

Evaluación comparativa de la escarificación y del uso de reguladores de crecimiento en la propagación de especies nativas del estado de Guanajuato

Comparative evaluation of scarification and the use of growth regulators in the propagation of native species of the state of Guanajuato

Francisco Alejandro Barrientos Gómez¹, Alexa Monserrat Luna Mendoza¹, María del Rosario Vallejo García¹, Fernando Romero Montelongo¹, María Dolores Rubio Muñiz¹

¹ Escuela de Nivel Medio Superior de Silao, Universidad de Guanajuato.

fa.barrientosgomez@ugto.mx, am.lunamendoza@ugto.mx, mdr.vallejogarcia@ugto.mx, f.romero@ugto.mx, md.rubio@ugto.mx

Resumen

Se evaluó la efectividad de tres métodos de escarificación (mecánico, térmico y químico) para romper la latencia física de tres especies nativas de Guanajuato: *Parkinsonia aculeata*, *Hesperalbizia occidentalis* y *Erythrina coralloides*; esto durante 32 días. Se observa que el tratamiento mecánico es el mejor para *P. aculeata* con un 80% de germinación y una altura promedio de la plántula de 7.58 cm, 86.6% en *H. occidentalis* sin tratamiento y una altura promedio de la plántula 5.98 cm y 46.6% para *E. coralloides* en el tratamiento químico y una altura promedio de la plántula 7.04 cm. También se analiza el enraizamiento de esquejes en especies como *Ruellia simplex* y *Leucophyllum frutescens* bajo la influencia de reguladores de crecimiento como una mezcla de ácido α -naftalenacético - ácido indolbutírico (ANA-AIB) y ácido giberélico (GA), siendo GA el más efectivo para *R. simplex*, sin embargo, para *L. frutescens* transcurridos los 28 días de observación, los esquejes sin regulador de crecimiento (control) mantenían la mayor supervivencia con raíces apenas notorias.

Palabras clave: especies nativas, propagación, germinación, escarificación, enraizamiento, esquejes.

Introducción

Importancia ecológica y funcional de las especies vegetales nativas

La importancia ecológica y funcional de las especies vegetales nativas representa un aporte importante para el equilibrio y la salud del medio ambiente. "Para iniciar un proceso de restauración en áreas disturbadas, es importante seleccionar especies vegetales nativas que aporten diversidad funcional al ecosistema en recuperación y permitan el establecimiento de nuevos individuos hacia etapas sucesionales más avanzadas." (Cogollo *et al.*, 2020, párr.1). Las plantas autóctonas requieren de menos cuidados, pues estas se adaptan al clima y al ambiente de la zona donde se encuentran. Entre algunas de las plantas vegetales nativas se encuentran la papa, el maíz, la quinua, el frijol, el ají o chile, la yuca o mandioca y la oca.

Además de cumplir la extraordinaria función de ser reguladoras climáticas y de temperatura, actúan como protección para cuencas y cuerpos de agua. También son especies que proveen de nicho y hábitat a la fauna que sirve de polinizadora para su reproducción, contribuyendo así a la biodiversidad. También son relevantes porque sus características biológicas como el éxito reproductivo, los niveles de toxinas, la mortalidad y los niveles de población se pueden tomar como indicadores de la salud de una región, debido a su conexión con un sistema mayor (Fundación Red de Árboles, 2022, párr. 4). Las especies nativas también ofrecen servicios ecosistémicos a los servicios de apoyo, pues estas son fundamentales para la provisión, la regulación, soporte y cultura del bienestar de nuestro planeta.

Considerando la relevancia de estas especies para el equilibrio ecológico, resulta imperativo explorar estrategias que aseguren su conservación, restauración y reintroducción en ecosistemas donde se han visto disminuidas. En este contexto, las técnicas de propagación vegetal se presentan como herramientas clave para alcanzar estos objetivos.

Propagación vegetal como herramienta para conservación y reforestación

La producción vegetal es un proceso que puede ocurrir de dos formas: sexual y asexual. La sexual ocurre mediante la fusión de gametos, los cuales generan una semilla que crece y forma una planta, mientras que en la asexual no ocurre así. La reproducción asexual “Es un tipo de reproducción en donde una nueva planta proviene directamente de un solo progenitor, sin tener que pasar por la formación de gametos, de fecundación ni de semillas. Es decir, es una reproducción no sexual.” (Rothschuh, 2023, párr.2). Una ventaja de este tipo de reproducción es su rapidez y eficiencia, mientras que como desventaja se encuentra la falta de diversidad genética, la cual en la reproducción sexual se considera una ventaja. Por lo tanto, las dos son importantes, pues mediante la reproducción sexual tendremos plantas con variabilidad genética y adaptación, y por otro lado, con la reproducción asexual, la reproducción rápida de plantas.

La propagación vegetativa es el proceso de producción de una planta a partir de un tallo, una raíz, hojas o brotes de la planta madre, sin utilizar semillas. La propagación vegetativa se puede realizar debido a que muchas células de los tejidos diferenciados (maduros) de la planta conservan la totipotencialidad. Con esta característica una célula ya adulta puede desdiferenciarse (retomar la actividad meristemática) y multiplicarse dando origen a los órganos vegetativos (raíz, tallo y hojas) (John Deere, 2018, párr. 3).

A partir de estas herramientas de propagación, tanto sexual como asexual, surge la necesidad de comprender los factores que afectan los procesos clave en el establecimiento de nuevas plantas, como la germinación de semillas y esquejado. Este aspecto resulta fundamental para el éxito de los programas de conservación y restauración ecológica.

Factores que intervienen en la germinación de semillas y enraizamiento de esquejes

Tanto la germinación de semillas como el enraizamiento de esquejes son procesos fundamentales en la propagación vegetal, y ambos están fuertemente influenciados por factores internos y externos. En el caso de la germinación, la latencia puede impedir este proceso, ya sea por causas físicas, mecánicas o químicas en las semillas, lo que ha llevado al uso de técnicas como la escarificación (Varela & Arana, 2010, p. 3; Hartmann & Kester, 1997, pp. 145-147). De manera similar, en el enraizamiento de esquejes intervienen variables como el tipo de tejido, condiciones ambientales y la aplicación de reguladores de crecimiento como AIB o AIA, los cuales pueden mejorar significativamente la tasa de éxito (Hartmann & Kester, 1997, pp. 277-303; Ashok & Ravivarman, 2020, pp. 3053-3054).

Ambos procesos comparten la necesidad de condiciones específicas para activar el desarrollo vegetativo: mientras que en las semillas se requiere romper la latencia para iniciar la germinación, en los esquejes se debe estimular la formación de raíces a través de condiciones óptimas de humedad, temperatura, luz y fitohormonas. Así, la escarificación en semillas y el uso de auxinas en esquejes cumplen un papel equivalente como catalizadores fisiológicos que permiten superar barreras naturales para la propagación de las especies (Ruíz, 2022, pp. 50-52; Pantoja & Checa, 2012, p. 17). Esto demuestra que, tanto en la reproducción sexual como asexual, el entendimiento y manipulación de los factores involucrados es clave para optimizar la propagación vegetal.

Especies seleccionadas: características y potencial ecológico

Palo verde (*Parkinsonia aculeata*)

Es un árbol nativo de México, encontrándose en varias regiones del país principalmente en centro del país llega a medir hasta 10 m de altura con tronco en principio verde y luego agrietado, las hojas son brutalmente bipinnadas con raquis muy corto, sus flores son amarillas con 5 pétalos libres arrugados” (Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad [CONABIO], 2016).

Sabemos que las plantas forman parte muy importante de nuestro ecosistema, pues ayudan a darle vida a lo que conocemos, puesto a que “Se aprovecha como especie ornamental en zonas templadas y subtropicales, aunque ha sido categorizada como especie invasora en algunas regiones” (CONABIO, 2016).



Figura 1. Árbol de Palo verde.
Fuente: Imagen tomada de Enciclovida.

Colorín (*Erythrina coralloides*)

Este árbol es llamado colorín, originario de América y distribuido en México principalmente en los estados del sur o centro del país, llega a medir hasta 10 m de alto, su corteza es rugosa amarillenta armada y con espinas. Tiene hojas grandes con 3 folíolos lisos, deltoides, el central es más grande que los laterales. Las flores son rojas tubulares en racimos. El pedicelo es pubescente, el fruto es una vaina coriáceas negruzca, se abre para madurar y permanece con semillas rojas muy vistosas adheridas” (Dorado *et al.*, 2009-2012).

Cumple con la función de brindar refugio, extender el hábitat de varios animales y mejorar el ecosistema fijando nitrógeno al suelo.



Figura 2. Flor de Colorín.
Fuente: Imagen tomada de Enciclovida.

Palo blanco (*Hesperalbizia occidentalis*)

También conocido como “palo blanco”. Es un árbol que llega a medir de 6 m – 30 m de altura, tronco principal y ramas extendidas, de hojas caducas, copa redondeada; las hojas de 14 cm – 30 cm de largo. El fruto es una vaina dehiscente a lo largo de las dos suturas, plana, recta, ápice agudo, base redondeada, coriáceas, glabra, 8-14 semillas, las cuales son de color marrones, ovadas, de forma circular a elíptica, aréola característico color verde” (El Marqués, s.f.).



Figura 3. Árbol de palo blanco.
Fuente: Imagen tomada de Enciclovida.

Petunia mexicana (*Ruellia simplex*)

Es una especie de origen mexicano, mejor conocida como Petunia mexicana, que se puede encontrar desde el norte en Estados Unidos hasta los países de sudamericana. Sus principales características es que suele medir entre los 0,90 m a un 1 m de altura, tiene tallos verdosos y en forma cuadrada, sus flores tienen la forma de una trompeta, los colores más representativos son el color azul, morado o en algunos casos blanco con 5 pétalos.

Al igual que las demás plantas suele ser de importancia ornamental, por lo cual es muy fácil encontrarlos en las calles, jardines, etc. Ayuda a fortalecer el hábitat de otras especies y la biodiversidad (CONABIO, 2022).



Figura 4. Flor de Petunia mexicana.
Fuente: Imagen tomada de Enciclopedia.

Cenizo (*Leucophyllum frutescens*)

Esta especie pertenece al norte de México y Estados Unidos. Mayormente recibe el nombre de "salvia de Texas" o "cenizo". Para identificar se sabe que es un arbusto de tamaño pequeño a mediano, que crece hasta aproximadamente 1 - 2,5 m de alto y 0,8 - 1,5 m de ancho. Hojas simples, alternas, suaves y aterciopeladas, de color gris azulado, de hasta unos 2,5 - 3 cm de largo, márgenes lisos." (National Parks, 2022).

Esta especie tiene un valor ornamental y tiene usos medicinales, ayudando también al medio ambiente a estabilizar suelos y sirviendo de refugio para animales.



Figura 5. Cenizo en floración.
Fuente: Imagen tomada de Enciclopedia.

Estas especies fueron seleccionadas con base en su importancia ecológica, valor ornamental, utilidad en la restauración de hábitats y potencial de propagación. En el caso de algunas, como *Hesperalbizia occidentalis* y *Erythrina coralloides*, la información científica disponible es limitada, lo cual refuerza la urgencia de estudiarlas desde un enfoque biotecnológico y ecológico.

La presente investigación tiene la finalidad de estudiar qué métodos ayudan a la rápida germinación y enraizamiento de especies vegetales nativas, como una estrategia de conservación activa. Considerando que muchas de estas especies se enfrentan a riesgos de extinción por la pérdida de hábitat, el cambio climático y la introducción de especies exóticas invasoras, su propagación y reintroducción controlada puede representar una respuesta efectiva a estos retos ambientales.

Objetivo e hipótesis

Objetivo

Evaluar la eficacia de diferentes métodos de propagación sexual de *Parkinsonia aculeata*, *Erythrina coralloides* y *Hesperalbizia occidentalis* mediante el uso de tratamientos físicos, térmicos y químicos; y la reproducción asexual de *Ruellia simplex* y *Leucophyllum frutescens* mediante tratamiento de reguladores de crecimiento, con el fin de promover su conservación y aprovechamiento en reforestación comunal.

Hipótesis

El uso de tratamientos específicos de escarificación y reguladores de crecimiento vegetal incrementa significativamente la eficiencia de propagación sexual y asexual de especies nativas en comparación con tratamientos sin intervención.

Metodología

Selección y recolección de especies vegetales

Para la de propagación por semilla (sexual) se seleccionaron tres especies vegetales nativas con potencial ecológico y/o forestal enmarcadas en el Documento Técnico Base del Inventario de Especies vegetales del Estado de Guanajuato como Amenazadas como es el caso de *Erythrina coralloides* (Colorín) y *Hesperalbizia occidentalis* (Palo blanco), y *Parkinsonia aculeata* (Palo verde) enmarcada como de Preocupación menor. Las semillas fueron recolectadas manualmente durante su periodo de fructificación en zonas cercanas al municipio de Silao de la Victoria en el estado de Guanajuato, México. Se identificaron morfológicamente con base en claves taxonómicas y mediante la ayuda de las aplicaciones PlantNet y Enciclovida y se verificó su viabilidad por medio de la prueba de flotación, descartando las semillas vanas o dañadas obteniendo los porcentajes de viabilidad.

Para la propagación por esquejes (asexual) se seleccionaron dos especies nativas con valor ornamental y ecológico: *Ruellia simplex* (Petunia mexicana) y *Leucophyllum frutescens* (Cenizo). Las plantas madre se localizaron en áreas verdes presentes en la ENMS Silao, Guanajuato. Los esquejes se recolectaron en horario matutino para evitar estrés hídrico, se obtuvieron esquejes semileñosos de 10 cm de longitud, con al menos dos nudos visibles y sin signos de enfermedad. Se eliminaron las hojas basales y se conservaron únicamente de 1 a 2 hojas apicales para minimizar la transpiración, todos los cortes basales se realizaron en bisel con navaja estéril manteniendo el extremo inferior en agua hasta su implantación.

Propagación de especies vegetales

Propagación sexual

Escarificación

Se aplicaron tres tipos de escarificación por separado, además de un control (sin tratamiento), al terminar cada tratamiento se remojan las semillas en agua corriente por 24 h incluyendo el control.

- Escarificación mecánica (EM): Consistió en lijar manualmente el tegumento en la región opuesta al micrópilo, utilizando lija de grano medio (N° 100), hasta exponer ligeramente el endospermo sin dañar el embrión.
- Escarificación química (EQ): Se sumergieron las semillas en ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4 al 98%) durante 10 minutos, posteriormente, se enjuagaron en agua corriente cinco veces durante 2 minutos bajo agitación constante para eliminar residuos del ácido.
- Escarificación térmica (ET): Las semillas se colocaron en agua a 80 °C durante 10 minutos (las semillas se mantuvieron en remojo con el agua de calentamiento mencionado en el post tratamiento).

- Control (C): Semillas sin tratamiento.

Condiciones de germinación

Las semillas fueron sembradas en charolas forestales plásticas de 54 x 28 x 9 cm siendo cada cepellón cónico de 4 x 4 cm en la parte superior y 2 x 2 cm en la inferior en condiciones ambientales normales con luz solar indirecta. La humedad del sustrato compuesto por composta: fibra de coco: arena en proporción 2:1:1 se mantuvo constante mediante riego cada tercer día con agua pluvial recolectada.

Propagación asexual

Esquejado

Los esquejes recolectados fueron tratados según lo siguiente:

- Ácido giberélico (GA): Se impregnó alrededor de 2 cm del extremo inferior del esqueje con la hormona en polvo en concentración 10% en masa.
- Mezcla de ácido naftalenacético (ANA) y ácido indolbutírico (AIB): Se empleó una mezcla de 0.12% en masa de ANA y 0.06% en masa de AIB impregnado en mismas condiciones que ácido giberélico.
- Control (C): Esquejes sin tratamiento.

Condiciones de esquejado

Los esquejes fueron implantados en charolas forestales y condiciones idénticas a las mencionadas en las condiciones de germinación, en un sustrato de fibra de coco molida: perlita, cuya proporción es de 9:1 en cámara de esquejado compuesta por una bolsa plástica de polietileno transparente y postes de madera en las esquinas de la charola. La cámara de esquejes fue atomizada con agua de lluvia cada 4 días.

Evaluación de propagación de especies vegetales

Propagación sexual

Se evaluaron diariamente durante 32 días los siguientes parámetros:

- Porcentaje de germinación (PG): Relación entre el número de semillas emergidas y el total sembrado.
- Altura de plántula (AP): Altura de la plántula hasta los 32 días de medición.

Propagación asexual

El éxito de esquejado se determinó en base a enraizamiento y se obtuvo al día 28 extrayendo los cepellones y comprobando la formación de raíces obteniendo el porcentaje de éxito de esquejado.

Resultados y análisis

Las variables evaluadas en el presente proyecto fueron porcentaje de viabilidad de semillas por el método de flotación, cuyo significado representa las semillas viables dentro de la muestra total; porcentaje de germinación, la cual se contempla como semilla germinada a aquella con brote externo sea de 5mm y relaciona a la porción de semillas germinadas con el total de la muestra; altura de la plántula, siendo la medida desde el borde del sustrato hasta el ápice; y por último, enraizado presentado en esquejes donde el desarrollo de raíces es evidente y con ello la sobrevivencia y crecimiento de la planta.

Prueba de viabilidad

Los resultados en esta prueba encontramos un 100% de semillas viables para *Parkinsonia aculeata*, 99.2% para *Erythrina coralloides* y 97.1% para *Hesperalbizia occidentalis*, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 1. Resultados de la prueba de viabilidad para las especies *Parkinsonia aculeata*, *Erythrina coralloides* y *Hesperalbizia occidentalis*.

Parámetro	<i>Parkinsonia aculeata</i>	<i>Erythrina coralloides</i>	<i>Hesperalbizia occidentalis</i>
Tamaño de la muestra (No. de semillas)	330	139	387
Porcentaje de viabilidad (%)	100	99.2	97.1



Figura 6. Semillas de las especies *Parkinsonia aculeata* (izquierda), *Erythrina coralloides* (centro) y *Hesperalbizia occidentalis* (derecha).



Figura 7. Prueba de viabilidad para la especie de *Erythrina coralloides*.

Porcentaje de germinación y altura de plántulas

Los resultados para *P. aculeata* muestran que, para esta investigación, el tratamiento mecánico demuestra ser el más efectivo con un porcentaje de germinación de 100, por encima del tratamiento térmico con un 80%, mientras que el tratamiento químico y el control tuvieron una nula germinación. Este resultado difiere de los resultados obtenidos por las investigaciones anteriormente presentadas, en las que el tratamiento más efectivo fue la escarificación térmica. La diferencia en el promedio de crecimiento de ambos tratamientos efectivos es mínima.



Figura 8. Porcentaje de germinación vs tratamiento (izquierda) y promedio de altura de plántulas vs tratamiento (derecha) de *Parkinsonia aculeata*.

Sobre *Parkinsonia aculeata* previamente se han realizado estudios de germinación. Flores *et al.* (2024) encontraron que, en su investigación, el tratamiento más efectivo fue el de escarificación hidrotérmica, en el que se realizó una inmersión de semillas en agua a 80° durante 30 minutos, siendo que las semillas comenzaron a germinar a los 6 días de iniciado el tratamiento, el cual duró un total de 30 días (2024, p.4). Los resultados exactos que se obtuvieron son los siguientes:

"Las semillas de *P. aculeata* presentaron un mayor porcentaje de germinación total a los 30 días en el tratamiento EH (45.71 % $\pm$ 1.26 media $\pm$ ee), seguido de EM (22.89 % $\pm$ 3.90), EQ (16.73 % $\pm$ 14.61), y T (4.23 $\pm$ 2.41)." (2024, p.6), refiriéndose con EH a la escarificación hidrotérmica, EM a la escarificación mecánica, EQ la escarificación química y T al testigo o control (sin tratamiento).

Ruíz (2022) llevó a cabo otra investigación con *P. aculeata*, en su caso, llevando a cabo tratamientos pre-germinativos mediante procesos de escarificación, mediante el uso de ácido sulfúrico (98,08ppm), peróxido de hidrógeno y agua a 100°, cada uno de ellos teniendo distintas muestras con distintos tiempos de inmersión (2022, pp.48-49). Este estudio concuerda con el realizado por Flores *et al.* (2024), ya que de igual forma el tratamiento térmico fue el más efectivo con un 65% de germinación en 5 minutos, 57% en 15 minutos y 42% en 20 minutos, señalando que la efectividad del tratamiento disminuye entre más tiempo dure la inmersión (Ruíz, 2022, pp. 50-52). En este estudio no se consideró la escarificación mecánica.

Ruíz *et al.* (2024) realizaron una investigación similar a la hecha por Ruíz (2022), llegando a los mismos resultados. "El tratamiento con la mejor respuesta fue la inmersión en agua durante 5 min con una germinación acumulada de 64 $\pm$ 3.65%, la cual es cuatro veces superior al tratamiento testigo" (Ruíz *et al.*, 2024, p. 166); "los eventos de germinación se concentraron a partir del día 4" (2024). El tratamiento mediante peróxido de hidrógeno fue el menos efectivo (16.5% (2024)).

Flores *et al.* (2024, p. 7) mencionan que otros estudios han indicado mayor efectividad mediante otros tratamientos (químico y mecánico), por lo que es importante seguir estudiando la efectividad de los diversos métodos de escarificación en esta especie, así como las condiciones específicas bajo las cuales se deben llevar a cabo los procesos de escarificación, puesto a que Flores *et al.* (2024) difiere con Ruíz (2022) y Ruíz *et al.* (2024) en la temperatura y en el tiempo al que sometió a *P. aculeata* a su tratamiento.

Los resultados en el caso de *H. occidentalis*, muestran que el control resulta tener el porcentaje de germinación más alto con un 86.6%, superando al mecánico que tiene un porcentaje de 66.6% y al químico con un 60%. No hay una diferencia significativa entre el tratamiento mecánico y químico de esta especie.

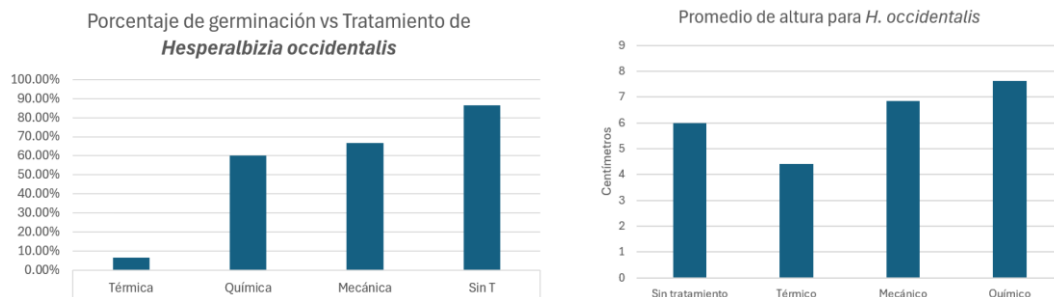


Figura 9. Porcentaje de germinación vs tratamiento (izquierda) y promedio de altura de plántulas vs tratamiento (derecha) de *Hesperalbizia occidentalis*.

Para el caso de *Hesperalbizia occidentalis*, Solano (2023, pp. 9-10) realizó una escarificación mecánica mediante el lijado del tegumento y remojo durante aproximadamente 24 horas, así como una escarificación química mediante inmersión en ácido sulfúrico al 98% durante varios minutos dependiendo de la especie. En este caso, el tratamiento químico resultó ser más efectivo, teniendo un porcentaje de germinación del 66%, en comparación al porcentaje de germinación de la escarificación mecánica con un 36%. Esta investigación no consideró la escarificación térmica.

Jesús *et al.* (2023, pp. 281-282) realizaron procesos de escarificación con *H. occidentalis*. Para la escarificación mecánica una porción de 1mm del tegumento, para escarificación térmica sumergieron las semillas en agua a 80° por 4 minutos y para la escarificación química hicieron una inmersión de las semillas en ácido sulfúrico al 98% durante 20 minutos. Como resultado, el tratamiento con el mayor porcentaje de germinación fue la escarificación mecánica con un $98 \pm 2.3\%$, seguida de la escarificación química con un $91 \pm 6.8\%$ y finalmente la escarificación térmica con un 0%.

A diferencia de *P. aculeata*, la información sobre *H. occidentalis* es muy escasa. En los estudios aquí presentados se encuentra información contrastante, puesto a que mientras Solano (2023) indica una mayor efectividad en el caso de la escarificación química, Jesús *et al.* (2023) encuentran que la escarificación mecánica es más efectiva, aunque con poca diferencia respecto a la escarificación química. Se necesita obtener más datos especialmente de la escarificación térmica, puesto a que Solano (2023) no tuvo en cuenta este tipo de escarificación y Jesús *et al.* (2023) encontró una efectividad nula de su parte.

Por último, para *E. coralloides* podemos darnos cuenta de lo complejo que es romper su latencia, ya que el % de germinación más alto es el de 53.3 (químico), por debajo de los tratamientos con mayor porcentaje de las especies anteriores. Tanto el tratamiento térmico como mecánico germinan con una efectividad del 13.33%. Solo un 6.6% del control germinó. El tratamiento con mayor promedio de crecimiento es el mecánico.

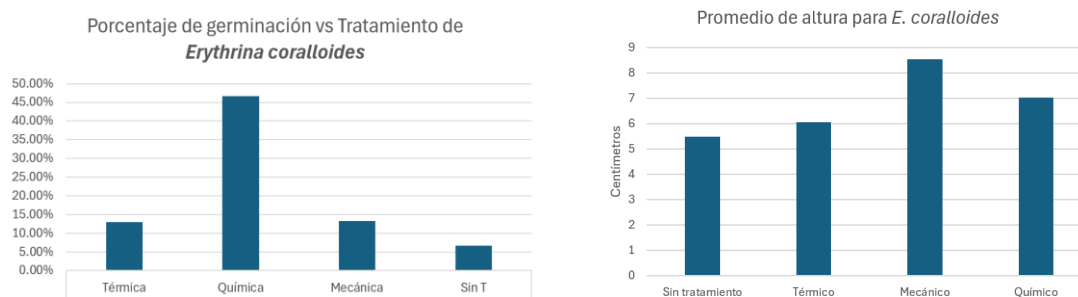


Figura 10. Porcentaje de germinación vs tratamiento (izquierda) y promedio de altura de plántulas vs tratamiento (derecha) de *Erythrina coralloides*.

Solano (2023, pp. 10-11) encuentra en el caso de *Erythrina coralloides* una mayor efectividad por parte de la escarificación mecánica con un porcentaje de germinación del 77%, seguido de un 10% para la escarificación química.

Rodríguez *et al.* (2019 p. 15) realizaron un lijado del tegumento como escarificación mecánica, sumergió las semillas en agua a 35 y 60°C durante 30 y 70 minutos, teniendo así cuatro tratamientos térmicos, así como un tratamiento químico con ácido sulfúrico al 98% durante 30 minutos, también se llevó a cabo un tratamiento por medio de un quemador incandescente (cautín) por 2 y 5 segundos. Como resultado, Rodríguez *et al.* (2019, pp. 5-7) encontraron que el tratamiento con agua a 35°C por 70 minutos fue el más efectivo con un 52%, mientras que la escarificación mecánica fue la menos efectiva con un porcentaje de germinación del 12%, inferior al grupo de control, el tratamiento químico no presentó diferencias respecto al control teniendo un 37% de efectividad.

Nuevamente, la información encontrada sobre *E. coralloides* es muy escasa, por lo que son necesarias más investigaciones. De igual forma, se encuentra una contradicción, ya que mientras que Solano (2023) encuentra una mayor efectividad en el tratamiento mecánico, para Rodríguez *et al.* (2019) resulta ser el menos efectivo en comparación, además, Solano (2023) no llevó a cabo un proceso de escarificación térmica.

Éxito de enraizamiento en esquejes

Acerca de los tratamientos para los esquejes, el % de supervivencia favorece al uso de GA en el caso de la especie *R. simplex* con 75%, el tratamiento con ANA-AIB muestra un nulo enraizamiento, por debajo del control con 50% para este último mencionado. Los esquejes con enraizamiento notable también presentaban brotes nuevos, como los que se muestran en la figura 11.



Figura 11. Esqueje exitoso de *R. simplex* dónde en la izquierda se notan nuevos brotes y en la derecha un sistema radicular abundante obtenido con impregnación de ácido giberélico.

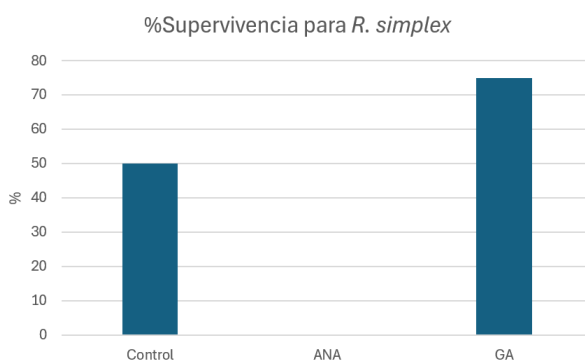


Figura 12. Porcentaje de supervivencia en los esquejes para *R. simplex*.

Finalmente, acerca de *L. frutescens* tuvo un 100% de supervivencia, aunque presentó una raíz poco notoria, mientras que el tratamiento con ANA tuvo un 85.7%, por lo que, considerando lo anterior, resulta ser el más efectivo. Por su parte, el tratamiento con GA resulta ser menos efectivo con un 37.5% de supervivencia.



Figura 13. Cámara de enraizamiento para esquejes de *L. frutescens*.

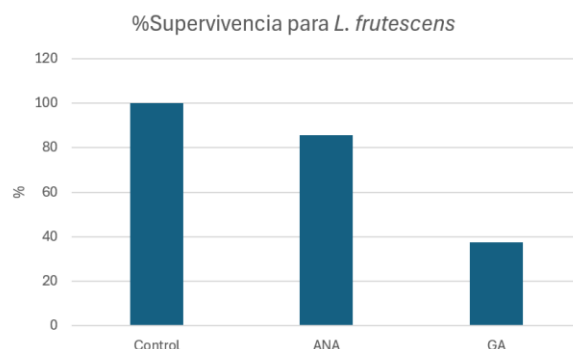


Figura 14. Porcentaje de supervivencia en los esquejes para *L. frutescens*.

Con el objetivo de efectuar mejores esquejes se suelen usar reguladores de crecimiento, siendo los más usados el ácido indolacético (AIA) y el ácido indolbutírico (AIB), que estimulan el enraizamiento. Sin embargo, estos reguladores no siempre son efectivos, por lo que para algunas especies se puede recurrir a otras opciones (Hartmann & Kester, 1997, pp. 277-303).

Ashok & Ravivarman (2020, pp. 3053-3054) realizaron un estudio acerca del enraizamiento de esquejes en el caso de *Leucophyllum frutescens* haciendo uso de AIB en diferentes concentraciones, como resultado, los esquejes con una mayor concentración de AIB tuvieron un mayor porcentaje de enraizamiento que los de menor concentración, siendo que el grupo con 3000ppm tuvo un 79.15% de enraizamiento, mientras que el grupo con 500ppm tuvo un 55.65%. El control tan solo tuvo un 30.3% de enraizamiento. Entre mayor era este porcentaje, mejor era el desarrollo de la planta, teniendo un mayor tamaño, un mayor número de yemas y de hojas y tardando menos en brotar.

Zeb & Amin (2022, pp. 1162-1169) realizaron esquejes en los que, entre otras cosas, también analizaron la influencia del uso de AIB en el enraizamiento de *L. frutescens*, con concentraciones de 2000, 4000, 6000 y 8000ppm, yendo de un 36.85 hasta 40.37% de supervivencia según se aumenta la concentración. Del mismo modo aumentaba la cantidad de hojas y raíces. El control tuvo un 36.12% de supervivencia.

Con las dos investigaciones presentadas podemos concluir que una mayor concentración de AIB resulta ser bastante efectiva para un mejor enraizamiento y mayor supervivencia en la especie *L. frutescens*.

La información que se encontró respecto al enraizamiento de esquejes para *L. frutescens* fue escasa y no se encontraron investigaciones acerca de la influencia del AIA. Sobre la *Ruellia simplex* no se encontró información tanto para el AIB como para el ANA. Lo anterior demuestra una alta necesidad por obtener más investigación sobre el enraizamiento en estas dos especies.

Conclusiones

- La aplicación de tratamientos específicos de escarificación mecánica y química incrementaron significativamente el porcentaje de germinación en la especie *Parkinsonia aculeata* y *Erythrina coralloides*, respectivamente.
- La escarificación física, térmica o química en *Hesperalbizia occidentalis* no muestra beneficio para la germinación de la especie, el remojo de 24 horas es el adecuado para su óptima germinación.
- La aplicación de ácido giberélico favoreció significativamente el proceso de enraizamiento en *R. simplex*, no así con *L. frutescens*, el cual tiene mayor sobrevivencia sin el uso de regulador de crecimiento, cabe mencionar que tras 28 días de observación las raíces son poco notorias, se recomienda seguimiento de observación por al menos 15 días siguientes.
- *Erythrina coralloides*, presenta la menor tasa de germinación de las especies, sin embargo, al aplicar tratamientos específicos de escarificación, fue posible aumentar significativamente su tasa de propagación, lo que sugiere que estas técnicas pueden ser estratégicas para su conservación.
- Los resultados nos muestran datos que pueden llegar a diferir mucho de la literatura revisada en la discusión, por lo que es evidente la necesidad de continuar realizando estudios sobre las especies presentadas, considerando también que la información disponible sobre estas plantas es considerablemente escasa.

Bibliografía/Referencias

- 53-oleac1m.pdf. (s.f.). http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/53-oleac1m.pdf
- Ashok, A. & Ravivarman, J. (2020). Influence of Indole-3-Butyric Acid on Root Promotion on Vegetative Propagation of *Leucophyllum frutescens* under Mist Chamber of Semi-arid Tropic Region. *Internacional Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 9(7), 3052-3056. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2020.907.360>
- Bendezú, O. (2015). Propagación vegetativa de *Stevia rebaudiana bertonii* con aplicación de ácido indolacético - Satipo. (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional del Centro del Perú. <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/3988>
- Cervantes, A. (2016). Colorín. iNaturalistMX. <https://mexico.inaturalist.org/taxa/206531-Erythrina-coralloides>
- Cogollo, A., Velazco, P. & Manosalva, L. (2020). Caracterización funcional de plantas y su utilidad en la selección de especies para la restauración ecológica de ecosistemas altoandinos. *Biota Colombiana*, 21(1), 1-15. https://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0124-53762020000100001&script=sci_arttext
- De la Cuadra, C. (1992). Germinación, latencia y dormición de semillas. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. *Instituto Nacional de Reforma y Desarrollo Agrario*, (3), 1-24. https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1992_03.pdf
- Domínguez, N. (s.f). *Parkinsonia aculeata*. Enciclovida. <https://enciclovida.mx/especies/185362.pdf?from=>
- Flores, A., Rodríguez, Y., Vargas, Á. & Pérez, Z. (2024). Germinación de semillas de leguminosas arbóreas para la forestación de parques en villa Hidalgo, Zacatecas. México. *Árido-Ciencia*, 9(2), 3-9. fcbujed.com/aridociencia/numeros/2024/VIXN2/articulo1.pdf
- Fundación Red de Árboles. (2022). ¿Qué son las especies nativas y por qué son importantes? <https://www.reddearboles.org/noticias/nwarticle/591/1/que-son-especies-nativas-porque-son-importantes>
- Hartmann, H. & Kester, D. (1997). Propagación de semillas (5a ed.). Compañía editorial continental, S.A. de C.V. México.
- iNaturalistMX. (s.f). Cenizo. <https://mexico.inaturalist.org/taxa/123118-Leucophyllum-frutescens>
- Jesús, J., Cisneros, A., Tamayo, R., Girón, D., Luna, H. & Cambrón, V. (2023). Effect of Pre-Germinative Treatments on Eight Priority Native Species for Reforestation in the Tropical Deciduous Forest. *Conservation of the Socio-Ecological Environment in Urban Areas: From Theoretical Investigations to Novel Technological Solutions*, 3(2), 277-290. <https://doi.org/10.3390/conservation3020019>
- John Deere. (2018). ¿Qué es la Propagación Vegetativa? <https://www.gimtrac.com.mx/node/1354>

- Matías, M. (2022). Petunia Mexicana. INaturalistMx. <https://mexico.inaturalist.org/taxa/126633-Ruellia-Simplex>
- Obando, F. (2010). Evaluación de tres tipos de auxinas; ácido indolacético, ácido naftalenacético y ácido indolbutírico para el enraizamiento de esquejes en dos variedades de clavel (*Dianthus caryophyllus* L.) en AGRORAB CIA. LTDA Pujili - Ecuador. Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. UTC. Latacunga. 101 p. <https://repositorio.utc.edu.ec/items/5339bc1a-3753-4462-97f9-787fefe18851>
- Pantoja, L. & Checa, T. (2012). Evaluación del efecto de tres fitoreguladores en el enraizamiento de esquejes de *Cephalocereus senilis* (How) Pfeiff bajo condiciones de invernadero. Informe final Trabajo de Grado. Universidad de Nariño, Pasto, Colombia. <https://sired.udenar.edu.co/1306/>
- Reyes, A. (2025). Métodos de escarificación para la germinación de *Canavalia ensiformis* en la provincia de Santa Elena. Universidad estatal península de Santa Elena. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/13009>
- Rodríguez-Guadarrama, H. A., García-Trejo, J. F., Guzmán-Cruz, R. & Feregrino-Pérez, A. A. (2019). Efecto del método de escarificación sobre el porcentaje de germinación en semillas (*Erythrina americana* Miller). *Perspectivas De La Ciencia y La Tecnología*, 2(3), 12-21. <https://revistas.uaq.mx/index.php/perspectivas/article/view/188>
- Rojas, J. (2023). Parkinsonia aculeata (Mexican palo-verde). CABI Digital Librar. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full10.1079/cabicompendium.38519>
- Rothschuh, U. (2023). Reproducción asexual en las plantas: qué es, tipos y ejemplos. BIOenciclopedia. https://www.bioenciclopedia.com/reproduccion-asexual-en-las-plantas-que-es-tipos-y-ejemplos-800.html?utm_source=chatgpt.com
- Ruíz, L. (2022). Germinación y reproducción de especies leñosas del matorral espinoso tamaulipeco del noreste de México. (Tesis de Doctorado). Universidad Autónoma de Nuevo León. <http://eprints.uanl.mx/29978/>
- Ruíz, L., Sigala, J., Alanís, E., Molina, V. & Basave, E. (2024). Tratamientos que promueven la germinación de semillas de cinco especies leñosas del Matorral Espinoso Tamaulipeco con latencia física. *Polibotánica*, (58), 159-170. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.58.11>
- Solano, J. (2023). Cuidado y producción de vegetación de especies nativas en el municipio de Santiago de Querétaro. Universidad Autónoma Metropolitana. <https://repositorio.xoc.uam.mx/jspui/handle/123456789/40955>
- Torres, E. (s.f). Colorín. Enciclovida. <https://enciclovida.mx/especies/186003-erythrina-coralloides>
- Varela, S. & Arana, V. (2010). Latencia y germinación de semillas. Tratamientos pre-germinativos. *Sistemas forestales integrados*, (3), 1-10. [listas.exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Latenciaygerminaciondesemillas.pdf](https://repositorio.exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Latenciaygerminaciondesemillas.pdf)
- Zeb, Z. & Amin, N. (2022). Influence of Planting dates, Cutting types and IBA Concentrations on Rooting of Silvery (*Leucophyllum frutescens*). *Sarhad Journal of Agriculture*, 38(4), 1160-1171. <https://dx.doi.org/10.17582/journal.sja/2022/38.4.1160.1171>