emergencia en campo, al igual que Ramadevi y Rama Rao (2005) en *Arachis hypogaea*.

La producción de las plántulas sometidas a irrigación luego de haber sido sometidas a tratamientos pre-germinativos (corte en el extremo micropilar e inmersión en  $H_2SO_4$ ), indican un crecimiento compensatorio que podría explicarse por una muy rápida movilización de reservas acumuladas (Horst y Nelson, 1979) y una gran capacidad para mantener sus tejidos radiculares y meristemáticos activos capaces de hacer un rápido uso de los recursos de agua y nutrientes mineralizados.

De manera general, en estas cuatro variables de crecimiento (longitud, índice de vigor, biomasa fresca y seca), se muestran resultados parecidos en cuanto al tratamiento de escarificación en el extremo micropilar y el de 2h en ácido sulfúrico, cuyos valores son los más altos con relación a los demás tratamientos y al control.

### **Crecimiento a los 30, 45 y 60 días**

Las mediciones de longitud y conteo del número de pares de folíolos, a los 30, 45 y 60 días bajo condiciones de vivero, para verificar los efectos de los tratamientos pre-germinativos, se explican a continuación.

En cuanto a la longitud, se pudo observar que las plántulas de *E. cyclocarpum* con las mayores longitudes fueron las que previamente habían sido escarificadas en el extremo micropilar, seguidas por aquellas donde el corte se hizo en el extremo opuesto al micrópilo, tanto a los 30 ( $F_s = 8,86$ ;  $p = 0,000$ ), 45 ( $F_s = 4,13$ ;  $p = 0,000$ ) y 60 ( $F_s = 3,64$ ;

p= 0,000) días después de aplicados los tratamientos. En general, para los dos tratamientos de escarificación y el control, se observa una tendencia en el aumento de la longitud en la medida que transcurría el tiempo (Figura 9A).

La longitud de *D. regia* (Figura 9B) tuvo un comportamiento similar al de *E. cyclocarpum* para los 45 (Fs= 18,00; p= 0,000) y 60 (Fs= 4,16; p= 0,0266) días después de aplicados los tratamientos, siendo superior en el tratamiento del corte en el extremo micropilar; sin embargo, a los 30 días de experimentación, la longitud con ambas técnicas de escarificación, eran iguales entre ellas, pero superiores al control (Fs= 3,56; p= 0,0423).

En cuanto al método químico, para el día 30 se evidencia que la longitud de caro fue superior en los tratamientos con ácido sulfúrico (Fs= 6,35; p= 0,0055); sin embargo, a los 45 (Fs= 2,59; p= 0,0933) y 60 (Fs= 2,40; p= 0,1094) días, la longitud de las plántulas donde no se realizó la escarificación, alcanzó un valor similar estadísticamente a las de aquella donde se realizó el tratamiento pre-germinativo. En todo caso, la tendencia siempre fue al aumento de la longitud conforme pasaba el tiempo, para todos los tratamientos (Figura 9C).

La longitud de flamboyant aumentó al transcurrir los días, siendo superior en las plantas pre-tratadas con ácido sulfúrico con relación al control, para los 45 (Fs= 12,28; p= 0,0002) y 60 (Fs= 2,30; p= 0,1201) días del estudio; sin embargo, a los 30 (Fs= 23,25; p= 0,0000) días no hubo diferencias estadísticamente significativas (Figura 9D).

Para el caso particular del método físico, no se realizaron análisis estadísticos puesto que tanto para *E. cyclocarpum* como *D. regia* los pre-tratamientos térmicos inhibieron la germinación, y por ende la longitud, durante todo el periodo de experimentación; solo unas pocas semillas del tratamiento en agua a 100°C durante 2 min. para flamboyant, pudieron germinar y alargarse, pero no fueron valores representativos (Figura 9E y F).

Al respecto, Castillo-Quiroz *et al.* (2021) relaciona directamente la altura con la capacidad fotosintética y la superficie de transpiración de la planta, las más altas lidiarán mejor con la competencia, lo que implica una mejor salud fisiológica y un sistema radicular adecuado. En el presente estudio, se puede notar, de forma general, que los

métodos de escarificación mecánica y química, propiciaron la mejor salud fisiológica de ambas especies, para realizar la fotosíntesis, transpiración y mejor competencia por la luz, en el menor tiempo.

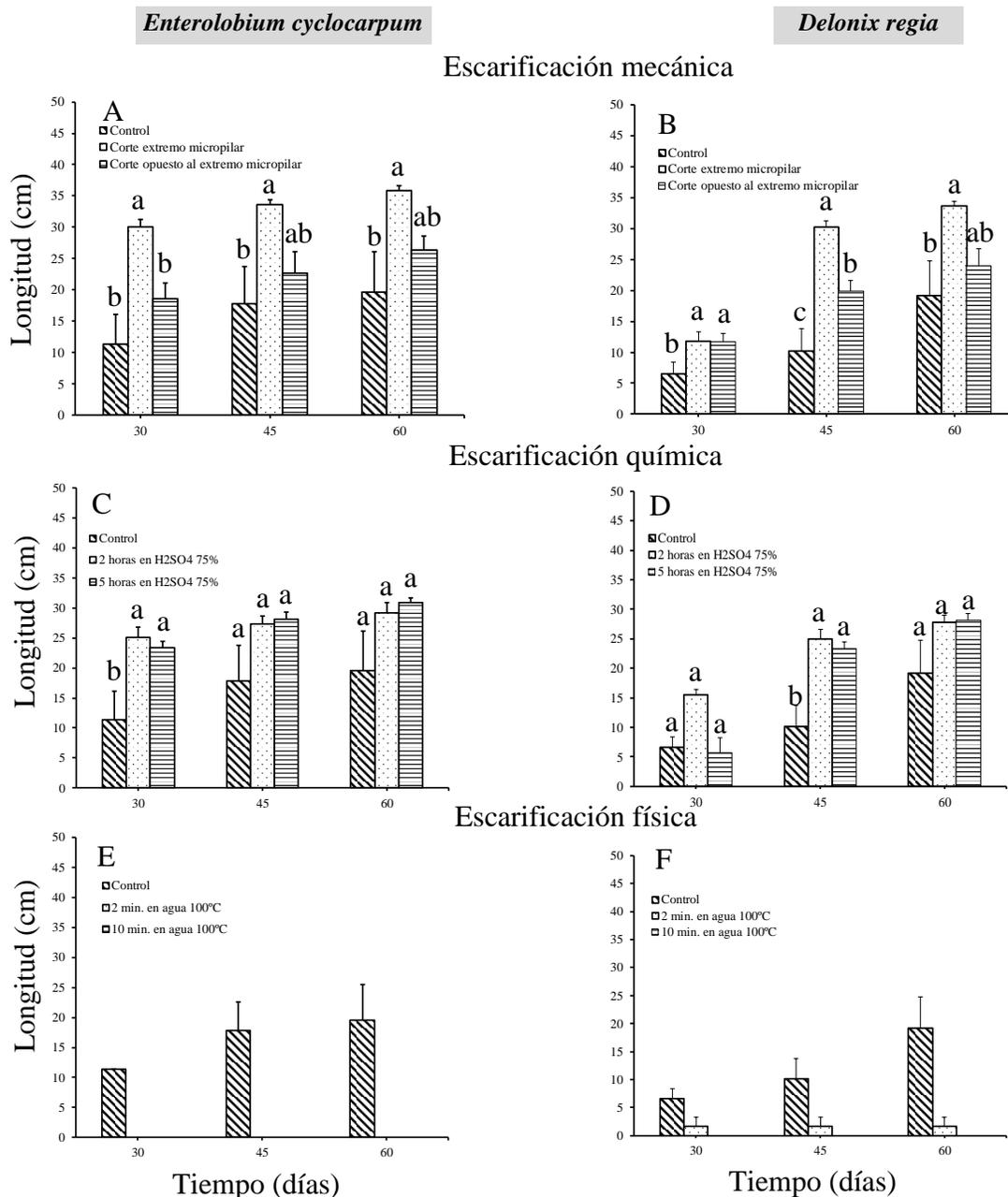


Figura 9. Longitud (cm) de plantas de *Enterolobium cyclocarpum* (A, C y E) y *Delonix regia* (B, D y F) después de 30, 45 y 60 días de haber sometido sus semillas a 3 métodos de escarificación con 2 tratamientos de escarificación cada uno, más el control.

Por su parte, Álvarez *et al.* (2009), encontraron que la longitud del hipocotilo,

difirió estadísticamente entre los distintos tratamientos pre-germinativos (escarificación mecánica, remojo en agua por 24 h, escarificación mecánica + GA<sub>3</sub> 2 000 mg L<sup>-1</sup> y GA<sub>3</sub> 2 000 mg L<sup>-1</sup>), luego de 29 días después de la siembra de semillas pre-tratadas de *Chrysophyllum cainito*, siendo mayor cuando fueron escarificadas mecánicamente.

Viveros *et al.* (2015) encontraron que el lijado fue el mejor tratamiento pre-germinativo para la semilla de *Enterolobium cyclocarpum*, donde se alcanzó la mayor altura de la plántula. Neri *et al.* (2018), registraron mayores alturas de plántulas de tara (*Caesalpinia spinosa*), cuyas semillas fueron picadas y remojadas por 12 horas o picadas y remojadas por 24 horas, con respecto a los otros tratamientos de escarificación (de remojo en agua fría por distintos días o en agua caliente por algunos minutos) empleados por estos autores; demostrándose así el efecto notorio de la escarificación mecánica sobre la física en otras especies, distintas a las utilizadas en el presente estudio.

Sin embargo, en otro trabajo donde se utilizó Maguey (*Agave salmiana*), las semillas fueron escarificadas con una incisión de aproximadamente 1 mm de profundidad, en la región del vértice opuesto al micrópilo; se midió la altura de las plántulas emergidas 45 días después de la siembra, y se encontró que la escarificación propició un menor desarrollo de las plántulas (Sánchez-Urdaneta *et al.*, 2011). Para la especie *Bulnesia chilensis*, también se emplearon técnicas de escarificación mecánica y química, pero luego de 2 meses post-trasplante se observó que, si bien el empleo de estos procedimientos favorece la germinación, éstas generan plántulas con un menor crecimiento aéreo y radicular, afectando a su posterior sobrevivencia (Pañitru *et al.*, 2021). Por lo que estos dos trabajos evidencian que la escarificación no es buena en todas las especies.

De manera general, la Figura 10A y B muestra una tendencia al aumento en el número de pares de foliolos, conforme pasaba el tiempo, sobre todo para las plántulas provenientes de semillas escarificadas en el extremo micropilar, para ambas especies; sin embargo, este tratamiento de escarificación solo fue significativamente superior a los 30 (Fs= 14,27; p= 0,0001) días para caro y a los 45 (Fs= 4,50; p= 0,0207) días para flamboyant.

Para ambas especies, el número de pares de foliolos tuvo una tendencia a

aumentar en la medida que transcurría el tiempo, y en general los pre-tratamientos con ácido, parecieran haber propiciado un mayor aumento en el número de estos órganos, aunque solo fueron estadísticamente significativos a los 30 días ( $F_s= 5,02$ ;  $p= 0,0140$ ) para caro y a los 45 días ( $F_s= 4,69$ ;  $p= 0,0179$ ) para flamboyant, siendo superior en las plantas provenientes de semillas pre-tratadas con el ácido sulfúrico (Figura 10C y D).

Para los parámetros anteriores, no fue procedente realizar el análisis estadístico en las semillas pre-tratadas térmicamente debido a la poca germinación, pero también se puede apreciar en la Figura 10E y F que el tratamiento control tuvo un poco más de efectividad en este y en todos los parámetros anteriores de dicho método físico.

Para otras especies, la escarificación mecánica propició mejores resultados en esta variable. Así, en tara (*Caesalpinia spinosa*) se registró mayor número de hojas en las plántulas cuando sus semillas fueron picadas y remojadas por 12 horas o picada y remojada por 24 horas, con respecto a los tratamientos de escarificación física (Neri *et al.*, 2018); demostrándose así el efecto notorio de la escarificación mecánica sobre las características morfológicas de plántulas.

Como complemento a los resultados de longitud y número de pares foliolos expuestos anteriormente en las Figuras 9 y 10, en las siguientes figuras (Figuras 11-13) se muestra un registro fotográfico del crecimiento de ambas especies a los 30, 45 y 60 días, luego de aplicado los 3 métodos pre-germinativos de escarificación.

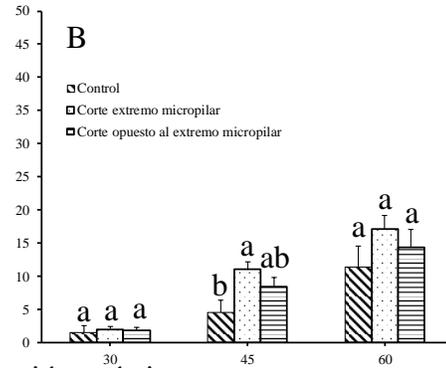
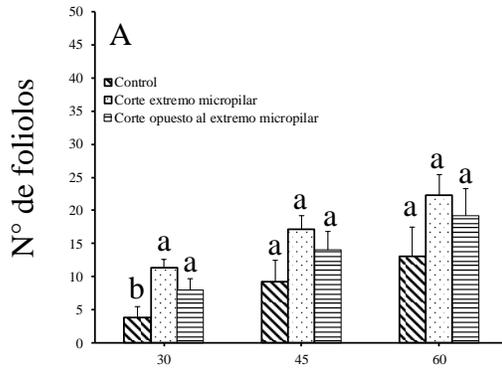
Así, para el método mecánico, de forma general, se puede apreciar que a los 30, 45 y 60 días de experimentación para ambas especies, el crecimiento fue más notorio en plantas cuyas semillas habían sido previamente escarificadas, sobre todo las de *D. regia* (Figura 11).

La escarificación mecánica con cortes en la testa, permite mejorar la permeabilidad a la humedad y los gases. Es una operación que se debe realizar con cuidado para escarificar la testa en lugares adecuados con el fin de evitar dañar el embrión y la planta resultante. Pero, si se realiza de una manera adecuada, se puede tener resultados satisfactorios, como los mostrados en la presente investigación.

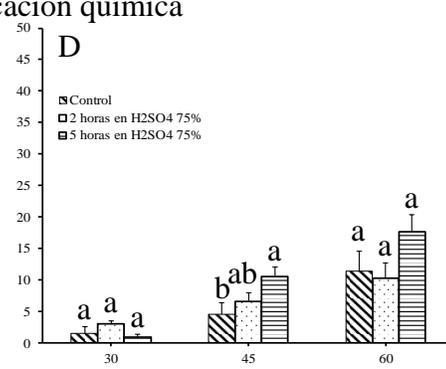
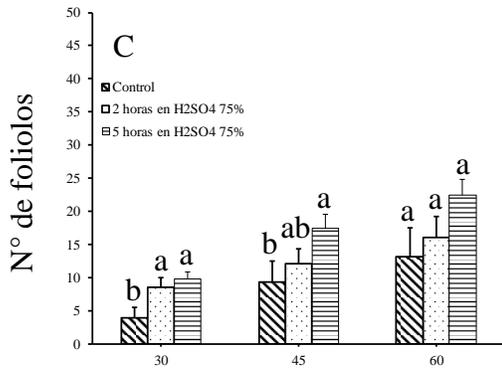
*Enterolobium cyclocarpum*

*Delonix regia*

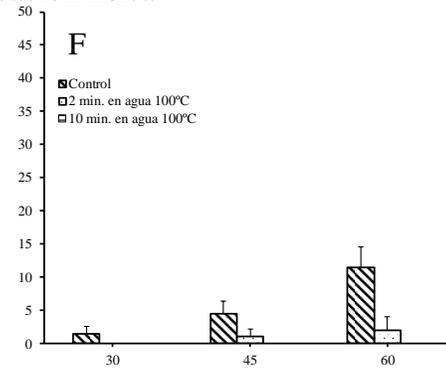
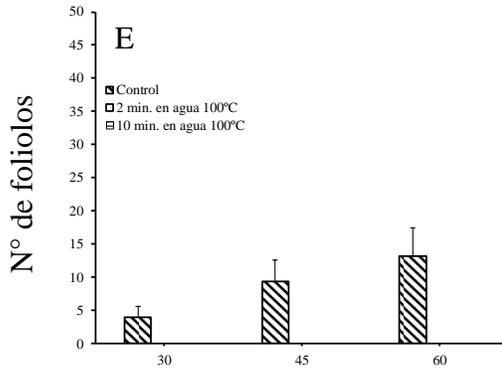
Escarificación mecánica



Escarificación química



Escarificación física



Tiempo (días)

Tiempo (días)

Figura 10. Número de foliolos de plantas de *Enterolobium cyclocarpum* (A, C y E) y *Delonix regia* (B, D y F) después de 30, 45 y 60 días de haber sometido sus semillas a 3 métodos de escarificación con 2 tratamientos de escarificación cada uno, más el control.

En el método químico se evidenció que en las plantas cuyas semillas habían sido pre-tratadas con ácido sulfúrico durante 2 y 5 horas, alcanzaron alturas similares entre ellas, pero superiores al control, durante los distintos tiempos de experimentación

(Figura 12).

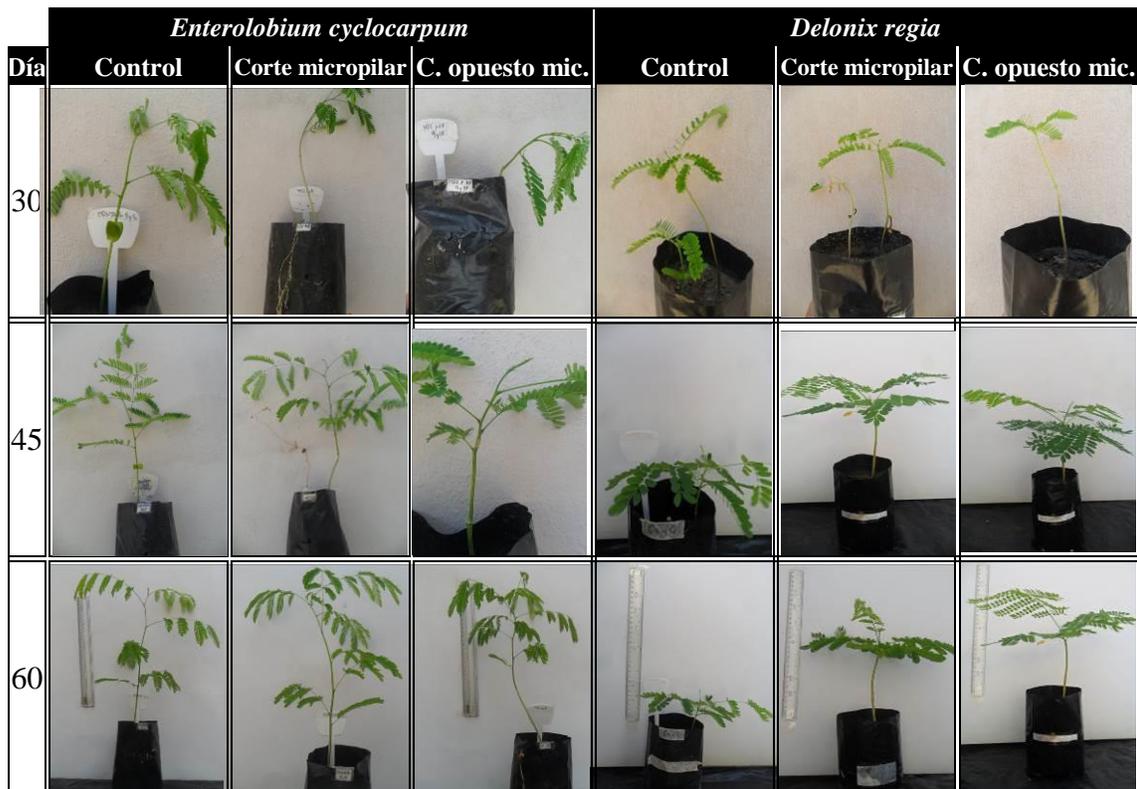


Figura 11. Registro fotográfico del crecimiento de ambas especies a los 30, 45 y 60 días, luego de aplicado el método de escarificación mecánico.

Para el método físico, tampoco se evidenció germinación de las semillas de *E. cyclocarpum* pre-tratadas en agua a 100°C durante 2 y 10 min. y, por ende, crecimiento durante los 30, 45 y 60 días después de aplicados tratamientos de escarificación térmica. Sin embargo, las pocas semillas de *D. regia* pre-tratadas con agua caliente durante 2 min. que lograron germinar, mostraron un crecimiento menor a las del control a los 30, 45 y 60 días de experimentación; las semillas de flamboyant pre-tratadas con agua caliente durante 10 min., tampoco mostraron crecimiento alguno (Figura 13).

En general, las variables para medir el crecimiento a los 30, 45 y 60 días después de aplicados los tratamientos pre-germinativos (Figuras 9-13), revelan que la escarificación mecánica y química, fueron las más idóneas para obtener los mejores resultados en las variables germinativas, y por ende, en el crecimiento de ambas

especies, principalmente el tratamiento de corte micropilar e inmersión durante 2h en H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 75%; mientras que, el remojo durante 2 y 10 min. en agua a 100°C, no es recomendable para la germinación y crecimiento de estas Fabáceas.

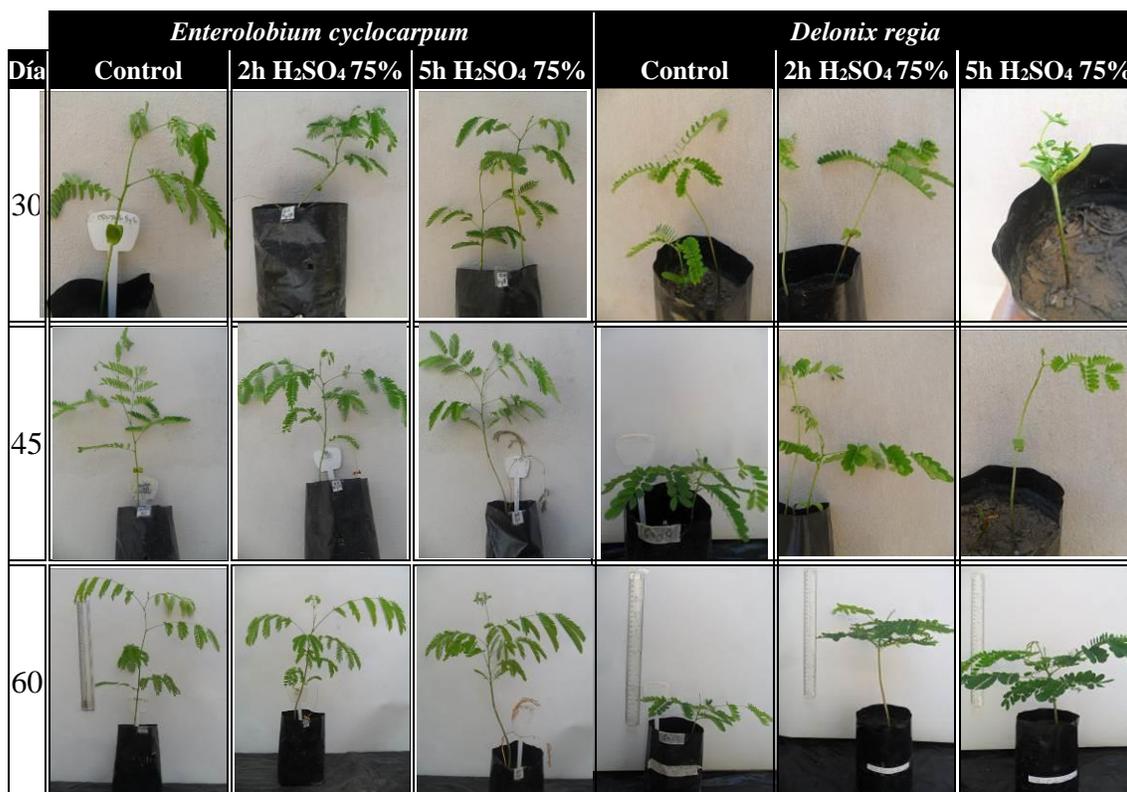


Figura 12. Registro fotográfico del crecimiento de ambas especies a los 30, 45 y 60 días, luego de aplicado el método de escarificación química.

La escarificación química, además de debilitar la capa externa de las semillas, la libra de posibles plagas o impurezas que podrían estar pegadas a ellas. Aun así, naturalmente, se han señalado compuestos biológicamente activos, tipo polifenoles, que inhiben el desarrollo de microorganismos en la testa de semillas como de *E. cyclocarpum*, evitando el biodeterioro (Velásquez *et al.*, 2006).

Entre los productos que se utilizan para la escarificación química, se encuentra el ácido sulfúrico, el cual se debe emplear con prudencia ya que es un compuesto tóxico por inhalación y extremadamente cáustico para la piel. Aun así, inicialmente, se observó

que algunas semillas tratadas con ácido mostraron cierto crecimiento de microorganismos, pero no tan pronunciado como en las de método térmico, evidenciando que en estas especies, el ácido actuó mejor en la asepsia de sus semillas.

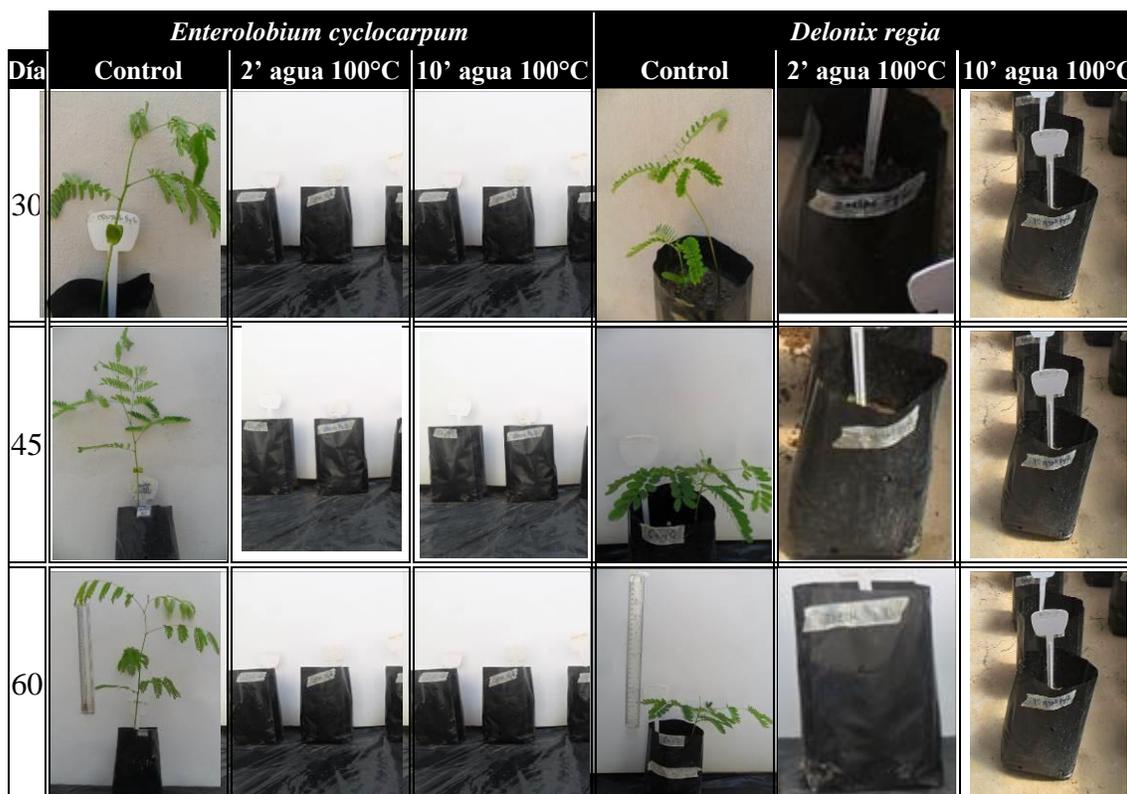


Figura 13. Registro fotográfico del crecimiento de ambas especies a los 30, 45 y 60 días, luego de aplicado el método de escarificación físico.

Cabe señalar, que el remojo en ácido fue al inicio del experimento por sólo 2 y 5 horas, luego se removió dicho químico con abundante agua, pero ya el efecto sobre la testa había ocurrido, rompiendo esa resistencia natural y dejándola expuesta a los microorganismos; por lo que la germinación debía ocurrir rápidamente, antes de que éstos dañaran el embrión. Al respecto, se ha señalado para la especie *Enterolobium cyclocarpum*, que algunos hongos del género *Oidium* ocasionan muerte de las yemas principales y estimulan la formación de brotes axilares (Peng *et al.*, 2010); lo que pudiera también alterar la emergencia radicular en estas plantas.

Por otra parte, el propósito de remojar las semillas en agua caliente, es modificar

las cubiertas duras, remover los inhibidores, ablandar las semillas y reducir el tiempo de germinación. Este tratamiento a temperaturas y tiempos de inmersión variables ha resultado ser altamente efectivo para romper la latencia en varias especies (Atencio *et al.*, 2003), y aunque requiere de cuidados especiales, es económico, fácil y seguro de aplicar. El choque de calor al sumergir las semillas en agua caliente, puede ser más efectivo que la escarificación mecánica para algunas especies, pero los óptimos de temperatura y tiempo de remojo son altamente dependientes de la especie y, al no determinarlos, pueden tener resultados adversos (Yépez y Arboleda, 2009). En el presente trabajo, evidentemente los tratamientos térmicos empleados durante 2 y 10 min. a las semillas de *E. cyclocarpum* y *D. regia*, no resultaron tan efectivos como los otros tratamientos para la germinación y crecimiento de las plantas.

Liu (1981) señala que la exposición al agua caliente ocasiona una expansión térmica que separa o destruye las células columnares de la capa de macroesclereidas lo que permite que el agua penetre fácilmente y reduzca significativamente la viabilidad de las semillas, tal vez la temperatura en este caso fue muy elevada y ocasionó la modificación de la testa de la semilla e incluso penetró a tal magnitud que ocasionó la destrucción del embrión.

Saurina *et al.* (1998) mencionan que la pared celular de la testa de la semilla de *Enterolobium cyclocarpum* se compone fundamentalmente de holocelulosa y lignina. La holocelulosa o fracción de carbohidratos puede ser separada en  $\alpha$ -celulosa (celulosa) y hemicelulosa. Por otro lado, la lignina actúa como sustancia de unión de las diferentes capas que forman la pared celular. Estas sustancias ayudan a evitar la imbibición de dichas semillas en condiciones de poca humedad y por poco tiempo, evitando la muerte de la plántula en crecimiento, si escaseara prontamente la humedad.

El hecho de que estas variables de crecimiento a los 30, 45 y 60 días, se correspondan con la germinación y el crecimiento a los 14 días, en cuanto a la efectividad de los métodos de escarificación mecánica y química, obedece a lo señalado con Godínez *et al.* (2007), quienes señalaron que el tiempo de emergencia de las plántulas juega un papel muy importante en el crecimiento más rápido y la sobrevivencia en el ambiente.

## CONCLUSIONES

Tanto el método de escarificación mecánica como el químico, con sus diferentes tratamientos, mejoran el % de germinación de *E. cyclocarpum* y *D. regia*; sin embargo, ambos métodos resultaron más efectivos para la primera especie.

El crecimiento (longitud, índice de vigor y biomasa) de las dos especies también se ve favorecido por ambos métodos de escarificación (mecánico y químico), siendo más efectivos los tratamientos de escarificación en el extremo micropilar e inmersión por 2 horas en ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) al 75%.

El método físico resultó el menos indicado para acelerar el proceso de germinación, más bien propicia el crecimiento de microorganismos.

De manera general el método mecánico es más favorable para la germinación y crecimiento de ambas especies, ya que, al ser el menos nocivo y/o tóxico puede ser empleado sin ningún riesgo.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar estudios alternando otros métodos de escarificación química con choques térmicos y mecánicos para la realización de posteriores trabajos, así como también, utilizar el aparato digestivo de animales domésticos como vía de escarificación biológica.

Se plantea la idea de usar métodos de escarificación mecánica antes de implementar escarificación química, ya que esta última, aunque favorece la germinación y crecimiento de ambas especies, puede llegar a ser nocivo para la salud del humano.

Los resultados encontrados en este trabajo pueden servir para la toma de decisiones al momento de iniciar la producción de *E. cyclocarpum* y *D. regia* en vivero y para el establecimiento de plantaciones o programas de reforestación, además de servir para futuras investigaciones.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abdul-Baki, A. y Anderson, J. 1973. Vigor determination in soybean seed by multiple criteria. *Crop Science*, 13(6): 630-633.
- Aguilar, N. 2020. Comparativo de dos métodos de escarificación mecánico y químico en semillas de ponciana (*Delonix regia*) en el fundo la banda Huasacache, Arequipa, Perú. Trabajo de grado. Facultad de Ciencias e Ingenierías Biológicas y Químicas, Universidad Católica de Santa María. Arequipa, Perú.
- Álvarez, R.; Quintero, I.; Manzano, J. y González, D. 2009. Emergencia y características de plántulas de *Chrysophyllum cainito* L. (Sapotacea) bajo diferentes tratamientos pre-germinativos y posición de siembra de la semilla. *Revista UDO Agrícola*, 9(2): 333-342.
- Amin, H.; Arain, B.; Amin, F. y Surhio, M. 2014. Analysis of growth response and tolerance index of *Glycine max* (L.) Merr. under hexavalent chromium stress. *Advancements Life Sciences*, 1(4): 231-241.
- Araoz, S. y Del Longo, O. 2006. Tratamientos pregerminativos para romper la dormancia física impuesta por el endocarpo en *Ziziphus mistol*. Trabajo de grado. Laboratorio de Semillas, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba. Quebracho, Argentina.
- Atencio, L.; Colmenares, R.; Ramírez-Villalobos, M. y Marcano, D. 2003. Tratamientos pre-germinativos en acacia San Francisco (*Peltophorum pterocarpum*) Fabaceae. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 20(1): 63-71.
- Azcón-Bieto, J. y Talón, M. 2013. *Fundamentos de fisiología vegetal*. Segunda edición. McGraw-Hill - Interamericana de España, S. L.
- Baskin, C. y Baskin, J. 2004. A classification system for seed dormancy. *Seed Science Research*, 14: 1-16.
- Baskin, C. y Baskin, J. 2014. *Seeds: ecology, biogeography and evolution of dormancy and germination*. Academic Press. San Diego, U.S.A.
- Barone, J.; Duarte, E. y Luna, C. 2016. Determinación de la eficacia de métodos de evaluación de calidad de semillas de especies forestales nativas de la Selva Atlántica. *Quebracho (Santiago del Estero)*, 24(2): 70-71.
- Becerra, N., y Chaparro, M. 1999. Morfología y anatomía vegetal. Trabajo de grado. Facultad de Ciencias, Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Belloso, P. y Mazariego, L. 2013. Evaluación de cinco sustratos y tres métodos de escarificación en la germinación de semillas de cuatro especies forestales. Trabajo de grado. Departamento de Fitotecnia, Universidad de El Salvador. San Salvador, El Salvador.
- Bewley, J. y Black, M. 1994. *Seeds physiology of development and germination*. Third

- edition. Plenum Press. New York, U.S.A.
- Bonawitz, N y Chapple, C. 2010. La genética de la biosíntesis de lignina: conectando el genotipo con el fenotipo. *Revisión anual de genética*, 44: 337-363.
- Botello, A. 2021. Germinación y establecimiento de una plantación forestal de *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb en Michoacán, México. Trabajo de grado. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León. Michoacán, México.
- Castañeda, J.; Ramírez, H.; Benavides, A. y Encina, L. 2013. Germinación y crecimiento de plántula en chincuya (*Annona purpurea* Moc y Sessé) y su relación con los niveles de giberelinas y ácido abscísico. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, 9(2): 243-253.
- Castillo-Quiroz, D., Antonio-Bautista, A., Castillo-Reyes, F., Sáenz-Ceja, J. E., y Sáenz-Reyes, J. 2021. Tratamientos pregerminativos para semillas de *Prunus cercocarpifolia* (Rosales, Rosaceae), especie endémica de la Sierra Zapalinamé, Coahuila, México. *Acta Agrícola y Pecuaria*, 7(1): 14-19.
- Camelio, M. y Cabello, L. 1996. Variables que afectan la germinación y producción de plantas de maitén (*Maytenus boaria* Mol.). Trabajo de grado. Escuela de Ciencias Forestales, Universidad de Chile. Santiago de Chile, Chile.
- D'Aubeterre, R., Principal, J., y García, J. 2002. Efecto de diferentes métodos de escarificación sobre la germinación de tres especies del género *Prosopis*. *Revista Científica*, 12(2): 575-577.
- Dalianis, C. 1980. Effect of temperature and seed size on speed of germination, seedling elongation and emergence of berseen and Persian clover (*Trifolium alexandrinum* and *T. resupinatum*). *Seed Science and Technology*, 8: 323-331.
- De la Cuadra, Celia. 1993. Germinación, latencia y dormición de las semillas. *Madrid: Instituto Nacional de Reforma y Desarrollo Agrario. España*, 3: 4-10.
- Delouche, J. 1976. Standardization of vigor tests. *Journal of Seed Technology*, 1(2): 75-85.
- Díaz, C. 2011. Categorización de la latencia en semillas de mora (*Rubus glaucus* Benth.), para el apoyo a programas de mejoramiento y conservación de la especie. Trabajo de grado. Departamento de Agronómicas, Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia.
- Doria, J. 2010. Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. *Cultivos tropicales*, 31(1): 114-119.
- Duno de Stefano, R. 2012. El flamboyán (*Delonix regia*) una embajadora de Madagascar para el mundo. *Herbario Centro de Investigación Científica de Yucatán*, 4: 55-57.
- Esau, K. 1976. *Anatomy of seed plants*. Second edition. John Wiley & Sons. New York, U.S.A.

- Fariñas, J.; Sanabria, D. y Silva-Acuña, R. 1997. Escarificación química de semillas de tres especies de *Centrosema* para sabanas bien drenadas. *Zootecnia Tropical*, 15(2): 221-237.
- Flores-Martínez, A.; Manzanero, G.; Rojas-Aréchiga, M.; Mandujano, M. y Golubov, J. 2008. Seed age germination responses and seedling survival of an endangered cactus that inhabits cliffs. *Natural Areas Journal*, 28(1): 51-57.
- Galíndez, G.; Malagrina, G.; Ceccato, D.; Ledesma, T.; Lindow-López, L. y Ortega-Baes, P. 2015. Dormición física y conservación *ex situ* en semillas de *Amburana cearensis* y *Myroxylon peruiferum* (Fabaceae). *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 50: 153-161.
- Galussi, A.; Argüello, J.; Cerana, M.; Maximino, M. y Moya, M. 2015. Características anatómicas y químicas del tegumento seminal de *Medicago sativa* L. (alfalfa) cv. Baralfa 85 y su asociación con la dormición. *Phyton (Buenos Aires)*, 84(1): 163-175.
- García, F. y Pita, J. 2016. *Viabilidad, vigor, longevidad y conservación de semillas*. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, España.
- Geilfus, F. 1994. *El árbol al servicio del agricultor: manual de agroforestería para el desarrollo rural*. Guía de especies. Volumen 2. CATIE. Turrialba, Costa Rica.
- Ginwal, H.; Phartyal, S.; Rawat, P. y Srivastava, R. 2005. Variación de fuente de semillas en morfología, germinación y crecimiento de plántulas de *Jatropha curcas* Linn. en el centro de la India. *Silvae Genética*, 54(2): 76-79.
- Godínez, I.; Pérez, G.; López L.; García, M.; Valdez, J.; De los Santos, H. y Santos, A. 2007. Lluvia de semillas y emergencia de plántulas de *Fagus grandifolia* subsp. *Mexicana* en la Mojonera, Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 78: 117-128.
- González, F.; Borges, L.; Pinzón, L.; Magaña, M.; Sanginés, R. y Urrestarazu, M. 2014. Inmersión de semillas de maíz en agua caliente en la producción de germinados para forraje. *Agronomía Mesosamericana*, 25: 53-62.
- Grabber, J. 2005. ¿Cómo afectan la degradabilidad, la composición, la estructura y el entrecruzamiento de la lignina? Una revisión de los estudios de modelos de pared celular. *Ciencia de cultivos*, 45(3): 820-831.
- Hartmann, H. y Kester, D. 1984. *Propagación de plantas. Principios y prácticas*. Cuarta edición. Continental, S. A. México D. F., México.
- Hartmann, H. y Kester, D. 2001. *Propagación de plantas. Principios y prácticas*. Octava edición. Editorial Continental, S. A. México D. F., México.
- Hernández, S.; Rodríguez-Trejo, D.; Granados, D. y Cadena, J. 2021. Latencia física, morfoanatomía y análisis proximal de la semilla de *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. *Entreciencias*, 9 (23): 1-15.
- Horst, G. y Nelson, C. 1979. Compensatory growth of tall fescue following drought.

- Agronomy Journal*, 71(4): 559-563.
- ISTA (International Seed Testing Association). 1996. International rules for seed testing. *Seed Science and Technology*, 29: 1-3.
- Jarillo, J.; Castillo, E.; Degollado-Hoyos, O.; Flores-de la Rosa, F.; Valles- de la Mora, B. y Hernández, R. 2013. Emergencia de semilla de piocho (*Melia azedarach* L.) sometida a diferentes tiempos de escarificación con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 17(3): 83-88.
- Jatt, T.; Suhail, M.; Abro, H. y Satar, A. 2007. Alleviating seed dormancy of *Tectona grandis* L. by temperature, plant growth regulators and inorganic salts. *Pakistan Journal of Botany*, 39: 2581-2583.
- Jurado, E. y Flores, J. 2005. ¿Is seed dormancy under environmental control or bound to plant traits? *Journal of Vegetation Science*, 16(5): 559-564.
- Kunert, N.; Schwendenmann, L. y Hölscher, D. 2010. Seasonal dynamics of tree sap flux and water use in nine species in Panamanian forest plantations. *Agricultural and Forest Meteorology*, 150 (3): 411-419.
- Liu, S. 1981. Problemas asociados con el vector: resistencia fisiológica y complejos de especies. OPS (Organización Panamericana de la Salud). *Publicación Científica*, 405: 39-46.
- Llamoza, L.; Duno de Stefano, R.; Meier, W.; Riina, R.; Stauffer, F.; Aymard, G.; Huber, O. y Ortiz, R. 2003. *Libro rojo de la flora venezolana*. Provita, Fundación Polar, Fundación Instituto Botánico de Venezuela Dr. Tobias Lasser. Caracas, Venezuela.
- Lozano, E.; Zapater, M.; Mamani, C.; Flores, C.; Gil, M. y Sühring, S. 2016. Efecto de pretratamientos en semillas de *Enterolobium contortisiliquum* (Fabaceae) de la selva pedemontana Argentina. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 51(1): 79-87.
- Manfrini, D. 2004. Análisis de vigor en semillas. Uruguay: INASE - Instituto nacional de semillas. *Revista Plan Agropecuario*, 111: 56-58.
- Malcolm, P.; Holford, P.; McGlasson, W. y Newman, S. 2003. Temperature and seed weight affect the germination peach rootstock seeds and the growth of rootstock seedlings. *Scientia Horticulturae*, 98(3): 247-256.
- Marroquín, C. 2018. Germinación, facilitación y competencia entre plantas del noreste de México y su relación con la filogenia. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, México.
- Matías, B.; Sierra, H.; Jiménez, I. y Rubira, P. 2004. Aplicación de métodos colorimétricos para la determinación de la viabilidad en semillas de "*Pinus pinae*": test de tetrazolio e índigo carmín. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, (17): 23-28.
- Merino-Valdés, M.; Andrés-Meza, P.; Leyva-Ovalle, O.; López-Sánchez, H.; Murguía-

- González, J.; Núñez-Pastrana, R.; Cebada-Merino, M.; Serna-Lagunes, R.; Espinosa-Calderón, A.; Tadeo-Robledo, M.; Sierra-Macías, M. y Del Rosario-Arellano, J. 2018. Influencia de tratamientos pre germinativos en semillas de chile manzano (*Capsicum pubescens* Ruiz & Pav.). *Acta Agronómica*, 67(4): 531-537.
- Mwang'Ingo, P.; Teklehaimanot, Z.; Maliondo, S. y Msanga, H. 2004. Storage and pre-sowing treatment of recalcitrant seeds of Africa sandalwood (*Osyris lanceolata*). *Seed Science and Technology*, 32: 547-560.
- Navarro, M.; Tzompa, R. y González, E. 2014. Propagación de *Echinocactus platyacanthus*: efectos del sustrato, viabilidad y escarificación de semillas. *Zonas Áridas*, 15(1): 31-47.
- Neri, J.; Collazos, R.; Oliva, M.; Huamán, E. y Vasquez, J. 2018. Aplicación de la escarificación física y mecánica en la emergencia y crecimiento de semillas de tara (*Caesalpinia spinosa*). *Revista de Investigación y Agroproducción Sustentable*, 2(3): 45-53.
- Nwoboshi, L. 1982. *Tropical silviculture: principles and techniques*. Ibadan University Press. Ibadan, Nigeria.
- Ortega-Baes, P.; de Viana, M.; Larenas, G. y Saravia, M. 2001. Germinación de semillas de *Caesalpinia paraguariensis* (Fabaceae): agentes escarificadores y efecto del ganado. *Revista de Biología Tropical*, 49: 27-30.
- Ortega, M.; Marchant, I.; Rivas, E., y Caro, B. 2008. Chemical scarification with sulfuric acid as pregerminative treatment for Toromiro (*Sophora toromiro* Skottsb.) seeds. *Forest Science and Research*, 14(1): 111-118.
- Pascualidades, A. y Ateca, N. 2013. Germinación y vigor de morfotipos de semillas de *Crotalaria juncea* L. (Fabaceae). *YTON*, 82: 313-319.
- Pañitrur, C.; Navarro, J.; Espejo, M. y Sandoval, A. 2021. Germinación, crecimiento y desarrollo de *Bulnesia chilensis* bajo diferentes tratamientos pre-germinativos. *Gayana Botánica*, 78(2): 121-130.
- Peng, R.; Christin, K. y Reilly, D. 2010. Weaver ants, *Oecophylla smaragdina* (Hymenoptera: Formicidae), as biocontrol agents on African mahogany trees, *Khaya senegalensis* (Sapindales: Meliaceae), in the Northern Territory of Australia. *International Journal of Pest Management*, 56(4): 363-370.
- Pérez, O. 2022. Germinación, emergencia y desarrollo inicial del árbol *Andira galeottiana* (Standl). Tesis doctoral. Departamento de Botánica, Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.
- Piroli, E.; Custódio, C.; Rocha, M. y Udenal, J. 2005. Germinação de sementes de canafístula *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. tratadas para superação da dormência. *Colloquium Agrariae*, 1: 13-18.
- Poulsen, K. y Stubsgaard, F. 2000. Tres métodos de escarificación mecánica de semillas

- de testa dura. Técnicas para la escarificación de semillas forestales. *Serie Técnica. Manual Técnico*, 36: 35.
- Ramadevi, J. y Rama Rao, G. 2005. Seed size on crop growth and pod yield in groundnut. *The Madras Agricultural Journal*, 92: 584-588.
- Rolston, M. 1978. Water impermeable seed dormancy. *The Botanical Review*, 44(3): 365-396.
- Sánchez-Urdaneta, A.; Ortega, I; Cano, I; González, A.; Peña-Valdivia, C.; Rivero, G.; Sthormes, G. y Pacheco, D. 2011. Efecto de la escarificación de la semilla y del sustrato sobre el crecimiento de plántulas de *Agave salmiana*. *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)*, 28(Supl. 1): 40-50.
- Saurina, J.; Melchor, V.; Berlanga, R.; Arnau, J.; Jover, A. y Suñol, J. 1998. Metodología de trabajo en el tratamiento de madera arqueológica subacuática. *Información Tecnológica*, 9: 87-95.
- Serratos, A. 2000. Aislamiento y caracterización de proteínas de las semillas maduras de *Enterolobium cyclocarpum* para su aprovechamiento alimenticio. Tesis doctoral. Postgrado Interinstitucional en Ciencias Pecuarias, Universidad de Colima. México D.F., México.
- Serratos, A.; Carreón-Amaya, J.; Castañeda-Vásquez, H.; Garzón, P. y García-Estrada, J. 2008. Composición químico-nutricional y de factores antinutricionales en semillas de parota (*Enterolobium cyclocarpum*). *Interciencia*, 33: 850-854.
- Sokal, R. y Rohlf, F. 2012. *Biometry: the principles and practice of statistics in biological research*. Fourth edition. W.H. Freeman and CO. New York, U.S.A.
- Somarriba, E. y Ferreiro, O. 1984. Efecto de tres tratamientos pregerminativos sobre la germinación y viabilidad de las semillas de *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq) Griseb. *Turrialba* 34(1): 99-101.
- Steinbrecher, T. y Leubner-Metzger, G. 2018. Mecánica tisular y celular de semillas. *Opinión actual en genética y desarrollo*, 51: 1-10.
- Tapia, A.; Romero, A.; Luque, V.; Aybar, S.; Gervasoni, P. y Allolio, P. 2014. Aplicación de diferentes tratamientos pre germinativos en la germinación de semillas de *Delonix regia* (Chivato). *Biología en Agronomía*, 4: 95-101.
- Trafane, L.; da Motta, X.; Suárez, C.; da Silva, A.; Géri, M. y Madruga, L. 2017. Tratamiento de semillas de soja y su influencia sobre la calidad fisiológica a lo largo del almacenamiento. *Agrociencia Uruguay*, 21: 58-69.
- Ugalde, L. 1997. Centro agronómico tropical de investigación y enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. *Recursos Naturales y Ambientales*, 41: 1-146.
- Velásquez, J.; Toro, M.; Rojas, L. y Encinas, O. 2006. Actividad antifúngica *in vitro* de los extractivos naturales de especies latifoliadas de la Guayana Venezolana. *Madera y Bosques*, 12(1): 51-61.

- Viveros, H.; Hernández, J.; Velasco, M.; Robles, R.; Montiel, C.; Aparicio, A.; Martínez, M.; Hernández, J. y Hernández, M. 2015. Análisis de semilla, tratamientos pre-germinativos de *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb., y su crecimiento inicial. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 6(30): 52-65.
- Viveros, H.; Quino, K.; Velasco, M.; Sánchez, G. y Velasco, E. 2017. Variación geográfica de la germinación en *Enterolobium cyclocarpum* en la costa de Oaxaca, México. *Bosque*, 38(2): 317-326.
- Yépez, F. y Arboleda, M. 2009. Promoción de la emergencia en urape (*Bauhinia monandra* Kurz) y retama (*Thevetia peruviana* (Pers.) Schum.), especies potenciales para la arboricultura urbana. *Bioagro*, 21(1): 15-22.
- Zavaleta-Mejía, E. y Lagunes-Fortíz, E. 2016. Papel de la lignina en la Interacción Planta-Nematodos Endoparasitarios Sedentarios. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 34(1): 43-63.

## HOJAS DE METADATOS

### Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 1/6

<b>Título</b>	Evaluación de la germinación y crecimiento de <i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.) Griseb. Y <i>Delonix regia</i> (Bojer ex Hook.) Raf. Usando tres métodos de escarificación de semillas
<b>Subtítulo</b>	

#### Autor (es):

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
Moreno C. Paola J.	<b>CVLAC</b>	24 594 435
	<b>e-mail</b>	<i>paolajmoreno95@gmail.com</i>
	<b>e-mail</b>	
	<b>CVLAC</b>	
	<b>e-mail</b>	
	<b>e-mail</b>	
	<b>CVLAC</b>	
	<b>e-mail</b>	
	<b>e-mail</b>	
	<b>CVLAC</b>	
	<b>e-mail</b>	
	<b>e-mail</b>	

#### Palabras o frases claves:

germinación
crecimiento
latencia
extremo micropilar
escarificación
testa

## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 2/6

### Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Ciencias	Biología

### Resumen (abstract):

Con el fin de evaluar la germinación y crecimiento de *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. y *Delonix regia* (Bojer ex Hook.) Raf., se estudió el porcentaje de germinación (%G) y crecimiento (longitud, vigor y biomasa) de semillas de ambas especies sometidas a 3 métodos de escarificación mecánica (corte en el extremo micropilar y corte opuesto al extremo micropilar), química (inmersión de 2 horas en H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 75% y de 5 horas) y física (2 min. y 10 min. en agua 100°C) durante 14 días. En general, los 2 primeros métodos optimizan el %G de *E. cyclocarpum* y *D. regia*; sin embargo, el método físico no resultó tan efectivo para las especies estudiadas. El crecimiento de ambas especies se vio favorecido por 2 métodos de escarificación, siendo más efectivos los tratamientos de escarificación en el extremo micropilar e inmersión por 2 horas en ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) al 75%. Para las plántulas de caro el corte en el extremo micropilar de las semillas indujo a una mayor longitud de raíz (Fs= 106,93; p= 0,0000), tallo (Fs= 144,23; p= 0,000) y total (Fs= 153,24; p= 0,000), en cambio para las plántulas de flamboyant la inmersión por 2 horas en H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 75% promovió a una longitud de raíz (Fs= 38,75; p= 0,0000), tallo (Fs= 49,03; p= 0,000) y total (Fs= 46,88; p= 0,000) siendo el tratamiento más eficiente para esta especie. El índice de vigor de las plántulas de *E. cyclocarpum* y *D. regia* fue superior en los tratamientos de escarificación con relación al control. Las variables de crecimiento (longitud, índice de vigor y biomasa) mostraron resultados parecidos en cuanto al tratamiento de escarificación en el extremo micropilar y el de 2h en ácido sulfúrico, de manera general dieron mejores resultados con relación a los demás tratamientos y al control. De estos métodos el más recomendable es la escarificación mecánica puesto que es menos riesgoso para la salud del humano.

## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 3/6

### Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail	
Franco S. Víctor A.	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input checked="" type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	12 660 201
	e-mail	<i>vafrancos@gmail.com</i>
	e-mail	
Véliz José	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	7 711 312
	e-mail	<i>velizja@gmail.com</i>
	e-mail	
Valerio José	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	11 655 957
	e-mail	<i>prof.rosanna.valerio@gmail.com</i>
	e-mail	
	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	

### Fecha de discusión y aprobación:

Año	Mes	Día
2023	01	20

Lenguaje: spa

## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 4/6

### Archivo (s):

Nombre de archivo	Tipo MIME
NSUTTG_MCPJ2023	Word 1997-2003

### Alcance:

**Espacial:** Nacional (Opcional)

**Temporal:** Temporal (Opcional)

### Título o Grado asociado con el trabajo:

Licenciado en Biología

**Nivel Asociado con el Trabajo:** Licenciado

**Área de Estudio:** Biología

### Institución (es) que garantiza (n) el Título o grado:

Universidad de Oriente, Núcleo de Sucre

# Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 5/6



UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
CONSEJO UNIVERSITARIO  
RECTORADO

CU N° 0975

Cumaná, 04 AGO 2009

Ciudadano  
**Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ**  
Vicerrector Académico  
Universidad de Oriente  
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda **"SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC N° 696/2009"**.

Leído el oficio SIBI – 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.

UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
SISTEMA DE BIBLIOTECA  
RECIBIDO POR *[Signature]*  
FECHA 5/8/09 HORA 5:30

Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

Cordialmente,

*[Signature]*  
JUAN A. BOLANOS CUNVELO  
Secretario

C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Teleinformática, Coordinación General de Postgrado.

JABC/YGC/mariuja

Apartado Correos 094 / Telfs: 4008042 - 4008044 / 8008045 Telefax: 4008043 / Cumaná - Venezuela

## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 6/6

**Artículo 41 del REGLAMENTO DE TRABAJO DE PREGRADO (vigente a partir del II Semestre 2009, según comunicación CU-034-2009):** “los Trabajos de Grado son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente, y sólo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo previamente al Consejo Universitario para su autorización”.



---

Paola J. Moreno C.  
AUTORA



---

Víctor A. Franco S.  
TUTOR