

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES



**GERMINACIÓN Y REPRODUCCIÓN DE ESPECIES LEÑOSAS DEL
MATORRAL ESPINOSO TAMAULIPECO DEL NORESTE DE MÉXICO**

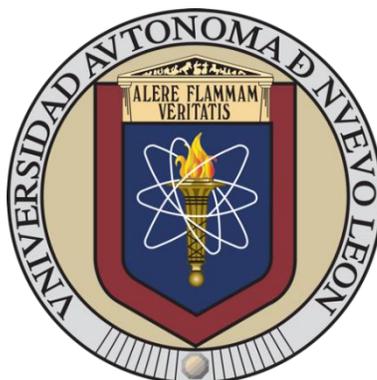
POR

LUIS DANIEL RUÍZ CARRANZA

**Como requisito parcial para obtener el grado de
DOCTOR EN CIENCIAS CON ORIENTACIÓN EN MANEJO DE RECURSOS
NATURALES**

JUNIO 2022

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO



**GERMINACIÓN Y REPRODUCCIÓN DE ESPECIES LEÑOSAS DEL
MATORRAL ESPINOSO TAMAULIPECO DEL NORESTE DE MÉXICO**

POR

LUIS DANIEL RUÍZ CARRANZA

**Como requisito parcial para obtener el grado de
DOCTOR EN CIENCIAS CON ORIENTACIÓN EN MANEJO DE RECURSOS
NATURALES**

JUNIO 2022

**GERMINACIÓN Y REPRODUCCIÓN DE ESPECIES LEÑOSAS DEL
MATORRAL ESPINOSO TAMAULIPECO DEL NORESTE DE MÉXICO**

Aprobación de tesis

Dr. Eduardo Alanís Rodríguez

Director

Dr. Javier Jiménez Pérez

Codirector

Dr. Oscar Alberto Aguirre Calderón

Asesor

Dr. Gerardo Cuellar Rodríguez

Asesor

Dr. Víctor Manuel Molina Guerra

Asesor externo

JUNIO 2022

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el apoyo económico otorgado para la realización de mis estudios.

A la Universidad Autónoma de Nuevo León y la Facultad de Ciencias Forestales, por abrirme las puertas para poder realizar mis estudios y brindarme todas las facilidades para llevar a cabo esta investigación.

A todos los Profesores de la Facultad de Ciencias Forestales por la enseñanza y conocimientos transmitidos.

Agradezco muy especialmente al Dr. Eduardo Alanís Rodríguez por dirigir este trabajo de tesis, por el apoyo que me brindó en revisiones y por las sugerencias para la investigación.

Al Dr. Javier Jiménez Pérez por facilitarme las instalaciones del vivero de la facultad y formar parte de mi comité de tesis.

A los doctores Oscar Alberto Aguirre Calderón y Gerardo Cuellar Rodríguez por formar parte del comité y por el apoyo que me brindaron en la revisión de tesis y seminarios.

Al Dr. Víctor Manuel Molina Guerra por su buena disposición como asesor externo, por sus comentarios y revisiones realizadas en la investigación y en los seminarios.

A la Dra. Inés Yáñez y el Ing. Manuel Soto por su gran ayuda y disposición al brindar acceso a las instalaciones y equipo.

A mis compañeros Ana Maria Patiño y Jesus Silva, por su ayuda y consejos durante el desarrollo de esta investigación.

A mis compañeros de Cóbano, Adrian, Samuel, Aldair, Berenice, Brenda, Israel, y especialmente a Vianey, por todo el apoyo que me han brindado durante esta etapa de mi vida.

DEDICATORIA

A DIOS

Por darme la oportunidad de vivir y permitirme cumplir esta meta.

A MI PADRE

Samuel Ruiz por su gran apoyo y por enseñarme a luchar por mis metas.

A MI MADRE

Saraí Carranza por la gran motivación que me dio y por darme palabras de aliento para seguir adelante.

A MIS HERMANOS

Samuel (†), Wil y Jaime, les agradezco el apoyo incondicional y la confianza que me han brindado.

A MI FAMILIA

Con mucho amor para mi esposa Rocio y mis hijos Nao, Dani y Toni, por motivarme y darme la fuerza necesaria para seguir luchando.

ÍNDICE

Resumen	9
Abstract	10
Introducción	12
OBJETIVO	15
General	15
Particulares	15
DESCRIPCIÓN DE ESPECIES CONSIDERADAS EN ESTE ESTUDIO	16
<i>Ebenopsis ebano</i>	16
<i>Havardia pallens</i>	17
<i>Parkinsonia aculeata</i>	18
<i>Prosopis laevigata</i>	19
<i>Vachellia farnesiana</i>	20
Capítulo I	22
Efecto de diferentes condiciones de cobertura de copa en la regeneración de especies leñosas del matorral espinoso tamaulipeco	22
Resumen	23
Abstract:.....	23
Introducción	24
Materiales y Métodos.....	25
Área de estudio.....	25
Evaluación en campo.....	26
Análisis de la información.....	27
Resultados	30
Discusión	34
Conclusiones	36
Referencias	36
Anexo 1.....	40
Capítulo II	42
Evaluación de diferentes tratamientos pregerminativos de cinco especies leñosas del matorral espinoso tamaulipeco	42
Resumen	43
Capítulo III	63
Evaluación de diferentes tratamientos de vivero para la reproducción de cuatro especies leñosas del matorral espinoso tamaulipeco del noreste de México ..	63
Resumen	64

Abstract	65
Introducción	66
Materiales y métodos	67
Área de estudio.....	67
Metodología	68
Análisis de datos	69
Resultados	70
Discusión	75
Conclusiones	77
Referencias	78

Índice de tablas

Capítulo I: Efecto de diferentes condiciones de cobertura de copa en la regeneración de especies leñosas del matorral espinoso tamaulipeco.

Tabla I. 1. Densidad de individuos promedio de regeneración por sitio de 100 m ² . Letras diferentes indican diferencia significativa ($p \geq 0,05$). Donde “de” es desviación estándar.	31
Tabla I. 2. Densidad e IVI de las especies de regeneración en tres condiciones de cobertura.....	31
Tabla I. 3. Listado florístico del área de estudio.....	40

Capítulo II: Evaluación de diferentes tratamientos pregerminativos en cinco especies leñosas del matorral espinoso tamaulipeco.

Tabla II. 1. Especies leñosas de la familia Fabaceae del MET utilizadas.	48
Tabla II. 2. Tratamientos pregerminativos en cinco especies leñosas del MET.	49

Capítulo III. Evaluación de diferentes tratamientos en vivero para la producción de cuatro especies leñosas del matorral espinoso tamaulipeco en el noreste de México

Tabla III. 1. Especies leñosas de la familia Fabaceae del MET utilizadas.	68
Tabla III. 2. Tratamientos de reproducción de planta en vivero.	69

Índice de figuras

Capítulo I: Efecto de diferentes condiciones de cobertura de copa en la regeneración de especies leñosas del matorral espinoso tamaulipeco.

Figura I. 1. Localización del área de estudio.....	26
Figura I. 2. Modelo de ordenación Bray-Curtis de las áreas evaluadas de regeneración.....	33

Capítulo II: Evaluación de diferentes tratamientos pregerminativos en cinco especies leñosas del matorral espinoso tamaulipeco.

Figura II. 1. Ubicación de sitios de recolección de semilla.....	47
Figura II. 2. Curvas de germinación acumulada de semillas de especies arbóreas del MET sometidas a diferentes tratamientos de escarificación: T (testigo), ao (Peróxido de hidrógeno), A (agua 100°C) y AC (ácido Sulfúrico). 51	
Figura II. 3. Porcentaje de germinación a través de los diferentes tratamientos pregerminativos en semillas de cinco especies arbóreas del Matorral Espinoso Tamaulipeco. Letras diferentes presentan diferencias significativas $p < 0.05$ (a, b, c, d).....	53

Capítulo III. Evaluación de diferentes tratamientos en vivero para la producción de cuatro especies leñosas del matorral espinoso tamaulipeco en el noreste de México.

Figura III. 1. Mapa del área de estudio	67
Figura III. 2. Resultado de diámetro por tratamiento de luz y sustrato.....	73
Figura III. 3. Resultado de altura por tratamiento de luz y sustrato.....	74
Figura III. 4. Resultado de índice de calidad de Dickson por tratamiento de luz y sustrato	75

Resumen

El Matorral Espinoso Tamaulipeco (MET) se ha visto fuertemente afectado por el cambio de uso del suelo para realizar diferentes actividades como el desarrollo de proyectos de infraestructura, agricultura, ganadería, y minería, entre otras. Es por ello que en la actualidad se presentan áreas de vegetación secundaria con diferente estructura y cobertura de copa. La estructura de esta comunidad vegetal es de interés para la investigación, dado que las especies forestales del MET son de gran importancia socioeconómica en las regiones del noreste del país, por lo que tratar de recuperar los espacios con especies nativas es trascendental para mejorar las condiciones económicas de quienes las aprovechan y del ecosistema donde se presentan. En los últimos años se han implementado diversas acciones para tratar de mitigar y compensar la afectación a este componente ambiental, entre las cuales destaca la reforestación con especies nativas de esta comunidad vegetal, sin embargo, frecuentemente es difícil conseguir la variedad de especies en viveros, ya que principalmente, los viveros locales se enfocan en la reproducción de planta de especies ornamentales. Partiendo de esta problemática detectada en tan importante comunidad vegetal se realizaron las siguientes investigaciones para poder recomendar las especies con mayor potencial para su producción en vivero y por ende ser utilizadas en actividades de reforestación del MET. Para determinar el efecto de la cobertura de copa en la regeneración del MET se evaluó la densidad, riqueza específica, índice de diversidad verdadera de Shannon e Índice de Valor de Importancia (IVI) de la regeneración de especies leñosas, de acuerdo con tres condiciones de cobertura de copa del estrato alto (matorral maduro). En esta área evaluada se registraron 22 especies, siendo la familia Fabaceae la mejor representada, 5 especies presentaron preferencia por alguna condición de cobertura de copa. *Croton incanus*, es la especie con mayor IVI. Diversidad, densidad, riqueza no mostraron diferencias significativas de acuerdo con las 3 condiciones de cobertura establecidas. Al evaluar tratamientos pregerminativos mediante la velocidad y porcentaje de germinación se encontró que la mayor cantidad de semillas germinadas fue durante el tercer y el octavo día. Los tratamientos mostraron

diferencias entre ellos y entre las especies. Los mejores tratamientos fueron: para *Havardia pallens* con 98% y *Prosopis laevigata* con 97.5% de germinación, utilizando ácido sulfúrico por un lapso de 5 min, *Ebenopsis ebano* con 97.5 % utilizando ácido sulfúrico por 25 min. Utilizando agua a 100°C *Parkinsonia aculeata* obtuvo 64 % con semillas sumergidas por cinco minutos y finalmente *Vachellia farnesiana* obtuvo el 23.5% de germinación con agua a 100° C por 25 min. Se seleccionaron cuatro especies *Ebenopsis ebano*, *Parkinsonia aculeata*, *Prosopis laevigata*, y *Vachellia farnesiana* para su evaluación en vivero con tres tipos de suelo y tres intensidades de luz.

Abstract

The Tamaulipan Thorn Scrub (MET) has been strongly affected by the change in land use to carry out different activities such as the development of infrastructure projects, agriculture, livestock, and mining, among others. That is why there are currently areas of secondary vegetation with different structure and crown coverage. The structure of this plant community is of interest for research, since the forest species of the MET are of great socioeconomic importance in the northeastern regions of the country, so trying to recover the spaces with native species is transcendental to improve conditions. of those who take advantage of them and of the ecosystem where they occur. In recent years, various actions have been implemented to try to mitigate and compensate for the impact on this environmental component, among which reforestation with native species of this plant community stands out, however, it is often difficult to obtain the variety of species in nurseries, since mainly, the local nurseries focus on the reproduction of plants of ornamental species. Based on this problem detected in such an important plant community, the following investigations were carried out in order to recommend the species with the greatest potential for nursery production and, therefore, to be used in MET reforestation activities. To determine the effect of crown cover on MET regeneration, density, specific richness, Shannon's true diversity index and Importance Value Index (IVI) of regeneration of woody species

were evaluated, according to three conditions of canopy cover of the upper stratum (mature scrub). In this evaluated area, 22 species were recorded, with the Fabaceae family being the best represented, 5 species showing a preference for some crown cover condition. *Croton incanus* is the species with the highest IVI. Diversity, density, richness did not show significant differences according to the 3 established coverage conditions. When evaluating pre-germinative treatments through the speed and percentage of germination, it was found that the largest number of germinated seeds was during the third and eighth day. The treatments showed differences between them and between the species. The best treatments were: for *Havardia pallens* with 98% and *Prosopis laevigata* with 97.5% germination, using sulfuric acid for a period of 5 min, *Ebenopsis ebano* with 97.5% using sulfuric acid for 25 min. Using water at 100°C *Parkinsonia aculeata* obtained 64% with seeds submerged for five minutes and finally *Vachellia farnesiana* obtained 23.5% germination with water at 100°C for 25 min. Four species *Ebenopsis ebano*, *Parkinsonia aculeata*, *Prosopis laevigata*, and *Vachellia farnesiana* were selected for evaluation in a nursery with three types of soil and three light intensities.

Introducción

La gran diversidad biológica que presenta nuestro país ha sido estudiada en diversos aspectos, en particular la vegetación terrestre presenta clasificaciones por diversos autores (Miranda 1957, 1964; Sarukhán 1964; Miranda y Hernández X. 1963; Pennington y Sarukhán 1968; Flores et al. 1971; Puig 1976; Rzedowski 1978; Breedlove 1981; González Medrano 2003; INEGI 1997, 2000, 2003, 2005a). De estas las más utilizadas han sido la de Miranda y Hernández X. (1963) y la de Rzedowski (1978) con 32 comunidades vegetales y 10 tipos de vegetación respectivamente. En estas clasificaciones destacan las comunidades vegetales de bosque tropical caducifolio, bosque espinoso, pastizal, matorral xerófilo, bosque de encino, bosque de coníferas, bosque mesófilo de montaña así como la vegetación acuática y subacuática.

Dentro de este estudio la comunidad de interés se encuentra dentro de los matorrales xerófilos, los cuales son abundantes en climas áridos y semiáridos del país, se distribuyen desde las planicies costeras de Tamaulipas y Sonora, la Península de Baja California y parte del Valle de Tehuacán-Cuicatlán en Puebla y Oaxaca (Challenger y Soberón, 2008). La fisionomía dominante en esta comunidad vegetal son los arbustos de baja altura, con poca densidad dado a las condiciones de aridez. Estos matorrales se pueden agrupar en tres variantes con base en la forma de vida de las especies dominantes en cada una de ellas en: leñosos, suculentos y herbáceos (INEGI 2005B, 2006). Dentro de los matorrales leñosos se incluye el matorral micrófilo donde la especie principal es *Larrea tridentata*, el cual es el de mayor distribución en el territorio nacional (INEGI 2003, 2005B); como matorrales leñosos también se tiene el matorral subtropical, submontano, espinoso tamaulipeco, vegetación de desiertos arenosos, chaparral, así como el ecotono entre matorrales y bosques de pino y encino (INEGI, 2005B).

Dentro de estos matorrales, el matorral espinoso tamaulipeco se encuentra en el cuarto lugar en superficie representando el 1.30% de la cobertura vegetal del país (Challenger y Soberón, 2008). Esta comunidad se distribuye en el noreste de

México y parte del sur de Texas, EE. UU, ocupando una superficie de 1,250,000 km² (Foroughbakhch et al., 2005, 2009). En él se puede encontrar una gran riqueza de especies arbóreas y arbustivas (Heiseke y Foroughbakhch, 1985; Alanís et al., 2008; Jiménez et al., 2013; Mora et al., 2013) que son de gran importancia para las actividades económicas de la zona (Foroughbakhch et al., 2009). Dentro de las especies que destacan en esta comunidad se encuentran: *Castela erecta*, *Celtis pallida*, *Havardia pallens*, *Opuntia engelmannii*, *Vachellia rigidula*, *Zanthoxylum fagara*, *Cordia bloissieri*, *Forestiera angustifolia*, *Guaiacum angustifolium*, *Leucophyllum frutescens*, *Quadrella incana*, *Karwinskia humboldtiana* así como algunas especies arbóreas que sobresalen como *Prosopis spp.*, *Parkinsonia aculeata* y *Ebenopsis ebano*.

El matorral espinoso tamaulipeco en los últimos años ha sido de los ecosistemas con mayor grado de deforestación y fragmentación ya que su superficie es desmontada para realizar diversas actividades económicas como agropecuarias, industriales y urbanas (Alanís et al., 2015). Todas estas actividades han provocado cambios en la estructura, así como modificación en el ambiente físico y biológico y, eventualmente, las interacciones entre la flora y fauna (Sang *et al.* 2008; Cabrera, 2009; Céspedes, 2010).

Por todo este uso irracional así como su gran diversidad, la región del matorral espinoso tamaulipeco ha sido considerada como un punto crítico de conservación (Ricketts et al, 2003). De ahí el interés que han presentado diferentes organismos tanto públicos como privados por restaurar el matorral espinoso tamaulipeco utilizando especies nativas, además de fomentar el uso de estas especies en entornos urbanos que ayudan a conservar mejor el agua y suelo (Luera et al, 2021). En un inicio se evaluó un área para conocer el efecto de la cobertura sobre la regeneración natural del matorral espinoso, dado que cada día los espacios abiertos son más comunes.

El problema al que se enfrentan los proyectos de restauración en esta comunidad es la alta demanda de planta y la poca producción en vivero disponible, esto se debe a la falta de información sobre las especies a utilizar, desde la colecta de

semilla, tratamientos pregerminativos, sustratos a utilizar así como el cuidado en vivero. Por ello la realización de la presente investigación, donde se seleccionaron cinco especies leñosas de importancia ecológica y económica con potencial para ser utilizadas en reforestaciones.

A continuación se describe brevemente cada uno de los capítulos que integran esta tesis:

Capítulo I: Efecto de diferentes condiciones de cobertura de copa en la regeneración de especies leñosas del matorral espinoso tamaulipeco. Se evaluó la densidad, riqueza específica, índice de diversidad verdadera de Shannon, e índice de valor de importancia de la regeneración de especies leñosas en tres condiciones de cobertura de copa. Encontrando que cinco especies prefieren algún tipo de cobertura de copa, *Croton incanus* fue la especie con mayor índice de valor de importancia.

Capítulo II: Evaluación de diferentes tratamientos pregerminativos en cinco especies leñosas del matorral espinoso tamaulipeco. Se probaron diferentes tratamientos pregerminativos para lograr identificar con cuales se obtienen los mejores resultados de germinación para cinco especies leñosas del matorral espinoso tamaulipeco. Algunos de los tratamientos que se utilizaron fueron: agua oxigenada, agua caliente (100°C) y ácido sulfúrico por lapsos de inmersión.

Capítulo III. Evaluación de diferentes tratamientos en vivero para la producción de cuatro especies leñosas del matorral espinoso tamaulipeco en el noreste de México.

En este capítulo se eligieron cuatro especies, *Ebenopsis ébano*, *Parkinsonia aculeata*, *Prosopis laevigata* y *Vachellia farnesiana* para evaluar su crecimiento en vivero bajo diferentes tratamientos de sustrato y de intensidad de luz. Se recomienda utilizar tierra de monte – 25% arena – sol directo para la producción de *Parkinsonia aculeata*, *Prosopis laevigata* y *Vachellia farnesiana*, mientras que para *Ebenopsis ébano* la recomendación es de tierra de monte – malla sombra al 30% para obtener planta de mejor calidad.

OBJETIVO

General

El objetivo general de la presente investigación fue identificar los tratamientos pregerminativos así como las condiciones de vivero adecuadas para obtener un mayor desarrollo de especies leñosas del matorral espinoso tamaulipeco con alto potencial ecológico y económico.

Particulares

- Determinar la influencia del porcentaje de cobertura de copa en la densidad, riqueza de especies, diversidad y composición florística de la regeneración natural de especies leñosas del matorral espinoso tamaulipeco.
- Evaluar la eficiencia de diferentes tratamientos de escarificación de cinco especies leñosas del matorral espinoso tamaulipeco.
- Identificar los mejores tratamientos de luz y sustrato que promuevan el mayor desarrollo de cuatro especies leñosas del matorral espinoso tamaulipeco.

DESCRIPCIÓN DE ESPECIES CONSIDERADAS EN ESTE ESTUDIO

Ebenopsis ebano (Berland.) Barneby & J.W. Grimes

Familia: Fabaceae

Nombre común: ebano

Árbol de 3 a 12 m de altura, con ramas secundarias en zig-zag, con espinas pareadas, de 2 a 10 mm de largo. Hojas de 1 a 3 pares de pinas, folíolos de 4 a 6 pares por pinna, oblongos a rómbico-oblongos, de 7 a 16 mm de largo. Inflorescencias de racimos espigados, cilíndricos, densos, de 2 a 5 cm de largo. El fruto es una legumbre oblonga, recta, curvada, 6 a 18 cm de largo, tardíamente dehiscente, color café oscuro, persistente por largo tiempo, semillas oblongo-esféricas o romboides.

Esta especie es sujeta a sobreexplotación por la gran demanda que tiene en la fabricación de carbón, leña, postes, alimento, artesanías y herramientas manuales.



***Havardia pallens* (Benth.) Briton & Rose**

Familia: Fabaceae

Nombre común: tenaza

arbusto o árbol pequeño espinoso que alcanza una altura de 3 a 6 m. Su corteza es pálida grisácea y algo lisa. Presenta hojas compuestas, alternas, con glándula plana de la base; folíolos 7 a 12 por pinna, follaje poco denso de color verde pálido. Las flores aromáticas, cremosas, formando cabezuelas esféricas, usualmente de un centímetro de diámetro. Fruto es una vaina linear de paredes delgadas y margen redondeado, de 10 cm de largo y 1 cm de ancho aproximadamente. Semillas 8 a 14, comprimidas, de color café.

Su madera es utilizada en construcciones rurales y para la elaboración de sillas y otros muebles rústicos.



Parkinsonia aculeata

Familia: Fabaceae

Nombre común: retama

Es un árbol espinoso, caducifolio, con alturas de 5 a 12 m y hasta 40 cm de diámetro. Su fuste es frecuentemente torcido con una corteza lisa y verde cuando joven mientras que oscura y rugosa cuando es maduro, su follaje ralo y ramas espinosas y péndulas. Las hojas son espinas alargadas muy finas, con folíolos pequeños y una espina en la base. Las inflorescencias en racimos solitarios; flores vistosas y fragantes de color amarillo. El fruto una legumbre de 10 a 20 cm de largo y de 0.5 a 0.8 cm de ancho, cilíndricas, indehiscentes, amarillentas a café amarillentas y contienen dos a seis semillas.

Su madera es utilizada para postes, cercas y en construcciones rurales. Produce leña y carbón de excelente calidad. Hojas y frutos son utilizados como forraje rico en proteínas. Es plantada como ornamental y utilizadas en reforestaciones. Las semillas son comestibles y las hojas tienen propiedades medicinales.



Prosopis laevigata

Familia: Fabaceae

Nombre común: mezquite

Árbol que llega a medir hasta 13 m de altura y un diámetro normal de hasta 80 cm aunque generalmente es menor. Presenta un sistema radicular amplio y profundo, llegando a alcanzar hasta 50 m la raíz principal, mientras que sus raíces laterales llegan a los 15 m a los lados del árbol (Coanaza e INE, 1994). El tronco es de corteza oscura o negruzca; las ramas flexuosas forman una copa esférica deprimida. El tronco se ramifica a baja altura, en ocasiones al nivel del suelo. Los tallos más delgados son espinosos, frecuentemente áfilos y provistos de abundante parénquima cortical. Las espinas generalmente abundantes, axilares. Estípulas 2, lineares, caedizas; hojas dispuestas en espiral, aglomeradas en cada par de espinas, pecioladas con 1 a 3 pares de pinnas, cada una con 10 a 30 pares de folíolos sésiles, entre cada par de folíolos primarios se observa generalmente una glándula protuberante aplanada; flores dispuestas en racimos densos axilares de 3 a 10 cm de largo, perfumadas, actinomorfas; pétalos de 5 a 4 mm de largo, lineares con el ápice agudo, lisos o pubescentes; estambres 10, de 7 a 8 mm de largo, el filamento y las anteras de color crema-amarillento; Fruto, tipo vaina, cuyo tamaño varía de 8 a 20 cm de largo por 8 a 15 mm de ancho, algo falcada, de color café-amarillento, a veces rojizo, algo constreñida entre las semillas; semillas, oblongas, comprimidas de 8 a 10 mm de largo, de color blanco-amarillento.⁴

Es una especie de importancia en las zonas áridas y semiáridas, dado a los diferentes usos que se le da como: alimento para el ganado (hojas y frutos), alimento humano (harinas, bebidas fermentadas), de sus cortezas se extraen curtientes, la madera se utiliza para duela, madera serrada, mangos de herramientas, hormas de zapatos, gomas y taninos, producción de carbón.



***Vachellia farnesiana* (L.) Wight & Arn.**

Familia: Fabaceae

Nombre común: huizache

Es un arbusto o árbol con una altura de 3 a 6 m; presenta una copa redondeada, hojas alternas, bipinnadas, frecuentemente aglomeradas en las axilas de cada par de espinas, bipinnadas, de 2 a 8 cm de largo incluyendo el pecíolo, con 2 a 7 pares de folíolos primarios opuestos y 10 a 25 pares de folíolos secundarios. El tronco es corto y delgado, bien definido o ramificado desde la base con numerosos tallos. La corteza externa es lisa cuando joven y fisurada cuando es maduro, color gris a gris parda oscura. Corteza interna color crema amarillenta, fibrosa, con un marcado olor y sabor a ajo. Flores en cabezuelas color amarillo, originadas en axilas de las espinas, solitarias o en grupos de 2 a 3. Muy perfumadas, 5 mm de largo. Fruto en vainas color moreno rojizas, semiduras, subcilíndricas, solitarias o agrupadas en las axilas de las espinas, de 2 a 10 cm de largo. Permanecen en el árbol después de madurar. Semillas reniformes, 6 a

8 mm de largo, pardo-amarillentas, de olor dulzón y con una marca linear en forma de “C”. La testa de la semilla es impermeable al agua.

Se encuentra por lo general a orillas de caminos, arroyos, parcelas abandonadas, terrenos con disturbio. Es una especie secundaria, formando asociaciones densas llamadas “huizachales” y es considerada como un indicador de disturbio.



Capítulo I.

Efecto de diferentes condiciones de cobertura de copa en la regeneración de especies leñosas del matorral espinoso tamaulipeco



Resumen

El matorral espinoso tamaulipeco se ha visto fuertemente afectado por el cambio de uso del suelo para realizar diferentes actividades, por lo que en la actualidad presenta áreas de vegetación secundaria con diferente estructura y cobertura de copa. En el presente estudio se evaluó la densidad, riqueza específica, índice de diversidad verdadera de Shannon e Índice de Valor de Importancia (IVI) de la regeneración de especies leñosas, de acuerdo con tres condiciones de cobertura de copa del estrato alto (matorral maduro). Las tres condiciones de cobertura de copa se clasificaron acorde al porcentaje de área de copa cubierta dentro de cada sitio. Se establecieron 12 sitios de 100 m² para cada condición, donde se midió el área de copa de árboles y arbustos. Para evaluar la regeneración de especies leñosas se establecieron 5 sitios de 1 m² dentro de cada sitio del matorral maduro. Para determinar diferencias significativas entre los parámetros, se realizó un análisis de varianza de un factor, así como la similitud por medio del modelo de Bray-Curtis. Se registraron 22 especies, resultando Fabaceae como la familia mejor representada. Se localizaron 5 especies con preferencia por alguna condición de cobertura de copa. *Croton incanus*, es la especie con mayor IVI. Los valores de densidad, riqueza específica e índice de Shannon no mostraron diferencias significativas de acuerdo con las 3 condiciones de cobertura establecidas.

Palabras Clave: Densidad, Diversidad Verdadera de Shannon, IVI, Preferencia, Riqueza específica, Similitud.

Abstract:

The Tamaulipas thorn scrub has been strongly affected by the change in land use to carry out different activities, so it currently has secondary vegetation areas with different structure and canopy cover. In the present study, the density, specific

richness, Shannon's true diversity index and Importance Value Index (IVI) of natural regeneration were evaluated, according to three conditions of crown cover of the upper stratum (mature scrub). The three canopy coverage conditions were classified according to the percentage of canopy area covered within each site. 12 sites of 100 m² were established for each condition, where the crown area of trees and shrubs was measured. To evaluate natural regeneration, 5 sites of 1 m² were established within each site of the mature scrub. To determine significant differences between the parameters, a one-factor analysis of variance was performed, as well as the similarity using the Bray-Curtis model. 22 species were recorded, Fabaceae being the best represented family. 5 species were located with preference for some crown cover condition. *Croton incanus*, is the species with the highest IVI. The values of density, specific richness and Shannon index did not show significant differences according to the 3 established coverage conditions.

Key Words: Density, True Shannon Diversity, IVI, Preference, Specific Richness, Similarity.

Introducción

El matorral espinoso tamaulipeco (MET) tiene especies de porte bajo con abundantes ramificaciones desde la base, distribuidas en las zonas áridas y semiáridas de México, principalmente en la Planicie Costera del Golfo Norte (Alanís, E., Jiménez, P., Canizales, P., González, H. y Mora, 2015). Esta comunidad en los últimos años ha estado sujeta a deforestación y fragmentación por diversas actividades agrícolas, pecuarias, industriales y urbanas (Foroughbakhch, R., Hernández, P.J., Alvarado, V.M., 2009; Jiménez J., E. Alanís, O.A. Aguirre, 2009). Todos estos cambios afectan la cobertura del MET, la cual es de los atributos biofísicos principales que transforma el funcionamiento del ecosistema.

La recuperación del ecosistema en las zonas áridas es más lenta y con un final incierto, dado que las condiciones climáticas limitan el establecimiento de algunas especies (Miranda, J.D., 2003). Las comunidades afectadas presentan una vegetación secundaria con diferentes dinámicas sucesionales, lo cual, da como resultado áreas con distinta composición y estructura vegetal, incluyendo diferentes porcentajes de cobertura de copa (Ramírez-Lozano, R., T.G. Domínguez-Gómez, H. González-Rodríguez, I. Cantú-Silva, M.V. Gómez Meza, 2013).

La cobertura se conforma por todo aquel tejido fotosintético de las plantas, el cual regula procesos de intercambio de materia y energía en las comunidades vegetales (Aguirre-Salado, Carlos A., Valdez-Lazalde, José R., Ángeles-Pérez, Gregorio, de los Santos-Posadas, Héctor M., & Aguirre-Salado, 2011). Procesos ecológicos como la fotosíntesis son vitales para el desarrollo de los ecosistemas, y dado que la cobertura arbórea regula la luz que llega al suelo, es de importancia realizar estudios que involucren este y más parámetros que pueden influir en la composición y estructura de la comunidad vegetal, donde se evalué la regeneración de especies leñosas bajo diferentes condiciones de cobertura en el matorral espinoso tamaulipeco. De acuerdo con lo anterior, el objetivo fue determinar la influencia del porcentaje de cobertura de copa en la densidad, riqueza de especies, diversidad y composición florística de la regeneración natural de especies leñosas en el matorral espinoso tamaulipeco, bajo la hipótesis que a menor porcentaje de copa existirán mayores valores de densidad, riqueza de especies y diversidad en la comunidad vegetal regenerada.

Materiales y Métodos

Área de estudio

El área de estudio se encuentra en el municipio de Linares, Nuevo León, localizado entre las coordenadas geográficas 24° 39' y 24° 54' de latitud norte, y 99° 23' y 99° 38' de longitud oeste (Figura 1). Las comunidades vegetales

evaluadas presentan una altitud sobre el nivel de mar que varía de 290 a 450 m. El clima corresponde a semicálido húmedo con lluvias en verano con un rango de temperaturas de 16° C a 24° C; la precipitación oscila de 500 a 1100 mm anuales; los suelos presentes son de tipo Luvisol, Regosol, Vertisol y Xerosol (INEGI, 2009).

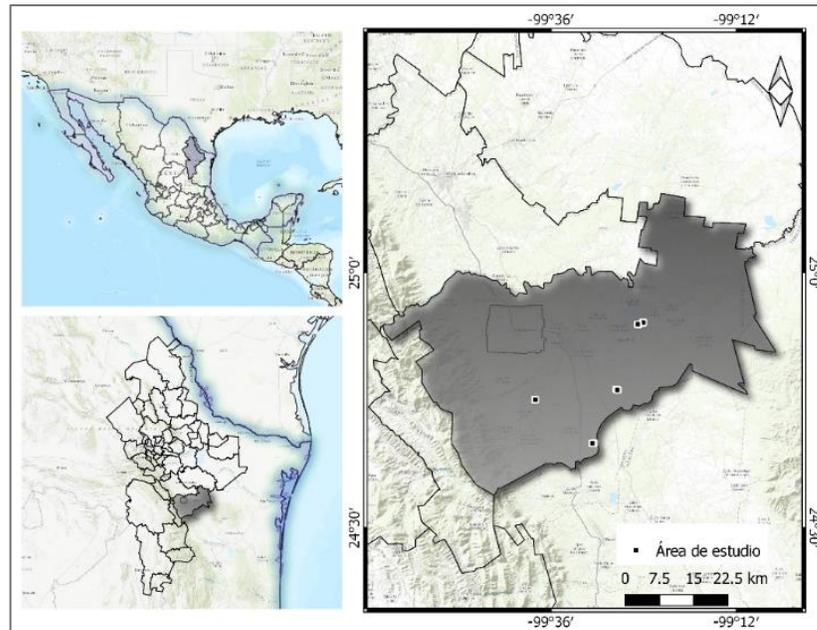


Figura I. 1. Localización del área de estudio.

Evaluación en campo

Se realizaron recorridos con la finalidad de identificar áreas con diferente cobertura de copa. Posteriormente, se definieron tres escenarios de cobertura para el matorral maduro, este se obtuvo a partir de la sumatoria del área de copa de todos los individuos inventariados en sitios de 100 m², obteniendo tres condiciones: 1) *Escasa*, que corresponde a localidades con una cobertura menor al 100%; 2) *Intermedia*, que va del 100 a 150% y 3) *Alta*, con más de 150%. En esta comunidad vegetal las coberturas de copa suelen ser mayores a 100%, ya que, las copas de las especies se traslapan y existen dos pisos de altura, el de árboles y arbustos (Graciano-Ávila, G., Alanís-Rodríguez, E., Aguirre-Calderón,

O.A., González-Tagle, M.A., Rubio-Camacho E.A. Mata Balderas, 2018; Mora et al., 2013).

Para evaluar los individuos del matorral maduro, se establecieron 12 sitios de muestreo de 10 x 10 m (100 m²) en cada condición de cobertura (escasa, intermedia y alta). En cada sitio se realizó un censo de todas las especies arbóreas y arbustivas, midiendo el diámetro de copa con un flexómetro. Se consideraron todos los individuos que, a la altura de 10 centímetros a partir de la base, midieron más de 2 centímetros de diámetro ($d_{0.10} > 2$ cm). Para evaluar la regeneración de las especies leñosas se establecieron cinco subsitios de muestreo de 1 m² en cada sitio de 100 m², 4 en los vértices y uno en el centro del sitio. De igual forma, se realizó un censo de los individuos y se midió la cobertura (k) con una cinta métrica de 50 m de fibra de vidrio Truper ®. Fueron considerados todos los individuos mayores de 2 centímetros de diámetro basal ($d_{0.10} < 2$ cm). Para la identificación de especies se utilizó el libro de Molina-Guerra *et al.* (2019).

Análisis de la información

Se estimó la riqueza de especies (S) por sitio de muestreo y el Índice de entropía de Shannon-Wiener, el cual expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra; asimismo, mide el grado promedio de incertidumbre prediciendo a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar en una colección (Baev, P.V. y Penev, 1995; Magurran, 1988). Para estimar este índice se utilizó la siguiente ecuación (Shannon & Weiner, 1948):

$$H' = -\sum_{i=1}^S p_i * \ln(p_i)$$

donde: S es el número de especies presentes, \ln es logaritmo natural y p_i es la proporción de las especies; $p_i = n_i/N$; donde n_i es el número de individuos de la especie i y N es el número total de individuos.

Para evaluar la diversidad verdadera se utilizó el exponencial del índice de entropía de Shannon (Jost, 2006):

$${}^1D = \exp(H') = \exp \left[- \left(\sum_{i=1}^s p_i \ln p_i \right) \right]$$

Para evaluar la diversidad beta en las tres condiciones de cobertura, se generó un modelo de ordenación de Bray-Curtis, el cual es una representación gráfica de la variación de la composición vegetal. El análisis se basa en un algoritmo que permite analizar la similitud de las muestras mediante el cálculo del porcentaje de similitud (0-100 %) en una medida de distancia (Beals, 1984). Este método es uno de los más apropiados para el análisis multivariado fitosociológico. Para el análisis se utilizó el Software BioDiversity Pro (McAleece, N., J. Lamshead, G. Patterson, 1997).

Para describir la composición y estructura de las especies en las diferentes condiciones de cobertura de copa se utilizó la estimación de los indicadores ecológicos: abundancia, dominancia y frecuencia, con ellos se calculó el índice de valor de importancia como medida de valoración (Magurran, 1988; Müller-Dombois, 1974).

Para la estimación de la abundancia relativa se empleó la siguiente ecuación matemática:

$$AR_i = \left(\frac{A_i}{\sum A_i} \right) * 100$$
$$i = 1 \dots n$$

donde: AR_i es la abundancia relativa de la especie i respecto a la abundancia total. A_i es la abundancia absoluta de la especie i dentro del área en estudio.

La dominancia se evaluó mediante la siguiente ecuación (Edwards, P., 1993):

$$DR_i = \left(\frac{D_i}{\sum D_i} \right) * 100$$

$$i = 1 \dots n$$

donde DR_i es la dominancia relativa de la especie i respecto a la dominancia total. D es la dominancia absoluta de la especie i dentro del área en estudio.

La frecuencia relativa se obtuvo con la ecuación (Franco, J., J. De la Cruz, G. Cruz, R. Rocha, S. Navarrete, M. Flores, M. Kata, C. Sánchez, 1989):

$$FR_i = \left(\frac{F_i}{\sum F_i} \right) * 100$$

$$i = 1 \dots n$$

donde: F_i es la frecuencia absoluta (presencia en los sitios de muestreo), f_i es el número de sitios en la que está presente la especie i , N es el número de sitios de muestreo y FR_i es la frecuencia relativa de la especie i respecto a la frecuencia total.

El índice de valor de importancia (IVI) se define a través de la ecuación (Whittaker, 1972; Moreno, 2001).

$$IVI = \frac{AR_i + DR_i + FR_i}{3}$$

El índice de valor de importancia es dividido entre tres para obtener los valores porcentuales en una escala de 0 a 100.

Se revisó la normalidad de datos mediante la prueba Shapiro-Wilk. Los datos con distribución normal fueron analizados mediante un análisis de varianza

ANOVA ($p \geq 0,05$) (abundancia de individuos, riqueza de especies e índice de Shannon). Los datos que no presentaron distribución normal (abundancia) se analizaron mediante la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis (Ott, 1993). Para las variables que presentaron diferencias se realizó la comparación por pares utilizando el enfoque Dunn-Bonferroni (Zar, 1999). Los procedimientos estadísticos se efectuaron mediante el uso del paquete estadístico SPSS® (Statistical Package for Social Sciences, versión 25.0 para Windows, SPSS Inc., Chicago, IL).

Resultados

Considerando los tres tipos de condición de cobertura de copa, la regeneración registró 22 especies distribuidas en 12 familias, donde la familia Fabaceae obtuvo la mayor presencia, con 9 especies.

La densidad promedio inferida a 100 m² fue de 423.33 ± 134.25 para la condición escasa, 331.66 ± 74.56 para la condición intermedia y 398.33 ± 232.9 para la condición alta de cobertura de copa. No se presentaron diferencias estadísticamente significativas en la densidad bajo las tres condiciones de copa (GL 2, F= 1.038, $p= 0.365$). En la Tabla 1 se muestran las especies que presentaron diferencias en la densidad promedio por sitio de 100 m². *Vachellia rigidula*, *Bernardia myricifolia* y *Eysenhardtia texana* presentaron mayor abundancia en la condición de cobertura escasa, mientras que *Croton incamus* en la condición de copa intermedia.

Tabla I. 1. Densidad de individuos promedio de regeneración por sitio de 100 m². Letras diferentes indican diferencia significativa ($p \geq 0,05$). Donde “de” es desviación estándar.

Especies	Escasa		Intermedia		Alta				
	Media	de	a	Media	de	Media			de
<i>Croton incanus</i>	28.33	± 57.5	a	143.33	± 79.92	b	95	± 125.66	ab
<i>Phaulothamnus spinescens</i>	0	± 0	a	3.33	± 7.78	ab	30	± 73.61	b
<i>Vachellia rigidula</i>	63.33	± 48.87	a	20	± 35.16	b	28.33	± 43.03	ab
<i>Bernardia myricifolia</i>	143.33	± 126.44	a	16.67	± 26.74	b	8.33	± 15.86	b
<i>Eysenhardtia texana</i>	31.67	± 67.93	a	1.67	± 5.77	b	0	± 0	b

Los resultados del IVI por especie mostraron que para la cobertura escasa las especies *Bernardia myricifolia*, *Vachellia rigidula* y *Karwinskia humboldtiana* concentran el 52.72%, para cobertura intermedia *Croton incanus*, *K. humboldtiana* y *Sideroxylon celastrinum* acumulan el 56.95%. Para la cobertura de condición alta las especies *Helietta parvifolia*, *C. incanus*, *Cordia boissieri* y *Celtis pallida* tienen el 51.16% de IVI. Considerando las tres condiciones de cobertura, *Croton incanus* es la especie de mayor importancia ecológica con un valor porcentual de 20.21% de IVI.

Tabla I. 2. Densidad e IVI de las especies de regeneración en tres condiciones de cobertura.

Especies	Escasa (< 100%)		Intermedia (100 A 150%)		Alta (> 150%)	
	N ha ⁻¹	IVI	N ha ⁻¹	IVI	N ha ⁻¹	IVI
<i>Bernardia myricifolia</i>	14333	21.00	1666	3.98	833	3.46
<i>Celtis pallida</i>	1333	3.70	2833	9.01	3666	8.83
<i>Chamaecrista greggii</i>	1166	3.14	0	0	0	0
<i>Cordia boissieri</i>	4000	7.17	1333	4.59	7833	11.5
<i>Croton incanus</i>	2833	6.81	14333	38.45	9500	15.4
<i>Diospyros texana</i>	500	2.99	1166	3.34	500	2.84

Especies	Escasa (< 100%)		Intermedia (100 A 150%)		Alta (> 150%)	
	N ha ⁻¹	IVI	N ha ⁻¹	IVI	N ha ⁻¹	IVI
<i>Eysenhardtia texana</i>	3166	6.77	166	0.71	0	0
<i>Havardia pallens</i>	666	1.79	0	0	333	1.33
<i>Helietta parvifolia</i>	666	2.67	500	1.60	3833	15.50
<i>Karwinskia humboldtiana</i>	4666	12.1	3500	9.36	2500	8.60
<i>Opuntia engelmannii</i>	166	0.61	333	1.38	166	0.65
<i>Parkinsonia texana</i>	0	0	166	1.51	0	0
<i>Phaulothamnus spinescens</i>	0	0	333	1.50	3000	8.04
<i>Prosopis laevigata.</i>	0	0	1166	2.82	666	2.24
<i>Randia obcordata</i>	0	0	0	0	1500	2.40
<i>Salvia ballotiflora</i>	833	2.21	166	0.68	166	0.84
<i>Senegalia berlandieri</i>	333	1.42	0	0	0	0
<i>Sideroxylon celastrinum</i>	0	0	1833.	9.15	1333	7.89
<i>Vachellia greggii</i>	666	2.43	1166	4.71	333	1.20
<i>Vachellia farnesiana</i>	500	1.84	166	0.75	500	0.94
<i>Vachellia rigidula</i>	6333	19.6	2000	5.52	2833	7.04
<i>Zanthoxylum fagara</i>	166	3.72	333	0.96	333	1.36
Total	42333.33	100	33166	100	3983 3	100

donde: N ha⁻¹ (número de árboles por hectárea), IVI (Índice de Valor de Importancia ecológica).

Los resultados indican que las Fabáceas *Vachellia rigidula* y *Eysenhardtia texana* y la Euphorbiaceae *Bernardia myricifolia* tienen preferencia en la comunidad vegetal con cobertura escasa (menos del 100%). Se observa que existe una diferencia en la distribución de algunas especies causada por la intensidad de luz que entra a través del dosel. En contraste la Achatocarpaceae *Phaulothamnus spinescens* mostró ser una especie adaptada al crecimiento, bajo

coberturas de copa densas y baja intensidad de luz, y la Euphorbiaceae *Croton incanus* mostró estar mejor adaptada para las condiciones de cobertura de copa mayores al 100% (condición intermedia y alta).

Los valores promedio de la riqueza de especies por sitio de muestreo en la condición de cobertura escasa, intermedia y alta fue de 6.08 ± 1.67 , 5.58 ± 1.67 y 5.5 ± 2.31 , los cuales no mostraron diferencias significativas ($gl=2$, $F=0.326$, $p=0.723$).

El promedio del índice de Shannon fue de 1.48 ± 0.31 para la condición escasa, 1.40 ± 0.33 para la intermedia y 1.44 ± 0.25 para la condición alta. De acuerdo con el ANOVA no presentaron una diferencia estadística significativa entre condiciones de cobertura de copa ($gl=2$, $F=0.207$, $p=0.814$).

El índice de diversidad verdadera de Shannon registró valores 4.58 ± 1.47 para cobertura escasa, 4.24 ± 1.34 cobertura intermedia y 4.34 ± 1.09 cobertura alta, sin mostrar diferencias entre estas ($p=0.809$).

El modelo de ordenación Bray-Curtis (Fig. 2) mostró que el primer grupo lo conforman la comunidad vegetal con cobertura intermedia y cobertura alta con un 64.38% de similitud, y este grupo presenta una similitud del 41.78% con la comunidad vegetal con cobertura escasa.

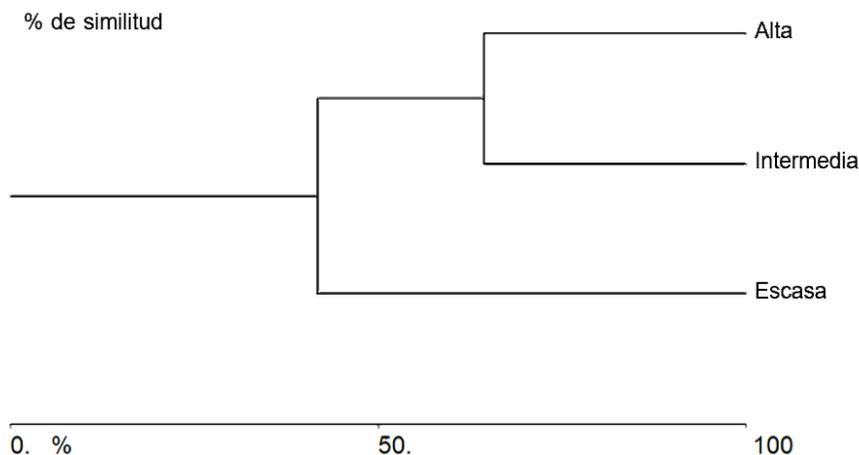


Figura I. 2. Modelo de ordenación Bray-Curtis de las áreas evaluadas de regeneración.

Discusión

En el área de estudio la familia con mayor número de especies fue Fabaceae, concordando con diversos estudios donde determinan a esta familia como la más representativa del MET (González, H., R. Ramírez, I. Cantú, 2010; Mora et al., 2013; Patiño, A. M., Alanís, E., Molina, V. M., González, H., Jurado, E. y Aguirre, 2019; Ramírez-Lozano, R., T.G. Domínguez-Gómez, H. González-Rodríguez, I. Cantú-Silva, M.V. Gómez Meza, 2013). Las especies de la familia Fabaceae presentan mayor tolerancia a las condiciones adversas como la sequía edáfica, así como baja disponibilidad de nitrógeno (Pequeño-Ledezma et al., 2012; Ramírez-Lozano, R., T.G. Domínguez-Gómez, H. González-Rodríguez, I. Cantú-Silva, M.V. Gómez Meza, 2013) por ello presentan alta supervivencia en las primeras etapas de la sucesión ecológica.

La riqueza específica, para el área en general es similar a la registrada por (Mora et al., 2013), quienes reportan 21 especies en una comunidad vegetal del MET; mientras que Alanís *et al.*, 2013, registraron 30 especies, analizando la vegetación secundaria con diversas condiciones de historial de uso en el MET. La riqueza específica en promedio de la regeneración por sitio de muestreo en condición de cobertura osciló entre 5.5 a 6.08. La alta riqueza específica en la cobertura escasa indica un buen banco de semillas disponible en el suelo, dado que terrenos con diferentes grados de perturbación llegan a tener bancos de semillas persistentes (Bedoya P., J. G., 2010).

Considerando las tres condiciones de cobertura, las especies con mayor índice de valor de importancia fueron *Croton incanus*, *Vachellia rigidula*, *C. boissieri*, *H. parvifolia*, *Karwinskia humboldtiana* *Bernardia myricifolia* y *Celtis pallida*. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Pequeño-Ledezma *et al.*, 2017, quienes registraron a *H. pallens* como una de las principales especies con mayor IVI para matorral de estrato alto, y para matorral estrato bajo a *C. boissieri*. La presencia de especies como *V. rigidula*, *C. boissieri* y *K. humboldtiana*, indican un buen paso hacia la recuperación del ecosistema, ya que son especies

características y de importancia estructural en el MET (García-Hernández, 2008; Mora *et al.*, 2013).

La especie *Bernardia myricifolia* presentó mayor densidad en áreas con cobertura escasa, esta especie es característica en planicies bajas y laderas de montaña en Nuevo León (Correll, 1970). Canizales-Velázquez *et al.* (2009); así como Ramírez-Lozano *et al.*, (2013), en sus estudios en comunidades de MET y de matorral submontano, la reportan como una de las especies con mayor importancia de los estratos bajos. En el área de cobertura intermedia *Croton incanus* presenta los valores más altos de densidad, en contraste a lo reportado por Ramírez-Lozano *et al.*, (2013) quienes la reportan como una de las especies con menor densidad en época húmeda en el MET, y en la cobertura alta *H. parvifolia* presenta el IVI más alto.

Para el índice de diversidad de Shannon, Marroquín *et al.*, (2016) registraron un valor de 1.49 para un matorral regenerado después de actividad minera, valores similares a los obtenidos en este estudio que fueron de 1.48, 1.40 y 1.44 para las coberturas escasa, intermedia y alta respectivamente; en contraste con Jiménez *et al.*, 2012, quienes determinaron 2.24 y 2.22 para matorrales con historial de uso agrícola y con sistemas de pastoreo. Los valores obtenidos son considerados bajos, sin embargo, debemos considerar que estamos hablando de especies de regeneración que crecen bajo el dosel.

La similitud de la composición de especies entre las diferentes condiciones de cobertura registrada en el estudio es superior a la registrada por Alanís Rodríguez *et al.* (2013) quienes evaluaron áreas con diferente historial de uso y la similitud fue de del 28.6 y 60.6 %. Esto podría deberse a que las tres condiciones de la presente investigación no tienen un historial de uso de actividades agrícolas y pecuarias, donde los terrenos son totalmente desmontados modificando su dinámica de regeneración. Los valores registrados en este estudio sugieren que aun y cuando las coberturas intermedia y alta reducen la diversidad, existen especies que crecen en estas condiciones.

Conclusiones

De acuerdo a los resultados se rechaza la hipótesis planteada, ya que los valores de densidad, riqueza específica e índice de Shannon de la regeneración natural no mostraron diferencias estadísticamente significativas de acuerdo al porcentaje de cobertura de copa del estrato alto (matorral maduro), sin embargo, la composición florística de la regeneración mostró que existe disimilitud entre las condiciones de coberturas analizadas.

Debido al intenso cambio de uso de suelo que se ha presentado en el MET y a los programas de restauración con plantación de especies de leñosas, se considera importante generar estudios más específicos sobre las preferencias ecológicas de cada especie, y determinar el gremio al que pertenecen (heliófitas o esciófitas) ya que en el MET no se han documentado.

Referencias

- Aguirre-Salado, Carlos A., Valdez-Lazalde, José R., Ángeles-Pérez, Gregorio, de los Santos-Posadas, Héctor M., & Aguirre-Salado, A. I. (2011). Mapeo del índice de área foliar y cobertura arbórea mediante fotografía hemisférica y datos SPOT 5 HRG: regresión y k-nn. *Agrociencia*, 45(1), 105–119.
- Alanís, E., Jiménez, P., Canizales, P., González, H. y Mora, A. (2015). Estado actual del conocimiento de la estructura arbórea y arbustiva del matorral espinoso tamaulipeco del noreste de México. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 2(7), 69–80.
- Alanís Rodríguez, E., Jiménez Pérez, J., González Tagle, M. G., Yerena Yamallel, J. Y., Cuellar Rodríguez, G., & Mora-Olivo, A. (2013). Análisis de la vegetación secundaria del matorral espinoso tamaulipeco, México. *Phyton*, 82(December), 185–191.
- Baev, P.V. y Penev, L. D. . (1995). *BIODIV: program for calculating biological diversity parameters, similarity, niche overlap, and cluster analysis*. (5.1.; p. 57). Pensoft, Sofia-Moscow.

- Beals, E. W. (1984). Bray-Curtis ordination: An effective strategy for analysis of multivariate ecological data. *Advances in Ecological Research*, 14, 1–56.
- Bedoya P., J. G., E. J. V. y C. G. J. (2010). Banco de semillas del suelo y su papel en la recuperación de los bosques tropicales. *Boletín Científico Centro de Museos Museo de Historia Natural.*, 14(2), 77–91.
- Canizales-Velázquez, P. A., Alanís-Rodríguez, E., Aranda-Ramos, R., Mata-Balderas, J. M., Jiménez-Pérez, J., Alanís-Flores, G., Uvalle-Sauceda, J. I., & Ruiz-Bautista, M. G. (2009). Caracterización estructural del matorral submontano de la Sierra Madre Oriental, Nuevo León, México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, 15(2), 115–120.
- Correll, D. S. y M. C. J. (1970). *Manual of the vascular plants of Texas*. (Texas Research Foundation, Renner (ed.)).
- Edwards, P., R. M. y N. W. (1993). *Large-scale ecology and conservation biology*.
- Foroughbakhch, R., Hernández, P.J., Alvarado, V.M., et al. (2009). Leaf biomass determination on woody shrub species in semiarid zones. *Agroforestry Systems.*, 77, 181–192.
- Franco, J., J. De la Cruz, G. Cruz, R. Rocha, S. Navarrete, M. Flores, M. Kata, C. Sánchez, A. A. y S. B. (1989). *Manual de ecología* (Trillas (ed.)).
- García-Hernández, y E. Jurado .2008. Caracterización del matorral con condiciones prístinas en Linares, NL, México. *Ra Ximhai*, 4(1), 1–21.
- González, H., R. Ramírez, I. Cantú, M. G. y J. I. U. (2010). Composición y Estructura de la vegetación en tres sitios del estado de Nuevo León, México. *Polibotánica*, 29, 91–106.
- Graciano-Ávila, G., Alanís-Rodríguez, E., Aguirre-Calderón, O.A., González-Tagle, M.A., Rubio-Camacho E.A. Mata Balderas, J. M. (2018). Caracterización y estructura florística de un grupo funcional vegetal del matorral espinoso tamaulipeco. *Gayana Botánica*, 75(1), 512–523.
- INEGI. (2009). *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados*

Unidos Mexicanos.

- Jiménez, J., Alanís, E., Ruiz, J.L., González, M.A., Yerena, J.I., y Alanís, G. J. (. (2012). Diversidad de la regeneración leñosa del matorral espinoso tamaulipeco con historial agrícola en el NE de México. *Ciencia UANL*, 15(2), 66–71.
- Jiménez J., E. Alanís, O.A. Aguirre, M. P. y M. A. G. (2009). Análisis sobre el efecto del uso del suelo en la diversidad estructural del matorral espinoso tamaulipeco. *Madera y Bosques*, 15, 5–20.
- Jost, L. (2006). Entropy and diversity. *Oikos*, 113, 363–375.
- Magurran, A. (1988). *Ecological Diversity and its Measurement*.
- Marroquín, J. J., Alanís, E., Jiménez, J., Aguirre, O., Mata, J. y Collantes, A. (2016). Composición florística y diversidad de un área restaurada post-minería en el matorral espinoso tamaulipeco. *Polibotánica*, 42, 1–17.
- McAleece, N., J. Lamshead, G. Patterson, and J. G. (1997). *BioDiversity Pro* (No. 2). The Natural History Museum, London and The Scottish Association of Marine Science, Oban, Scotland.
- Miranda, J.D., F. M. P. y F. I. P. (2003). Sucesión y restauración en ambientes semiáridos. Asociación Española de Ecología terrestre. *Ecosistemas*, 13, 55–58.
- Molina-Guerra, V. M., Mora-Olivo, A., Alanís-Rodríguez, E., Soto-Mata, B., Patiño-Flores, A. M. (2019). *Plantas características del matorral espinoso tamaulipeco en México*. (Editorial Universitaria de la Universidad Autónoma de Nuevo León. (ed.)).
- Mora, C., Rodríguez, E., Pérez, J., González, M., Yerena, J., & Cuellar, L. (2013). Estructura, composición florística y diversidad del matorral espinoso tamaulipeco, México. *Ecología Aplicada*, 12(1), 29–34.
- Moreno, C. E. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. *Editado Por Cooperación Iberoamericana, CYT ED), Unesco (Orcyt) y SEA. vol. 1.*

Pachuca, Hidalgo, México, 83 pp.

- Müeller-Dombois, D. y H. E. (1974). *Aims and methods of vegetation ecology* (John Wiley and Sons (ed.)).
- Ott, L. (1993). *An introduction to statistical methods and data analysis* (Duxbury Press (ed.); 2nd ed.).
- Patiño, A. M., Alanís, E., Molina, V. M., González, H., Jurado, E. y Aguirre, O. A. (2019). Almacenamiento de carbono en la Reserva Ecológica de Ternium, Pesquería. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 10(54), 39–57.
- Pequeño-Ledezma, Miguel Angel, Alanís-Rodríguez, Eduardo, Jiménez-Pérez, Javier, Aguirre-Calderón, Oscar Alberto, González-Tagle, Marco Aurelio, & Molina-Guerra, V. M. (. (2017). Análisis estructural de dos áreas del matorral espinoso tamaulipeco del noreste de México. *Madera y Bosques*, 23(1), 121–132.
- Pequeño-Ledezma, M. Á., Alanís-Rodríguez, E., Jiménez-Pérez, J., González-Tagle, M. A., Yerena-Yamallel, J. I., Cuellar-Rodríguez, G., & Mora-Olivo, A. (2012). Análisis de la restauración pasiva post-pecuaria en el matorral espinoso tamaulipeco del noreste de México. *CienciaUAT*, 7(1), 48. <https://doi.org/10.29059/cienciauat.v7i1.39>
- Ramírez-Lozano, R., T.G. Domínguez-Gómez, H. González-Rodríguez, I. Cantú-Silva, M.V. Gómez Meza, J. I. S.-R. y E. J. (2013). Composición y diversidad de la vegetación en cuatro sitios del noreste de México. *Madera y Bosques*, 19(2), 59–72.
- Whittaker, R. H. (1972). Evolution and measurement of species diversity. *Taxon*, 21: 213-251.
- Zar, J. (1999). *Biostatistical Analysis* (N. Prentice Hall, Upper Saddle River (ed.)).

Anexo 1.

Tabla I. 3. Listado florístico del área de estudio.

Familia	Nombre científico	Nombre común	Forma de vida
Achatocarpaceae			
	<i>Phaulothamnus spinescens</i> A. Gray	Panalero blanco	Arbustiva
Asparagaceae	<i>Yucca filifera</i> Chabaud	Palma china	Arbórea
Boraginaceae	<i>Cordia boissieri</i> A. DC.	Anacahuita	Arbórea
Cactaceae	<i>Opuntia engelmannii</i> Salm-Dyck ex Engelm.	Nopal	Arbustiva
Cannabaceae	<i>Celtis pallida</i> Torr.	Granjeno	Arbórea
Celastraceae	<i>Schaefferia cuneifolia</i> A. Gray	Capul	Arbustiva
		Chapote	
	<i>Diospyros palmeri</i> Eastw.	manzano	Arbórea
Ebenaceae	<i>Diospyros texana</i> Scheele	Chapote prieto	Arbórea
	<i>Bernardia myricifolia</i> (Scheele) S. Watson	Oreja de ratón	Arbustiva
Euphorbiaceae	<i>Croton incanus</i> Kunth	Salvia	Arbustiva
Juglandaceae	<i>Juglans regia</i> L.	Nogal	Arbórea
Lamiaceae	<i>Salvia ballotiflora</i> Benth.	Santa Isabel	Arbustiva
	<i>Vachellia greggii</i> A.Gray	Uña de gato	Arbustiva
	<i>Caesalpinia mexicana</i> A.Gray	Árbol del potro	Arbórea
	<i>Chamaecrista greggii</i> (A. Gray) A.Heller	Engorda cabras	Arbustiva
	<i>Ebenopsis ebano</i> (Berland.) Barneby & J.W. Grimes	Ébano	Arbórea
Fabaceae	<i>Eysenhardtia polystachya</i> (Ortega) Sarg.	Vara dulce	Arbustiva
	<i>Eysenhardtia texana</i> Scheele	Vara dulce	Arbustiva
	<i>Havardia pallens</i> (Benth.) Britton & Rose	Tenaza	Arbustiva
	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	Leucaena	Arbórea
	<i>Parkinsonia texana</i> (A.Gray) S.Watson	Palo verde	Arbórea

	<i>Prosopis laevigata</i> (Willd.) M.C.Johnst.	Mezquite	Arbórea
	<i>Senegalia berlandieri</i> (Benth.) Britton & Rose	Huajillo	Arbustiva
	<i>Vachellia farnesiana</i> (L.) Wight & Arn.	Huizache	Arbustiva
	<i>Vachellia rigidula</i> (Benth.) Seigler & Ebinger	Chaparro prieto	Arbustiva
Oleaceae	<i>Forestiera angustifolia</i> Torr	Panalero	Arbustiva
Rhamnaceae	<i>Karwinskia humboldtiana</i> (Schult.) Zucc	Coyotillo	Arbustiva
Rubiaceae	<i>Randia obcordata</i> S.Watson	Cruceto	Arbustiva
Rutaceae	<i>Helietta parvifolia</i> (A. Gray) Benth.	Barreta	Arbórea
	<i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg.	Colima	Arbustiva
Sapotaceae	<i>Sideroxylon celastrinum</i> (Kunth) T.D. Penn.	Coma	Arbustiva
Scrophulariaceae	<i>Leucophyllum frutescens</i> (Berland.) I.M. Johnst.	Cenizo	Arbustiva
Zygophyllaceae	<i>Porlieria angustifolia</i> (Engelm.) A. Gray	Guayacan	Arbustiva

Capítulo II.

Evaluación de diferentes tratamientos pregerminativos de cinco especies leñosas del matorral espinoso tamaulipeco



Resumen

Las especies forestales del Matorral Espinoso Tamaulipeco (MET) son de gran importancia socioeconómica en las regiones donde se desarrollan, por lo que tratar de recuperarlas es importante para mejorar las condiciones económicas de quienes las aprovechan y del ecosistema donde se presentan. El objetivo del estudio fue identificar los tratamientos pregerminativos que son más funcionales en las diferentes especies por medio de la velocidad y porcentaje de germinación de semillas. Se recolectaron cuatro lotes de semillas con 50 unidades por especie de árboles fenotípicamente superiores libres de daños por plagas o enfermedades, fueron sometidas a tres tratamientos pregerminativos por diferentes lapsos: 1) agua oxigenada, 2) agua caliente (100°C) y 3) ácido sulfúrico. La germinación se contabilizó por 16 días. Se realizó un análisis de varianza para identificar diferencias entre tratamientos con una significancia de $p < 0.05$. Los resultados mostraron que la mayor cantidad de semillas germinadas fue durante el tercer y el octavo día. Asimismo, se observaron diferencias en todos los tratamientos y por especie, donde los porcentajes más altos fueron: *Havardia pallens* con 98% y *Prosopis laevigata* con 97.5% de germinación, ambos utilizando ácido sulfúrico por un lapso de 5 min, *Ebenopsis ebano* con 97.5 % utilizando ácido sulfúrico por 25 min. Utilizando agua a 100°C *Parkinsonia aculeata* obtuvo 64 % con semillas sumergidas por cinco minutos y finalmente *Vachellia farnesiana* obtuvo el 23.5% de germinación con agua a 100° C por 25 min.

Palabras clave: Agua oxigenada, Ácido Sulfúrico, Embriones, Escarificación, Germinación, Semillas.

Abstract:

The forest species of the Tamaulipan Thorn Scrub (MET) are of great socioeconomic importance in regions where they tend to develop, so trying to recover them is vital to improve economic and ecosystem conditions where they are present. The objective of the study was to identify which pregerminative

treatments are more functional in the different species by means of the speed and percentage of seeds germination. Four seed lots were collected with 50 units per species of phenotypically superior trees free of damage by pests or diseases, they were subjected to three pregerminative treatments for different periods: 1) hydrogen peroxide, 2) hot water (100 ° C) and 3) sulfuric acid. Germination was counted for 16 days. An analysis of variance was performed to identify differences between treatments with a significance of $p < 0.05$. The results showed that the highest number of germinated seeds was obtained between the third and eighth day. Likewise, differences were observed in all treatments and by species, where the highest percentages were: *Havardia pallens* with 98% and *Prosopis laevigata* with 97.5% germination, both using sulfuric acid for a period of 5 min, *Ebenopsis ebano* with 97.5% using sulfuric acid for 25 min. Using boiling water *Parkinsonia aculeata* obtained 64% with seeds submerged for five minutes and finally *Vachellia farnesiana* 23.5% germination with water at 100 ° C for 25 min.

Keywords: Hydrogen peroxide, Sulfuric Acid, Embryos, Germination, Seeds, Scarification.

Introducción

En México, se estima que el 70% del territorio se encuentra ocupado por terrenos forestales con diferentes tipos de vegetación, entre los cuales destacan los bosques templados, tropicales y zonas áridas (Challenger y Soberón, 2008). Uno de los principales tipos de vegetación que representan a las zonas áridas, son los matorrales, los cuales ocupan el 40% de la superficie del país (Pequeño-Ledezma *et al.*, 2017), el Matorral Espinoso Tamaulipeco (MET) presenta una distribución que va desde el sur de Texas en Estados Unidos, hasta algunos municipios de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas en México (Diamond *et al.*, 1987; González-Medrano, 2003), registra una superficie aproximada de 125 000 km², aunque dado al grado de fragmentación que afecta esta comunidad vegetal solo existen 25 569 km² (CONABIO, 2018). Este tipo de vegetación comprende

una gran diversidad de especies leñosas con usos forrajeros y de producción forestal como *Diphysa microphylla*, *Senegalia berlandieri*, *Vachellia farnesiana*, *V. Rigidua*, entre otras (Von Maydel, 1996; Molina-Guerra *et al.*, 2013; Molina-Guerra *et al.*, 2019).

La vegetación que conforma el MET, tanto arbórea como arbustiva, ha estado sometida a diferentes perturbaciones dadas por los efectos de diferentes actividades antropogénicas, como la ganadería, agricultura, así como naturales por mencionar los incendios, llegando a afectar la capacidad de producción maderable, cobertura del suelo y los servicios ecosistémicos (García y Jurado, 2008; Pequeño-Ledezma *et al.*, 2012). Además, estas actividades han ocasionado cambios en la estructura del hábitat, modificando el ambiente físico y biológico y, eventualmente, las interacciones entre la flora y fauna (Sang *et al.*, 2008; Arriaga, 2009; Céspedes-Flores y Moreno-Sánchez, 2010).

Como respuesta a los cambios mencionados, es preponderante implementar acciones de restauración o recuperación de áreas degradadas por medio de la plantación de especies leñosas (Alanís-Rodríguez *et al.*, 2010). Sin embargo, la mayor parte de estas especies en el MET poseen semillas con ciertos mecanismos de latencia que dificultan los procesos germinativos (Viveros-Viveros *et al.*, 2015). Por esta razón, es necesario aplicar tratamientos pregerminativos que permitan romper la latencia en las semillas, pero es importante identificar qué tipo de tratamiento se adapta mejor a cada especie analizada (Hernández *et al.*, 2001).

Existen diferentes tipos de latencia que impiden o limitan la germinación de diversas especies, entre las cuales se encuentran: fisiológica, morfológica, morfofisiológica, física, física más fisiológica, química y mecánica (Baskin y Baskin, 2014). La latencia física es comúnmente observada en especies de ecosistemas con alternancia de estaciones secas y húmedas (Finch-Savage & Leubner-Metzger, 2006), como es el caso del MET. La principal causa de la latencia química, es la presencia de inhibidores que bloquean el crecimiento del embrión, mientras que la latencia física es ocasionada por la impermeabilidad de

la semilla, esta última se presenta en muchos géneros de fabáceas (Baskin y Baskin, 2014). En este sentido, las semillas se deben someter a tratamientos de escarificación (e.g., mecánica o química) que permitan ablandar la testa, mediante perforación o rasgado, para hacerla permeable sin causar daños al endospermo y embrión (Padilla, 1995; Viveros-Viveros *et al.*, 2015).

Existen diversos tratamientos de escarificación que son recomendados para romper la latencia física de las semillas, como la inmersión en agua caliente, ácido sulfúrico o peróxido de hidrógeno (Barba-Espín *et al.*, 2011; Lozano *et al.*, 2016, García-Ruiz *et al.*, 2018). Sin embargo, la efectividad de dichos tratamientos ha sido poco estudiada en especies del MET y aún existen controversias sobre si el uso de algún tratamiento puede generalizarse. Además, se desconocen algunas particularidades de aplicación, como los tiempos óptimos de exposición.

Las especies estudiadas pertenecen a la familia de las leguminosas (Fabaceae), las cuales presentan una testa impermeable que impide la entrada de agua e intercambio de gases, dificultando el desarrollo del embrión (Harper, 1977; Bidwell, 1979; Bewley y Black, 1994), por lo que requieren de tratamientos para acelerar el proceso de germinación.

En este sentido, el objetivo del estudio fue evaluar la eficiencia de diferentes tratamientos de escarificación en cinco especies leñosas del MET, midiendo el número de semillas germinadas, identificando los lapsos de mayor incremento en el porcentaje de germinación. La hipótesis de partida fue que el porcentaje de germinación sería mayor bajo el uso de algún tratamiento de escarificación con respecto a un control sin escarificación; pero, cada especie respondería diferente a cada uno de los tratamientos aplicados.

Materiales y métodos

Área de estudio

El análisis de germinación se desarrolló en el laboratorio de semillas de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León, ubicada en las coordenadas de referencia 24°47.85' N y 99°32.53' O. La elevación en el área es de 379 msnm, con clima semicálido subhúmedo y precipitación media anual de 600 a 800 mm (INEGI, 2009). La temperatura media anual oscila de 12 a 18°C, la recolección de las semillas se realizó en sitios con vegetación en buen estado de conservación, dentro del municipio de Linares, Nuevo León, como se muestra en la fig. 1.

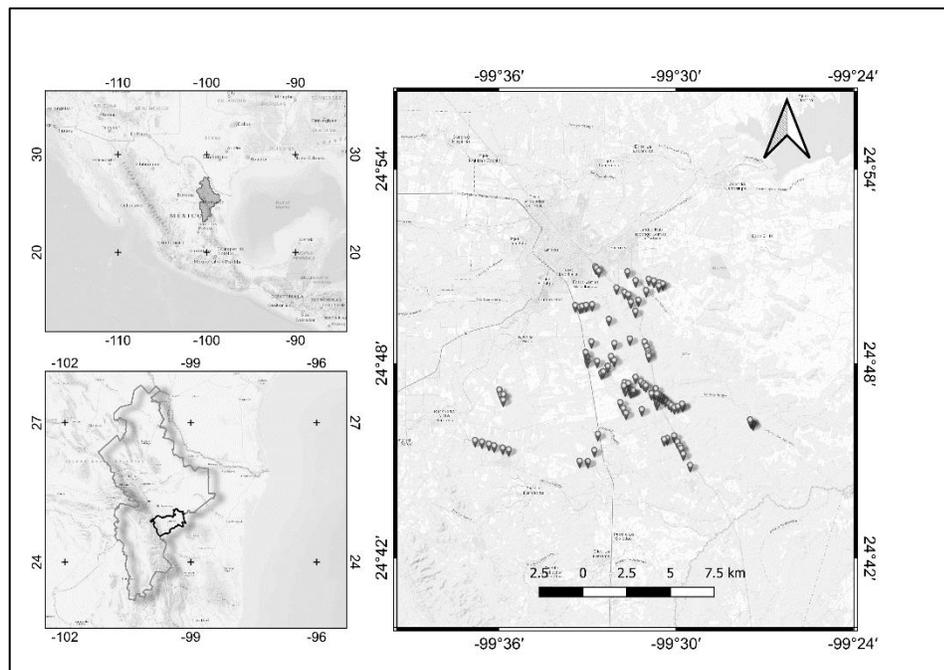


Figura II. 1. Ubicación de sitios de recolección de semilla.

Metodología

El germoplasma se obtuvo de árboles de cinco especies arbóreas consideradas de importancia ecológica y económica (Molina-Guerra *et al.*, 2019) (Cuadro 1). Las semillas se colectaron durante la primavera del 2021, para ello se realizó un muestreo dirigido donde se localizaron 20 individuos por especie con el fin de representar la variación genética de las poblaciones. Se seleccionaron individuos

fenotípicamente superiores, libres de plagas y enfermedades, así mismo se constató que las semillas presentarían una apariencia sana sin evidencia de hongos o parasitismo de insectos. Con la finalidad de disponer de semillas para experimentos subsecuentes, se recolectó un mínimo de cuatro mil semillas por especie. Las semillas se mezclaron y se pusieron a secar en papel estraza a temperatura ambiente por un periodo de dos meses, permitiendo de esta manera la maduración completa de las semillas y con ello facilitar la extracción manual de las vainas.

Una vez extraída la semilla, se mezclaron y al azar se hicieron lotes de 200 semillas, estas fueron distribuidas en cuatro repeticiones de 50 semillas para cada tratamiento de las cinco especies. Se realizó una prueba de viabilidad por flotación (Landis *et al.*, 1998), así como una inspección visual de las semillas. Los lotes fueron sometidos a los siguientes tratamientos: 1) Peróxido de hidrógeno, 2) agua a 100 °C y 3) ácido sulfúrico, con diferentes tiempos de exposición en cada uno y 4) testigo (Cuadro 2). Los diferentes tratamientos y sus diferentes tiempos de exposición fueron determinados de acuerdo con cada especie. El control de agentes patógenos se llevó a cabo por medio de aspersiones con fungicida Mancozeb (Manzate[®], FARMAGRO S.A., Guayaquil, Perú) a razón de 2 g L⁻¹. El germoplasma se colocó en cajas Petri, el cual se dispuso sobre papel filtro húmedo. El experimento se llevó a cabo en una cámara de germinación marca SL Shell Lab a una temperatura constante de 28° C, y una humedad relativa del 65%. La toma de datos se realizó durante 16 días, contabilizando como germinadas a las semillas con raíz emergida de 1 cm.

Tabla II. 1. Especies leñosas de la familia Fabaceae del MET utilizadas.

No.	Especie	Nombre común
1	<i>Ebenopsis ebano</i> (Berland.) Barneby & JWGrimes	Ébano
2	<i>Prosopis laevigata</i> (Willd.) MCJohnst.	Mezquite
3	<i>Vachellia farnesiana</i> (L.) Wight y Arn.	Huizache
4	<i>Parkinsonia aculeata</i> L.	Retama
5	<i>Havardia pallens</i> (Benth.) Britton & Rose	Tenaza

Tabla II. 2.Tratamientos pregerminativos en cinco especies leñosas del MET.

No.	Tratamiento pregerminativo	Tiempo de inmersión
1	Ácido sulfúrico (98,08 ppm)	1 min
2	Ácido sulfúrico (98,08 ppm)	5 min
3	Ácido sulfúrico (98,08 ppm)	15 min
4	Ácido sulfúrico (98,08 ppm)	25 min
5	Peróxido de hidrógeno (H ₂ O ₂)	20 min
6	Peróxido de hidrógeno (H ₂ O ₂)	60 min
7	Agua caliente (100° C)	1 min
8	Agua caliente (100° C)	5 min
9	Agua caliente (100° C)	8 min
10	Agua caliente (100° C)	15 min
11	Agua caliente (100° C)	20 min
12	Agua caliente (100° C)	25 min
	Testigo	-

Análisis de datos

Para identificar diferencias significativas entre tratamientos, se realizó un análisis de varianza (ANOVA). Los datos de porcentaje de germinación se transformaron mediante la fórmula $x = \text{Arcsen}\sqrt{x}$. Los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas se verificaron mediante la prueba de Shapiro Wilk y de Levene, respectivamente. Se utilizó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey para determinar diferencias entre tratamientos con un nivel de significancia de $p < 0.05$. Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el Software IBM © SPSS © Statistic versión 19 (Zar, 2010).

Resultados

La germinación fue diferente en todas las especies, obteniendo resultados distintos por cada tratamiento. La inmersión en ácido sulfúrico fue el tratamiento que produjo el mayor porcentaje de germinación en *P. laevigata*, *H. pallens* y *E.*

ebano; aunque, el tiempo óptimo de exposición difirió entre especies. En *P. laevigata*, se obtuvo un porcentaje de germinación del 97.5 % (SE=3.78) con la inmersión por cinco minutos, la mayor tasa germinativa se presentó entre el segundo y cuarto día, aumentando de 0 a 92 % de germinación (Figura 2A). Asimismo, en *H. pallens* se logró un porcentaje de germinación del 98 % (SE=1.63) con el tratamiento de inmersión por cinco minutos, donde la mayor tasa de germinación se dio del segundo al quinto día aumentando de 0 al 96 % (Figura 2B). *E. ebano* presentó la mayor germinación con inmersión por 25 minutos, con una germinación acumulada de 97.5 % (SE=1.91), mostrando el mayor incremento (de 7 a 74%) entre el quinto y octavo día (Figura 2D).

El mejor tratamiento para *P. aculeata* y *V. farnesiana* fue la inmersión en agua caliente. Para *V. farnesiana*, el tiempo óptimo de inmersión fue por 25 minutos, con el cual se alcanzó una germinación del 23.5 % (SE=5), con la mayor tasa de germinación entre el segundo y cuarto día, pasando de 0 al 17 % de germinación (Figura 1E). Por otro lado, para *P. aculeata* el mejor tiempo de inmersión fue por cinco minutos, obteniendo un porcentaje de germinación del 64 % (SE=3.65), con la mayor tasa de germinación entre el tercero y cuarto día, aumentando del 8.5 al 44% (Figura 2C).

Para *P. laevigata*, los diferentes tratamientos evaluados mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$). Los lotes de semillas sumergidas en ácido sulfúrico con 5, 15 y 25 minutos presentaron mejores promedios de germinación con 97.5% (SE=1.91), 87.5%(SE=6.19) y 93.5%(SE=1.91) resultando estadísticamente similares entre ellos. El tratamiento con agua en ebullición por cinco minutos produjo el porcentaje de germinación más bajo con respecto a los demás tratamientos utilizados, alcanzando un 2%(SE=2.82) (Figura 2A).

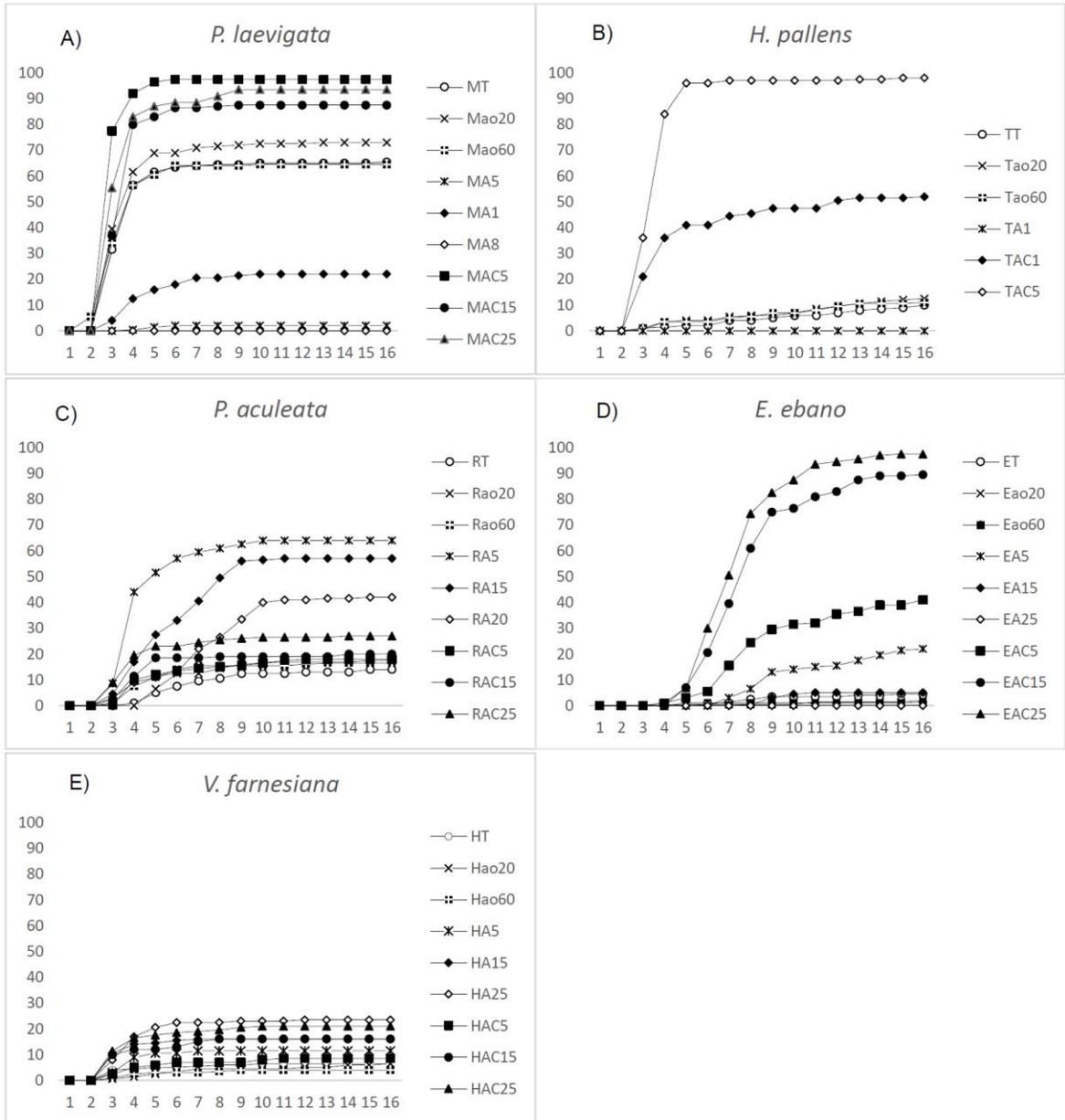


Figura II. 2. Curvas de germinación acumulada de semillas de especies arbóreas del MET sometidas a diferentes tratamientos de escarificación: T (testigo), ao (Peróxido de hidrógeno), A (agua 100°C) y AC (ácido Sulfúrico).

Para *H. pallens*, los tratamientos probados mostraron diferencias significativas entre ellos ($p < 0.05$, $F = 302.95$). Los tratamientos de inmersión en ácido sulfúrico resultaron estadísticamente significativos, arrojando valores de 52% a un minuto

y 98% en cinco minutos. Por el contrario, el testigo presentó el porcentaje de germinación más bajo con 10% (Figura 2B).

En *P. aculeata* se identificaron diferencias significativas ($p < 0.05$, $F = 26.79$) entre los tratamientos probados. Los promedios porcentuales más altos se obtuvieron en los tratamientos en agua a ebullición a diferentes lapsos, donde las cifras alcanzadas fueron de 64% (SE=3.65) en 5 min, 57% (SE=16.21) en 15 min y 42% (SE=14.51) a 20 min. Los tratamientos de escarificación mediante ácido sulfúrico presentaron rangos promedio similares, mientras que el testigo obtuvo un porcentaje de 14% (SE=2.82), siendo este el más bajo (Figura 2C).

Para *E. ebano*, los tratamientos probados mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre sí, las semillas tratadas con ácido sulfúrico registraron cifras de 41% (SE=9.3), 89.5% (SE=7.72) y 97.5% (SE=1.91) en tiempos de inmersión de 5, 15 y 25 minutos respectivamente, resultandos superiores a los demás, por el contrario, el tratamiento de agua oxigenada por 20 minutos y el de agua a 100°C fueron los de menor germinación con 2% (SE=2.82) y 5% (SE=4.16) (Figura 2D). En *V. farnesiana*, los tratamientos de agua a 100°C y en ácido sulfúrico por 25 minutos derivaron los mejores promedios, obteniendo en cada uno cifras de 23.5% (SE=5) y 21% (SE=10.39) respectivamente. Por el contrario, el tratamiento que incluyó agua oxigenada por 60 minutos de sumersión obtuvo el valor más bajo con 4% (SE=1.63), resultando distinto a los demás grupos analizados (Figura 2E).

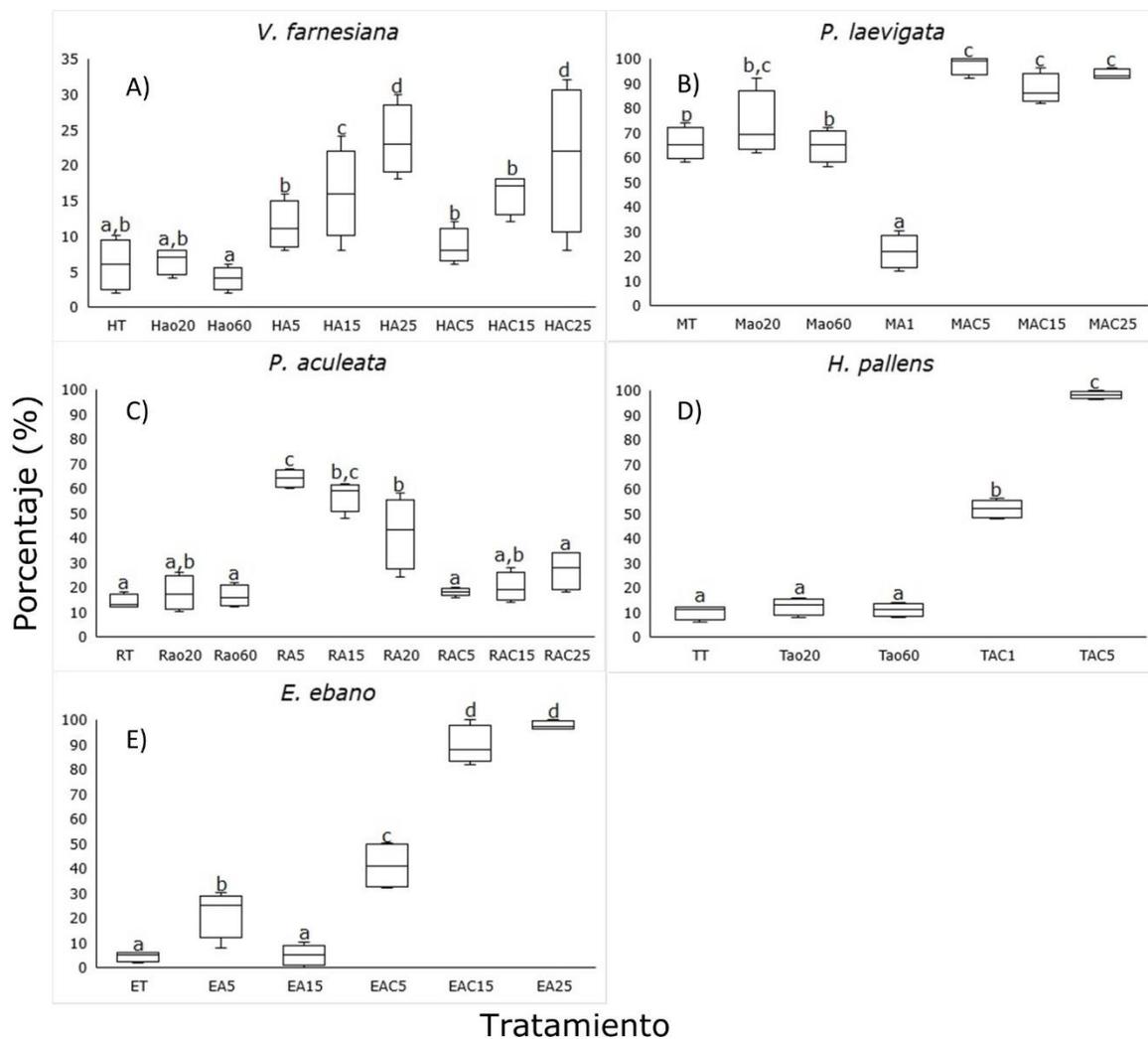


Figura II. 3. Porcentaje de germinación a través de los diferentes tratamientos pregerminativos. Letras diferentes presentan diferencias significativas $p < 0.05$ (a, b, c, d).

Discusión

Los resultados obtenidos para los diferentes tratamientos en las cinco especies muestran diferencias significativas en germinación a través de los diferentes tratamientos pregerminativos.

Con base en los resultados se acepta la hipótesis planteada, de que el porcentaje de germinación sería mayor bajo el uso de algún tratamiento de escarificación con respecto a un control sin escarificación, y donde cada especie respondería diferente a cada uno de los tratamientos aplicados,

Gupta y Chakrabarty (2013) indicaron que, de forma natural, el rompimiento de latencia puede ocurrir con la influencia de factores físicos como temperatura, luz y humedad. Aunque, la escarificación química también ocurre de forma natural en semillas de algunas especies, por el paso por el tracto digestivo de algunos animales que las llegan a consumir (Thanos *et al.*, 1992). En este sentido, de forma artificial, la escarificación química mediante inmersión en ácido sulfúrico suele ser un método eficiente para especies de leguminosas arbóreas (Rossini *et al.*, 2006; Padma *et al.*, 1995).

En el presente estudio, la inmersión en ácido sulfúrico registró los valores más altos de germinación para *P. laevigata*, *H. pallens* y *E. ebano*, lo cual coincide con los resultados de Villarreal *et al.* (2013), quienes evaluaron la germinación *in vitro* de semillas de *Prosopis glandulosa*, utilizando ácido sulfúrico a razón de 20 minutos de inmersión obteniendo hasta un 96% de germinación. Por su parte, Quiñónez-González *et al.* (2013) reportaron un 70% de germinación para *P. laevigata* utilizando agua a 70° C durante ocho minutos, lo cual resulta contrastante a lo obtenido en este estudio, donde las semillas sumergidas en agua a 100° C mostraron una tendencia de disminución de germinación al incremento en el lapso de inmersión.

Para *H. pallens* los datos reportados por Marroquín (2018) determinaron que esta especie presentó un buen porcentaje de germinación (94%) utilizando tratamientos de escarificación mecánica (lija) para remover los tegumentos y propiciar el brote de embriones, sin embargo en este estudio, se demostró que para esta especie la escarificación química con ácido sulfúrico presenta una germinación de hasta el 98%, lo cual evidencia que este método es más práctico para escarificar grandes cantidades de semilla.

Con respecto al porcentaje de germinación *P. aculeata* los resultados coinciden con McCaughey-Espinoza *et al.* (2018) quienes encontraron un 95% de germinación en *Parkinsonia microphyllum* y *Parkinsonia florida* utilizando la escarificación térmica (agua 80° C por 8 minutos).

Los resultados para *E. ebano* coinciden con los obtenidos por Luera *et al.* (2021) quienes evaluaron el efecto del ácido sulfúrico en *E. ebano*, encontrando obteniendo un 90% de germinación.

Para *V. farnesiana*, los resultados obtenidos en este estudio difieren de lo estimado por Villarreal *et al.* (2013), ya que los resultados obtenidos por ellos arrojaron una germinación del 80% con ácido sulfúrico con una inmersión por 20 min, mientras que en este estudio solo se obtuvo un 23.5%.

Los resultados obtenidos para *P. aculeata* en 5, 15 y 25 minutos demostraron una tendencia al incremento de la germinación a mayor tiempo de inmersión, lo cual es acorde con los resultados obtenidos por Everitt (1983) quien reporta un 87% de germinación para *P. aculeata* utilizando ácido sulfúrico durante 45 minutos.

Sobrevilla-Solís *et al.* (2013) sugieren que los tratamientos de escarificación mecánica suelen ser más efectivos al momento de obtener un porcentaje de germinación alto, ya que tienen contacto directo al momento de romper la testa y provocar una emergencia de embriones en menor tiempo. Sin embargo, los resultados obtenidos muestran que la escarificación química y térmica en diferentes tiempos de inmersión son alternativas más viables cuando se trata de reproducir especies arbóreas del MET.

Conclusiones

Para las especies *Havardia pallens*, *Prosopis laevigata* y *Ebenopsis ebano*, los tratamientos con mayor efectividad fueron los que utilizaron ácido sulfúrico, esto indica que la testa de las semillas en estas especies es resistente. Los mejores tratamientos para *Vachellia farnesiana* y *Parkinsonia aculeata* fueron los que utilizaron agua a 100° C. Para *V. farnesiana* se encontró una tendencia de incremento de germinación a mayor tiempo, mientras *P. aculeata* el efecto fue contrario. Ambas especies demostraron una tendencia de incremento de la

germinación con los mayores lapsos de inmersión. Los lotes de semillas que utilizaron agua en ebullición por un lapso determinado resultan tener buenos porcentajes de germinación. Sin embargo, para semillas de especies con testa más delgada, un elevado tiempo de inmersión puede dañar el embrión y reducir el porcentaje de germinación.

Referencias

- Alanís-Rodríguez E., J. Jiménez P., M. Pando M., O. A. Aguirre C., E. J. Treviño G., y P. A. Canizales V. 2010. Caracterización de la diversidad arbórea en áreas restauradas post-incendio en el parque ecológico Chipinque, México. *Acta Biológica Colombiana* 15(2): 309-324. <https://doi.org/10.21829/myb.2010.1641159>
- Arriaga, L. 2009. Implicaciones del cambio de uso de suelo en la biodiversidad de los matorrales xerófilos: un enfoque multiescalar. *Investigación Ambiental* 1(1):6-16. <https://doi.org/10.4067/s0718-27912009000300003>
- Barba-Espín, G., P. Diaz Vivancos, D. Job, M. Belghazi, C. Job, and J. A. Hernández. 2011. Understanding the role of H₂O₂ during pea seed germination: a combined proteomic and hormone profiling approach. *Plant Cell and Environment* 34(11), 1907-1919. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2011.02386.x>.
- Baskin C. C and J. M. Baskin. 2014. *Seeds: Ecology, Biogeography and Evolution of Dormancy and Germination*, second edition. San Diego, CA, USA: Academic Press. <https://doi.org/10.1006/anbo.2000.1238>
- Bewley, J. D. and M. Black. 1994. *Seeds. Physiology of development and germination*. Plenum Press. New York, NY, USA. 444 p.
- Bidwell, R. G. S. 1979. *Fisiología Vegetal*. AGT Editor. Ciudad de México, México. 784 p.

- Céspedes-Flores, S. E. y E. Moreno-Sánchez. 2010. Estimación del valor de la pérdida de recurso forestal y su relación con la reforestación en las entidades federativas de México. *Investigación Ambiental* 2(2), 5-13. <https://doi.org/10.2307/j.ctv1xxvwr.9>
- Challenger, A. y J. Soberón. 2008. Los ecosistemas terrestres. *In*: Soberón J., G. Halffter y J. Llorente-Bousquets. *Capital natural de México: Conocimiento actual de la biodiversidad*. Vol 1. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. pp. 87-108. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.113645>
- Dias, D.C.F.S. 2005. Dormancia de semillas. *Seed News* [serie en internet].2005, IX (4): [aprox. 5 pp]. http://www.seednews.inf.br/espanhol/seed94/print_artigo94_esp.html, (23 de enero de 2022).
- Everitt, J. H. 1983. Seed Germination Characteristics of Two Woody Legumes (Retama and Twisted Acacia) from South Texas. *Journal of Range Management* 36(4), 411-414. DOI 10.2307/3897928
- Finch-Savage, W. E. y G. Leubner-Metzger. 2006. La latencia de las semillas y el control de germinación. *New phytologist*, 171 (3), 501-523. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2006.01787.x>
- García, J. y E. Jurado. 2008. Caracterización del matorral con condiciones prístinas en Linares N.L., México. *Ra Ximhai* 4(1): 1–21. <https://doi.org/10.35197/rx.04.01.2008.01.jghej>
- García-Paredes, J.D., L.E. Rodríguez Navarro, A. Madueño-Molina, A.M. Hanan-Alipí and J.I. Bojórquez-Serrano 2017. Effect of pregerminative treatments on *Pithecellobium dulce*, *Leucaena leucocephala* and *Sesbania* spp. *Revista Bio Ciencias* 4(3): 202-211. <http://dx.doi.org/10.15741/revbio.04.03.06>

- García-Ruiz R. F., S. L. Castañeda-Garzón and E. F. Valdéz-Hernández. 2018. Quality of rocoto pepper (*Capsicum pubescens* Ruiz and Pav.) seeds in relation to extraction timing. *Acta Agronómica* 67(2), 246–251. <https://doi.org/10.15446/acag.v67n2.59057>
- Gupta, R. and S.K. Chakrabarty. 2013. Gibberellic acid in plant still a mystery unresolved. *Plant Signaling & Behavior* 8(9), e25504. <https://doi.org/10.4161/psb.25504>
- Harper, J. L. 1977. *Population Biology of Plants*. Academic Press. Londres, 892 p.
- Hernández V.G., L. R. Sánchez V. y F. Aragón. 2001. Tratamientos pregerminativos en cuatro especies arbóreas de uso forrajero de la selva baja caducifolia de la sierra de Mazatlán. *Foresta Veracruzana* 3 (1):9-15. <https://doi.org/10.21829/myb.2017.2331426>
- INEGI. (2009). *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos*.
- Landis, T. D., R. W. Tinus, and J. P. Barnett. 1998. *The container tree nursery manual*. Vol. 6, Seedling propagation. *Agriculture Handbook* 674. Washington, D.C., USDA Forest Service. 166 p.
- Luera, P., K. Wahl-Villarreal, B.O. Christoffersen, A. Treviño, P. Soti and C.A. Gabler. 2021. Effects of Scarification, Phytohormones, Soil Type, and Warming on the Germination and/or Seedling Performance of Three Tamaulipan Thornscrub Forest Species. *Plants* 10, 1489. <https://doi.org/10.3390/plants10081489>
- Liu, N.Y., H. Khatamiand and T.A. Fretz. 1981. Seed coat structure of three woody legume species after chemical and physical treatments to increase seed germination. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 106: 691-694.

- Lozano, E. C., A. Zapater, C. Mamani, C. B. Flores, M. N. Gil y S. S. Sühling. 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. <https://doi.org/10.31055/1851.2372.v51.n1.14414>
- Marroquín Castillo, J. J. 2018. Germinación, facilitación y competencia entre plantas del noreste de México y su relación con la filogenia. Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Nuevo León. <http://eprints.uanl.mx/id/eprint/16795>
- McCaughey-Espinoza, D. M., G. I. Ayala-Astorga, M. G. Burboa-Zazueta, R. Retes-López and A. Ochoa-Meza. 2018. Use of Native Plants for the Rehabilitation of Quarries in Sonora. *Idesia*, 36(4), 17-24. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292018005002401>
- Molina-Guerra, V. M., M. Pando-Moreno, E. Alanís-Rodríguez, P.A. Canizales-Velázquez, H. González-Rodríguez, y J. Jiménez-Pérez. 2013. Composición y diversidad vegetal de dos sistemas de pastoreo en el matorral espinoso tamaulipeco del Noreste de México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 4(2), 361-371. <https://doi.org/10.21829/abm110.2015.187>
- Molina-Guerra, V.M., A. Mora-Olivo, E. Alanís-Rodríguez, B. Soto-Mata y A.M. Patiño-Flores. 2019. Plantas características del matorral espinoso tamaulipeco en México. Editorial Universitaria de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, México. 114 p.
- Padilla, M. 1995. Tratamientos pregerminativos. *In*: Trujillo, E. (ed.). Memoria del curso nacional de recolección y procesamiento de semillas forestales. CATIE-PROSEFOR. Turrialba, Costa Rica. pp. 1-6.

- Padma, V., B. M. Reddy and G. Satyanarayana. 1995. Breaking dormancy in certain *Acacia* spp. by pre-sowing seed treatments. *Seed Research* 21:26-30. <https://www.cabi.org/isc/abstract/19950619310> (20 de enero de 2022).
- Pequeño-Ledezma, M. A., E. Alanís-Rodríguez, J. Jiménez-Pérez, M. A. González-Tagle, J. I. Yerena-Yamallel, G. Cuellar-Rodríguez y A. Mora-Olivo. 2012. Análisis de la restauración pasiva post-pecuaria en el matorral espinoso tamaulipeco del noreste de México. *CienciaUAT* 7(1): 48-53. <https://doi.org/10.29059/cienciauat.v7i1.39>
- Pequeño-Ledezma, M. A., E. Alanís-Rodríguez, J. Jiménez-Pérez, O. A. Aguirre-Calderón, M. A. González-Tagle y V. M. Molina-Guerra. 2017. Análisis estructural de dos áreas del matorral espinoso tamaulipeco del noreste de México. *Madera y Bosques* 23(1), 121-132. <https://doi.org/10.21829/myb.2017.2311125>
- Pereza-Villarreal, H., M.E. Sánchez-Coronado, R. Lindig-Cisneros, C. Tinoco-Ojanguren, N. Velázquez-Rosas, L. Cámara-Cabrales, and Orozco-A. Segovia. 2018. Seed priming effects on germination and seedling establishment of useful tropical trees for ecological restoration. *Tropical Conservation Science* 11. <https://doi.org/10.1177/1940082918817886>
- Quiñónez-González, A., V. González-Ontivero, J. R. Chávez-Pérez, A. Vargas-Martínez y F. Barrientos-Díaz. 2013. Evaluación de inoculantes promotores de crecimiento en la producción de plántulas de mezquite (*Prosopis laevigata* (Humb. y Bonpl. Ex Willd) M. C. Johnston) en Durango. *Revista Mexicana Ciencias Forestales* 4(20): 13. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v4i20.371>
- Rossini Oliva, S. Valdés Castrillón, B. Andrés Camacho, M. C. Márquez Campón, F. & M. Bueso López. 2006. Germinación de las semillas en algunas especies americanas de Fabaceae y Bignoniaceae cultivadas en Sevilla

(SO España). Lagasalia, 26, 119-129.
<http://institucional.us.es/revistas/lagasalia/26/art8.pdf>

Sang, W., S. Chen, and G. Li. 2008. Dynamics of leaf area index and canopy openness of three forest types in a warm temperate zone. *Frontiers of Forestry in China* 3(4): 416-421. <https://doi.org/10.1007/s11461-008-0062-3>

Thanos, C.A., K. Georghiou, C. Kadis and C. Pantazi. 1992. Cistaceae: a plant family with hard seeds. *Israel Journal of Botany*. Vol.41: 251-263.
DOI: 10.1080/0021213X.1992.10677232

Villarreal-Garza, J. A., A. Rocha-Estrada, M. L. Cárdenas-Ávila, S. Moreno-Limón, M. González-Álvarez y V. Vargas-López. 2013. Caracterización morfológica, viabilidad y germinación de semillas de mezquite y huizache en el noreste de México. *Phyton: Revista Internacional de Botánica Experimental* 82(2), 169-174. <http://revistaphyton.fundromuloraggio.org.ar/vol82/VILLARREAL.pdf> (20 de enero de 2022).

Viveros-Viveros, H., J.D. Hernández-Palmeros, M.V. Velasco-García, R. Robles-Silva, C. Ruiz-Montiel, A. Aparicio-Rentería, M.J. Martínez-Hernández, J. Hernández-Villa y M.L. Hernández-Hernández. 2015. Análisis de semilla, tratamientos pregerminativos de *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. y su crecimiento inicial. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 6(30), 52-65. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v6i30.207>

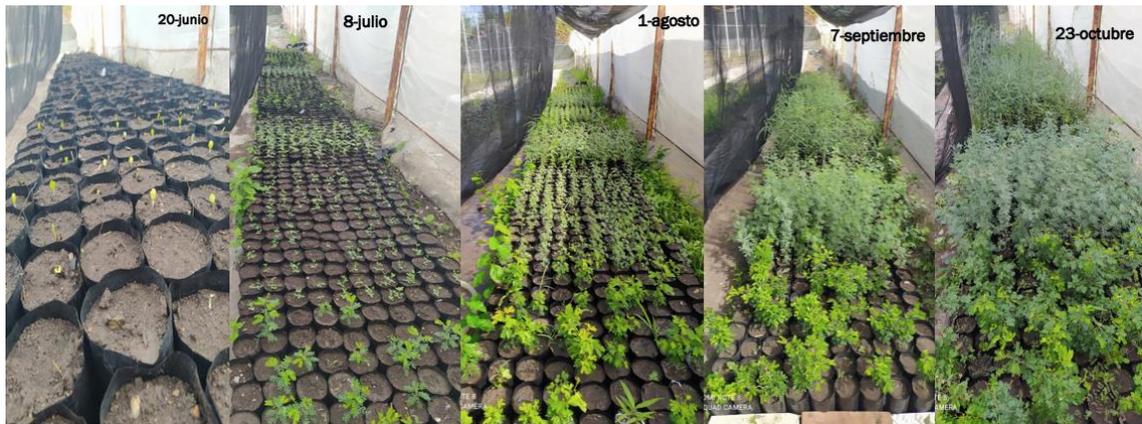
Von Maydel, H. J. 1996. Appraisal of practices to manage woody plants in semiarid environment. *In*: S. J. Bruns, O. Luukanen and P. Woods (Eds.). *Dry land forestry research*. Estocolmo, Suecia: International Foundation for Science. ISBN-10: 9185798436, ISBN-13: 978-9185798438. Pp. 47-64.

Werker, E. 1980. Seed dormancy as explained by the anatomy of embryo envelopes. Impermeability to water, impermeability to oxygen, and

mechanical resistance to radicle protrusion. Israel Journal of Botany
29:22–44. doi: <https://doi.org/10.1080/0021213X.1980.10676874>

Capítulo III.

Evaluación de diferentes tratamientos de vivero para la reproducción de cuatro especies leñosas del matorral espinoso tamaulipeco del noreste de México



Resumen

Ante la creciente falta de plantas nativas del matorral espinoso tamaulipeco en vivero con fines de restauración ecológica, en el presente estudio se evaluaron diferentes tratamientos de sustrato y de intensidad de luz, para cuatro especies características del matorral espinoso tamaulipeco (*Ebenopsis ebano*, *Parkinsonia aculeata*, *Prosopis laevigata*, y *Vachellia farnesiana*). Las mezclas de sustrato estuvieron compuestas por: 1) tierra de monte como testigo, 2) tierra de monte - 25% de arena de río y 3) tierra de monte - 25% de aserrín, para la intensidad de luz se utilizó: 1) sol directo, 2) malla sombra al 30% y 3) malla sombra al 50%; como contenedor se utilizó bolsa de poliestireno de 1100 ml. Las variables evaluadas fueron altura, diámetro del cuello, e índice de calidad de Dickson. En plantas con cuatro meses de edad, se obtuvieron diferencias significativas ($p < 0.05$), que dependieron de las combinaciones sustrato e intensidad de luz, la calidad de planta fue clasificada como media alta, media y baja. Los resultados indican que el sustrato compuesto por tierra de monte – 25% arena – sol directo se obtuvo planta de mejor calidad para *Parkinsonia aculeata*, *Prosopis laevigata*, y *Vachellia farnesiana*, mientras que para *Ebenopsis ebano* fue el tratamiento de tierra de monte – malla al 30% también se identificaron los mejores tratamientos para el mayor diámetro y la altura, los mejores tratamientos en cuanto a calidad para estas especies fueron las que utilizaron tierra de monte - 25% de arena – sol directo. Los valores obtenidos indican que el uso de arena es una alternativa viable para el crecimiento de estas leguminosas en vivero, ya que contribuye a la disminución de los gastos de producción de planta.

Palabras clave: desarrollo, diámetro, altura, calidad de planta, sustrato, intensidad de luz

Abstract

Given the growing lack of native plants of the Tamaulipas thorny scrub in nurseries for ecological restoration purposes, in the present study different substrate and light intensity treatments were evaluated for four characteristic species of the Tamaulipas thorny scrub (*Ebenopsis ebano*, *Parkinsonia aculeata*, *Prosopis laevigata*, and *Vachellia farnesiana*). The substrate mixtures were composed of: 1) mountain soil as a control, 2) mountain soil - 25% river sand and 3) mountain soil - 25% sawdust, for light intensity the following was used: 1) direct sun, 2) shade mesh at 30% and 3) shade mesh at 50%; 1100 ml polystyrene bag was used as container. The variables evaluated were height, neck diameter, and Dickson's quality index. In plants with four months of age, significant differences were obtained ($p < 0.05$), which depended on the combinations of substrate and light intensity, the quality of the plant was classified as medium high, medium and low. The results indicate that the substrate composed of mountain land - 25% sand - direct sun, a better-quality plant was obtained for *Parkinsonia aculeata*, *Prosopis laevigata*, and *Vachellia farnesiana*, while for *Ebenopsis ebano* the treatment of mountain land - mesh was obtained. 30% the best treatments were also identified for the largest diameter and height, the best treatments in terms of quality for these species were those that used mountain land - 25% sand - direct sun. The values obtained indicate that the use of sand is a viable alternative for the growth of these legumes in the nursery, since it contributes to the reduction of plant production costs.

Keywords: development, diameter, height, plant quality, substrate, light intensity

Introducción

Las especies nativas del matorral espinoso tamaulipeco (MET) han sido objeto de un uso irracional para la obtención de materias primas, además de que su superficie en el noreste del país se ha visto afectada por el sobrepastoreo, incendios forestales y eliminación de la cubierta vegetal (Foroyghbakhch y Peñalzoa, 1998; García y Jurado, 2008; Alanís *et al*, 2008).

Por todo el uso irrazonable así como su gran diversidad, la región del MET ha sido considerada como un punto crítico de conservación (Ricketts *et al*, 2003), de ahí el interés que han presentado diferentes organismos tanto públicos como privados por restaurar el MET utilizando especies nativas, además de fomentar el uso de estas especies en entornos urbanos que ayudan a conservar mejor el agua y suelo (Luera *et al*, 2021).

El gran reto al que se han presentado estos proyectos de restauración ha sido la falta de plántulas de calidad que cubra la demanda con especies nativas de esta comunidad. Para lograr el éxito en vivero se debe tomar en cuenta el sustrato, ya que debido a sus características como la porosidad, retención de agua, drenaje y disponibilidad de nutrimentos está fuertemente relacionado con el desarrollo, producción de materia seca así como la supervivencia de las especies (Zumkeller *et al.*, 2009; Escobar y Buamscha, 2012). De manera tradicional en el país se emplean sustratos como tierra de monte, tierra agrícola, y arena de río (Rodríguez-Laguna *et al*, 2018). Además de estos tipos de sustratos se pueden implementar diversos materiales orgánicos e inorgánicos, entre ellos destaca el aserrín dado a abundancia y creciente producción (SEMARNAT, 2016).

Otro factor que se ha demostrado que es de los más importantes y que afectan directamente el crecimiento de las plantas es la luz (Roe *et al*, 1970; Daniel *et al*, 1983). Se ha demostrado que existe un rango de intensidad de luz en las que las especies presentan un mejor crecimiento, pero para las especies del MET la información disponible es escasa sobre el tema.

Ante la falta de conocimientos el objetivo de esta investigación fue de Identificar los mejores tratamientos de sustrato e intensidad de luz que promuevan el mejor

desarrollo de cuatro especies del MET (*Ebenopsis ébano*, *Parkinsonia aculeata*, *Prosopis laevigata* y *Vachellia farnesiana*). La hipótesis de partida fue que el desarrollo de las especies sería mayor bajo el uso de algún tratamiento de sustrato e intensidad de luz.

Materiales y métodos

Área de estudio

El estudio se desarrolló en las instalaciones del vivero de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León, ubicada en las coordenadas de referencia 24°47'51" latitud Norte y 99°32'32" longitud Oeste, en el municipio de Linares, Nuevo León (Noreste de México; Figura 1). Se encuentra a 379 msnm, con clima semicálido subhúmedo y una precipitación media anual de 600 mm a 800 mm (INEGI, 2009). La temperatura media anual es de 12 a 18°C, la procedencia del germoplasma fue por cuenta propia, la recolección de las semillas se realizó en sitios con vegetación en buen estado de conservación, dentro del municipio de Linares, Nuevo León.

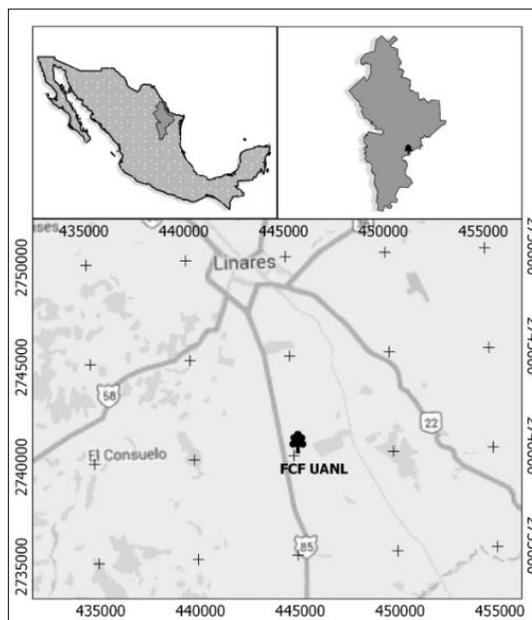


Figura III. 1. Mapa del área de estudio

Metodología

El germoplasma se obtuvo de árboles de cuatro especies arbóreas consideradas de importancia ecológica y económica (Molina *et al.*, 2019). Se realizó la colecta de semillas de *Ebenopsis ebano*, *Parkinsonia texana*, *Prosopis laevigata* y *Vachellia farnesiana* en el matorral espinoso tamaulipeco, la semilla se colectó de diferentes árboles, con la finalidad de obtener variabilidad genética. Se verificó que fueran árboles fenotípicamente superiores, y se encontraran libres de plaga y/o enfermedades. A cada conjunto de semillas se le aplicó un tratamiento pregerminativo previamente identificado para romper la latencia que presentan.

Tabla III. 1. Especies leñosas de la familia Fabaceae del MET utilizadas.

No.	Especie	Nombre común
1	<i>Ebenopsis ebano</i> (Berland.) Barneby & JWGrimes	Ébano
2	<i>Parkinsonia aculeata</i> L.	Retama
3	<i>Prosopis laevigata</i> (Willd.) MCJohnst.	Mezquite
4	<i>Vachellia farnesiana</i> (L.) Wight y Arn.	Huizache

Para la siembra de las semillas se utilizaron bolsas de plástico negro de 13 x 25 cm, con una capacidad de 1100 ml, donde se utilizaron tres tipos de sustrato: 1) testigo (tierra de monte), 2) testigo más con un 25% de aserrín y 3) testigo con 25% de arena. En vivero se acomodaron los contenedores en platabandas a nivel del suelo con los tres tipos de sustrato en tres diferentes porcentajes de sombra: 1) sol directo, 2) malla sombra al 30% y 3) malla sombra al 50%.

Previo a la siembra de la semilla se realizó una prueba de viabilidad por flotación (Landis *et al.*, 1998), así como una inspección visual de las semillas, por cada tratamiento de luz y de sustrato se hicieron lotes de 80 semillas, distribuidos en cuatro repeticiones de 20 semillas. En total se utilizaron 2880 semillas, 720 de cada especie para un acomodo de 80 semillas por tipo de sustrato y por cada tratamiento de sombra (4 repeticiones de 20 semillas).

Tabla III. 2. Tratamientos de reproducción de planta en vivero.

Tratamiento luz	Tratamiento sustrato	Repeticiones	Planta	Total
Testigo	Tierra monte	4	20	80
Testigo	Tm + 25% arena	4	20	80
Testigo	Tm + 25% aserrín	4	20	80
Malla sombra al 30 %	Tierra monte	4	20	80
Malla sombra al 30 %	Tm + 25% arena	4	20	80
Malla sombra al 30 %	Tm + 25% aserrín	4	20	80
Malla sombra al 50 %	Tierra monte	4	20	80
Malla sombra al 50 %	Tm + 25% arena	4	20	80
Malla sombra al 50 %	Tm + 25% aserrín	4	20	80

La siembra se realizó en el mes de junio del 2021 aplicando riego cada dos o tres días según fuera necesario. En las primeras semanas se aplicó insecticida abamectina para control de hormigas así como además se aplicó fungicida para evitar la aparición de hongos patógenos.

La toma de datos se realizó durante 4 meses, tomando los datos de diámetro y altura cada 4 semanas, la evaluación se realizó considerando los atributos morfológicos como lo es la altura del tallo (H) utilizando un flexómetro, así como el diámetro de cuello de la raíz (DCR) mediante un vernier digital. Para ello se obtuvieron los datos dasométricos de 40 individuos de *Parkinsonia texana*, *Prosopis laevigata* y *Vachellia farnesiana* en cada tratamiento de suelo así como en cada intensidad de luz.

Análisis de datos

La normalidad de los datos fue revisada mediante la prueba Shapiro-Wilk (Wheater & Cook, 2005). Los datos con distribución normal fueron analizados mediante un análisis de varianza ANOVA ($p \geq 0,05$) (DCR y H). Los datos que no presentaron distribución normal (ICD) se analizaron mediante la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis (Ott, 1993).

Para identificar las diferencias significativas se utilizó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey $p < 0.05$ (para anova) y la comparación por pares utilizando el enfoque Dunn-Bonferroni (para kruskal wallis) (Zar, 1999), utilizando el Software IBM © SPSS © Statistic versión 19 (Statistical Package for Social Sciences, versión 25.0 para Windows, SPSS Inc., Chicago, IL).

Para obtener el índice de calidad de planta de Dickson se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Índice de calidad de Dickson} = \frac{\text{Peso seco total (g)}}{\frac{\text{Altura (cm)}}{\text{Diámetro (mm)}} + \frac{\text{Peso seco parte aérea (g)}}{\text{Peso seco raíz (g)}}}$$

Resultados

Después de analizar los datos obtenidos de las mediciones se obtuvieron los siguientes resultados.

Para la especie *E. ebano*, se observó que en el diámetro existe un efecto en la interacción de los tratamientos sustrato e intensidad de luz ($gl=4$, $F=4.502$, $p=.002$). El mayor diámetro se obtuvo en el tratamiento que utilizó tierra de monte - sol directo (3.99 ± 0.47 mm) mientras que el menor fue con el tratamiento de tierra de monte - 25% aserrín - malla sobra al 50% (2.4 ± 0.47 mm). En cuanto a la altura de la planta el mejor tratamiento para esta especie el de tierra de monte con 25% de arena y malla sobra al 50% (26.59 ± 1.19 cm) y la menor fue con tierra de monte - 25% aserrín - sol directo.

En *V. farnesiana*, el diámetro también mostró un efecto en la interacción de los tratamientos sustrato e intensidad de luz ($gl=4$, $F=2.47$, $p=.045$). El mejor tratamiento fue tierra de monte - malla sobra al 30% (2.53 ± 0.53 mm), y el menor fue con tierra de monte - 25% de aserrín - malla sobra al 50% (1.20 ± 0.44 mm). Para la altura el mejor resultado fue con tierra de monte – 25% arena - malla

sobra al 50% (47.46 ± 8.54 cm), mientras que con tierra de monte - aserrín - malla al 30% fue el valor menor (13.74 ± 3.53 cm).

Con *P. laevigata* la interacción de los tratamientos de luz y sustrato, mostraron una diferencia significativa ($gl=4$, $F=7.703$, $p= .001$), el diámetro obtuvo un crecimiento mayor mediante tierra monte - sol directo (3.03 ± 0.47 mm), y el menor diámetro con tierra de monte - 25% de aserrín - malla sobra al 30% (0.9 ± 0.16 mm). Mientras que tierra de monte - sol directo fue el tratamiento en el que mejor se desarrolló la variable altura (22.72 ± 6.57 cm), y el menor fue con tierra de monte - 25% de aserrín - malla sobra al 30% (5.4 ± 1.35 cm).

P. aculeata una diferencia significativa ($gl=4$, $F=2.96$, $p= .020$) entre los tratamientos de suelo y luz. Para diámetro tierra monte - 25% de arena, - sol directo fue el de mayor crecimiento (4.32 ± 0.97 mm), y el menor diámetro con tierra de monte - 25% de aserrín - malla sobra al 50% (1.5 ± 0.24 mm). En cuanto la altura el mejor tratamiento fue tierra de monte - malla sombra al 50% (51.2 ± 7.6 cm), y el de menor talla fue el de tierra de monte - 25% de aserrín - malla sobra al 30% (11.07 ± 1.23 cm). En la Tabla III.3 se muestran los resultados de cada especie en cuanto al crecimiento de diámetro, altura y calidad de planta para cada uno

Tabla III.3. valores promedios de diámetro, altura y calidad de planta para cada una de las especies y los tratamientos evaluados.

Especie	Tratamiento		Diámetro (mm)	Altura (cm)	Calidad de planta
	Luz	Sustrato			
<i>Ebenopsis ebano</i>	0	TM	3.99 ± 0.47	23.55 ± 1.43	0.76 ± 0.07
	0	TM-AR	3.5 ± 0.49	20.67 ± 1.31	0.51 ± 0.03
	0	TM-AS	2.67 ± 0.46	15.92 ± 1.26	0.27 ± 0.04
	30	TM	3.95 ± 0.52	26.20 ± 1.23	0.77 ± 0.06
	30	TM-AR	3.36 ± 0.40	25.64 ± 1.17	0.51 ± 0.03
	30	TM-AS	2.72 ± 0.45	16.19 ± 1.19	0.32 ± 0.04
	50	TM	2.99 ± 0.46	25.93 ± 1.19	0.22 ± 0.02
	50	TM-AR	2.92 ± 0.71	26.59 ± 1.19	0.16 ± 0.02
	50	TM-AS	2.40 ± 0.47	20.75 ± 1.17	0.17 ± 0.02
<i>Parkinsonia aculeata</i>	0	TM	4.06 ± 0.74	41.43 ± 7.56	0.33 ± 0.04
	0	TM-AR	4.32 ± 0.96	41.50 ± 9.19	0.64 ± 0.09
	0	TM-AS	2.10 ± 0.44	14.55 ± 3.10	0.09 ± 0.01
	30	TM	3.76 ± 0.16	44.19 ± 6.18	0.33 ± 0.03
	30	TM-AR	3.55 ± 1.10	43.03 ± 9.11	0.16 ± 0.01
	30	TM-AS	1.78 ± 0.23	11.07 ± 1.23	0.06 ± 0.01
	50	TM	3.13 ± 0.85	51.19 ± 7.59	0.12 ± 0.01
	50	TM-AR	2.89 ± 0.56	45.89 ± 7.08	0.07 ± 0.01
	50	TM-AS	1.45 ± 0.24	15.61 ± 2.43	0.04 ± 0.003
<i>Prosopis laevigata</i>	0	TM	3.03 ± 0.47	22.72 ± 6.57	0.28 ± 0.02
	0	TM-AR	2.66 ± 0.66	19.53 ± 3.89	0.40 ± 0.05
	0	TM-AS	1.75 ± 0.47	10.90 ± 3.03	0.09 ± 0.01
	30	TM	2.64 ± 0.56	22.05 ± 5.55	0.26 ± 0.04
	30	TM-AR	2.32 ± 0.60	18.03 ± 4.77	0.17 ± 0.02
	30	TM-AS	0.89 ± 0.16	5.40 ± 1.35	0.02 ± 0.003
	50	TM	2.06 ± 0.46	37.68 ± 8.22	0.06 ± 0.01
	50	TM-AR	2.01 ± 0.50	37.59 ± 5.21	0.05 ± 0.01
	50	TM-AS	1.21 ± 0.17	14.20 ± 3.97	0.03 ± 0.003
<i>Vachellia farnesiana</i>	0	TM	2.41 ± 0.54	34.97 ± 8.16	0.23 ± 0.03
	0	TM-AR	2.53 ± 0.31	30.52 ± 6.80	0.42 ± 0.04
	0	TM-AS	1.49 ± 0.38	17.23 ± 3.61	0.08 ± 0.01
	30	TM	2.53 ± 0.53	34.77 ± 7.24	0.25 ± 0.03
	30	TM-AR	2.45 ± 0.37	34.32 ± 6	0.26 ± 0.03
	30	TM-AS	1.23 ± 0.29	13.74 ± 3.53	0.04 ± 0.004
	50	TM	2.03 ± 0.51	47.12 ± 7.85	0.07 ± 0.01

50	TM-AR	2.11 ± 0.63	47.46 ± 8.54	0.07 ± 0.01
50	TM-AS	1.19 ± 0.24	25.98 ± 5.73	0.02 ± 0.003

*0 = sol directo, 30 = malla sombra al 30%, 50 = malla sombra al 50%, TM = tierra de monte, TM-AR = tierra de monte + 25% arena, TM-AS = tierra de monte + 25% aserrín.

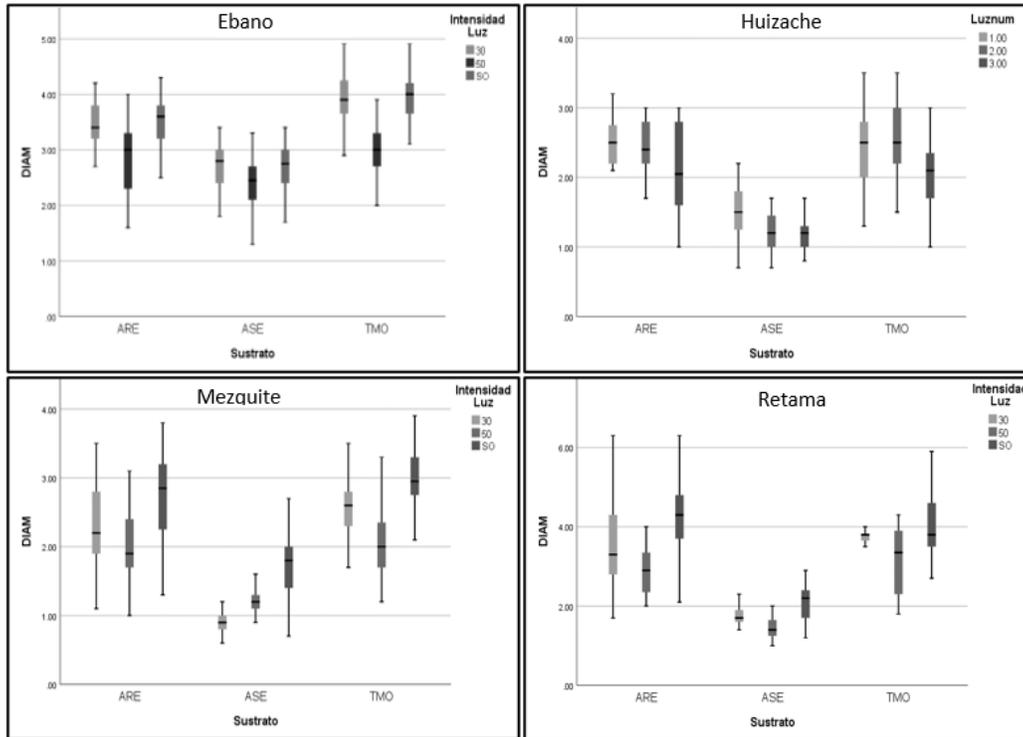


Figura III. 2. Resultado de diámetro por tratamiento de luz y sustrato

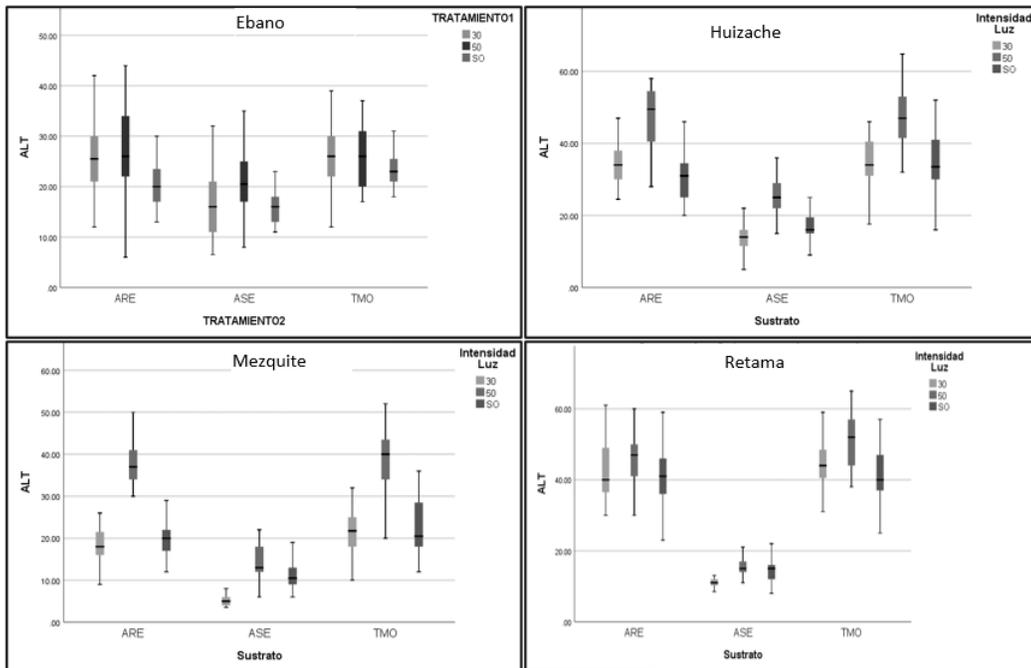


Figura III. 3. Resultado de altura por tratamiento de luz y sustrato

En cuanto a la calidad de planta los resultados para las plantas de *E. ebano* muestran que existe diferencia significativa ($p=0.001$), la mejor calidad de planta de los tratamientos se obtuvo para en tierra de monte - malla sombra - 30% (0.77 ± 0.06), seguido de tierra de monte - sol directo (0.76 ± 0.07) considerada como una calidad de planta alta.

Para *V. farnesiana* los tratamientos mostraron diferencias significativas ($p=0.001$), donde los mayores índices de calidad fueron para el tratamiento que utilizo tierra de monte -25% de arena - sol directo (0.42 ± 0.04) y tierra de monte - 25% de arena - malla sombra del 30% (0.26 ± 0.03) valorada como media.

Asi también para *P. laevigata* los resultados mostraron diferencias significativas ($p=0.001$), siendo tierra - monte - 25% de arena - sol directo, la mejor calidad de planta (0.40 ± 0.05) siendo esta media, mientras que la menor calidad fue para tierra de monte - 25% de aserrín - malla sombra del 30% (0.02 ± 0.003).

La calidad de planta para *P. aculeata* mostro diferencia significativa ($p=0.001$), en los tratamientos, obteniendo la mayor calidad para el tratamiento de tierra de monte - 25% de arena - sol directo (4.32 ± 0.96) la cual se considera como una calidad de planta media.

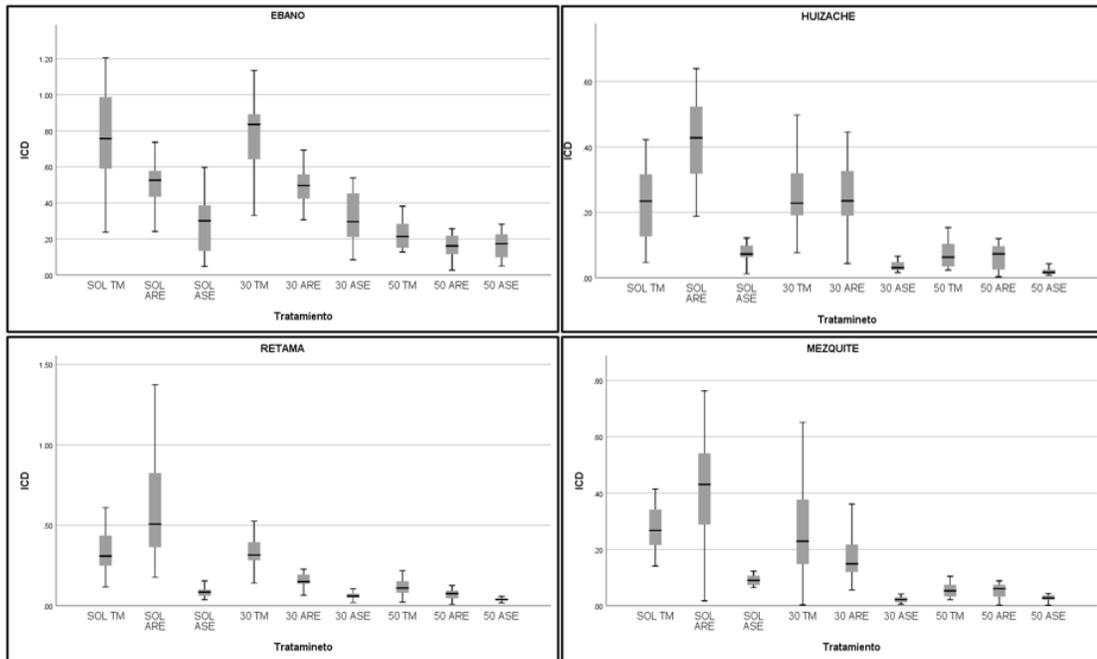


Figura III. 4. Resultado de índice de calidad de Dickson por tratamiento de luz y sustrato

Para *E. ebano* se obtuvieron cuatro tratamientos con índice de calidad alta, tres con calidad media y dos con calidad baja, para *V. farnesiana* se obtuvieron cuatro tratamientos con calidad media y cinco con calidad baja, para *Prosopis laevigata* se obtuvo tres tratamientos con calidad media y seis con calidad baja, y por último para *P. aculeata* se obtuvo uno con calidad alta, dos medias y seis bajas.

Discusión

Las leguminosas son especies pioneras caracterizadas por presentar ciclos de vida cortos, elevadas tasas de crecimiento y una alta demanda de luz solar (Kennard 2002, Poorter *et al.* 2004) además de esto, su capacidad para fijar nitrógeno hace a estas especies importantes para ser utilizadas en áreas

degradadas (Márquez-Torres y Martínez-Garza, 2022). Después de evaluar el crecimiento de especies de leguminosas del MET se pudo registrar lo siguiente: para altura y diámetro en *V. farnesiana* mostraron la tendencia que tuvieron Moreno-Reséndez *et. al*/2014., quienes registraron que el mayor diámetro y altura se logró mediante el tratamiento con mayor concentración de arena en una mezcla compuesta de vermicompost-arena. Hernández-Martínez *et al*, 2006 evaluaron el crecimiento de *V. farnesiana* bajo tres condiciones de suelo (suelo forestal, agrícola y tepetate) encontrando resultados similares a nuestro estudio en cuanto al diámetro, ya que ellos obtuvieron valores entre 2.4 a 2.9 mm, mientras que para la altura nuestros resultados fueron mayores ya que sus valores se encontraron entre 24.1 a 32.4 cm de altura.

En cuanto al diámetro y altura para *P. laevigata*, los resultados obtenidos en este estudio son muy semejantes a los registrados por Prieto *et al*. 2013, quienes obtuvieron diámetros de 2.91 a 3.05 mm y altura de 19.7 a 25.7, utilizando diferentes combinaciones de sustrato a base de una mezcla (55% turba de musgo, 24% vermiculita, 21% agrolita) y diferentes concentraciones de corteza de pino compostada. Hernández-Martínez *et al*. 2006 evaluaron el crecimiento de *P. glandulosa* bajo tres condiciones de suelo (suelo forestal, agrícola y tepetate), especie también representativa del MET, donde sus resultados fueron menores a los obtenidos aquí para *P. laevigata*.

Para la calidad de planta de Dickson son escasos los estudios donde se evalúa esta variable para especies del MET, los resultados obtenidos muestran que cuatro de los tratamientos utilizados son superiores a los de Prieto *et al* 2013, quienes obtuvieron valores de 0.07 a 0.11 para *P. laevigata*, mientras que los registrados aquí van de 0.02 a 0.40 considerándose una calidad de planta media.

En el caso específico para *E. ebano* y *P. aculeata* no se encontró información previa de evaluaciones como las aquí presentadas, por lo que los resultados presentados son de gran relevancia para el manejo en vivero de estas especies dado al gran potencial ecológico así como etnobotánico, ya que se ha

documentado su uso como especies forrajeras, ornamental así como para producción de carbón, leña y alimento (Molina-Guerra *et al*, 2019), además de todos los beneficios ecológicos en áreas degradadas ya mencionados anteriormente en este documento.

Conclusiones

De los sustratos utilizados en este estudio el de tierra de monte – 25% arena – sol directo fue donde se registró la mejor calidad de planta para tres de las cuatro especies evaluadas (*Parkinsonia aculeata*, *Prosopis laevigata* y *Vachellia farnesiana*). Para *Ebenopsis ébano* el tratamiento de tierra de monte – malla al 30% registró la mejor calidad de planta. Por lo que para estas especies se recomienda utilizar los sustratos así como la cantidad de luz aquí presentados con el fin de obtener una mejor planta con fines de restauración ecológica.

No se recomienda el uso de aserrín ni malla sobra mayor al 30% para la reproducción de estas especies.

Se recomienda continuar con la evaluación de calidad de diferentes sustratos, alternando con el uso de fertilizantes, con el fin de validar la información aportada por la evaluación de calidad de planta.

Referencias

- Alanís, E., J. Jiménez, O.A. Aguirre, J.E. Treviño, E. Jurado y M.A. González (2008). Efecto del uso del suelo en la fitodiversidad del matorral espinoso tamaulipeco. *Ciencia UANL* 11: 56-62.
- Alanís, E., Jiménez, P., Canizales, P., González, H. y Mora, A. 2015. Estado actual del conocimiento de la estructura arbórea y arbustiva del matorral espinoso tamaulipeco del noreste de México. *Revista Iberoamericana de Ciencias* 2 (7): 69-80
- Breedlove, D. 1981. *Introduction to the flora of Chiapas*. California Academy of Sciences, San Francisco.
- Challenger, A., y J. Soberón. 2008. Los ecosistemas terrestres, en *Capital natural de México*, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Conabio, México, pp. 87-108.
- CONABIO (Comisión nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2022. Matorrales. Biodiversidad Mexicana. <https://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/Matorral>. (10 de mayo 2022).
- Conaza (Comisión Nacional de Zonas Áridas), e INE (Instituto Nacional de Ecología). 1994. *Mezquite, Prosopis spp.: cultivo alternativo en zonas áridas y semiáridas de México*. INE. México. 31p.
- Cook, P. A., & Wheater, P. 2005. *Using statistics to understand the environment*. Routledge.
- Daniel, T.W.; J.A. Helms y F.S. Baker. 1983. *Principios de silvicultura (Traducción al español de Ramón Elizondo Mata)* McGraw-Hill. México. 492 p.
- Escobar R., R. 2012. Extracción y manejo de poscosecha. In: Buamscha M., G. , L. T. Contardi , R. Dumroese K., J. A. Enricci, R. Escobar R., H. E. Gonda, D. F. Jacobs, T. D. Landis, T. Luna, J. G. Mexal y K. M. Wilkinson (eds.). *Producción de plantas en viveros forestales*. Consejo Federal de Inversiones, Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino

- Patagónico, Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco Exion. Buenos Aires, Argentina. pp. 171-186
- Flores M., G., J. Jiménez L., X. Madrigal S., F. Moncayo R. y F. Takaki T. 1971. Memoria del mapa de tipos de vegetación de la República Mexicana. Secretaría de Recursos Hidráulicos, México
- Foroughbakhch, R., G. Reyes-Reyna, M.A. Alvarado-Vázquez, J.L. Hernández-Piñero y A. Rocha (2005). Use of quantitative methods to determine leaf biomass on 15 woody shrub species in northeastern Mexico. *Forest Ecology and Management* 216: 359–366.
- Foroughbakhch, R., J.L. Hernández-Piñero, M.A. Alvarado Vázquez, E. Céspedes-Cabriales, A. Rocha-Estrada y M.L. Cárdenas-Ávila (2009). Leaf biomass determination on woody shrub species in semiarid zones. *Agroforestry System* 77: 181– 192.
- Foroughbakhch, R. y R. Peñaloza. 1988. Introducción de 10 especies forestales en el matorral del noreste de México. Reporte Científico No. 8, Facultad de Ciencias Forestales, UANL. 33 p
- García, M. A. 2007. Importancia de la calidad del plantín forestal. In: XXII Jornadas Forestales de Entre Ríos. Área Forestal de la EEA Concordia del INTA. Concordia, Entre Ríos, Argentina. 10 p. <http://www.inta.gov.ar/concordia/info/Forestales/contenido/pdf/2007/312.II.GARCIA.pdf>
- González Medrano, F. 2003. Las comunidades vegetales de México. Instituto Nacional de Ecología, México.
- Heiseke, D. y R. Foroughbakhch. 1985. El matorral como recurso forestal. Reporte científico No. 1. Facultad de Silvicultura y Manejo de Recursos Renovables. Universidad Autónoma de Nuevo León. 31 p.
- Hernández-Martínez, M., Cetina-Alcalá, V.M., González-Chávez, M.C., Cervantes-Martínez, C.T. 2006. Inoculación micorrizica y su efecto en el

crecimiento de dos leguminosas arbóreas. *Terra Latinoamericana*. 24: 65-73

INEGI. 1997. Estadísticas del medio ambiente México. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Aguascalientes.

INEGI. 2000. Diccionario de datos de uso de suelo y vegetación: escala 1: 250 000 (vectorial). Dirección General de Geografía, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Aguascalientes.

INEGI. 2003. Conjunto de datos vectoriales de la carta de vegetación primaria 1: 1 000 000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Aguascalientes.

INEGI. 2005a. Conjunto de datos vectoriales de la carta de uso del suelo y vegetación: escala 1: 250 000. Serie III (continuo nacional). Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Aguascalientes.

INEGI. 2005b. Guía para la interpretación de cartografía: uso de suelo y vegetación. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Aguascalientes.

INEGI. 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos.

Jiménez, J., E. Alanís, M.A. Gonzalez, O.A. Aguirre y E.J. Trevino (2013). Characterizing woody species regeneration in areas with different land history tenure in the tamaulipan thornscrub, Mexico. *The Southwestern Naturalist*.

Kennard DK. 2002. Secondary forest succession in a tropical dry forest: patterns of development across a 50- year chronosequence in lowland Bolivia. *Journal of Tropical Ecology* 18: 53-66. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0266467402002031>

- Landis, T. D., R. W. Tinus, and J. P. Barnett. 1998. The container tree nursery manual. Vol. 6, Seedling propagation. Agriculture Handbook 674. Washington, D.C., USDA Forest Service. 166 p.
- Luera, P., K. Wahl-Villarreal, B.O. Christoffersen, A. Treviño, P. Soti and C.A. Gabler. 2021. Effects of Scarification, Phytohormones, Soil Type, and Warming on the Germination and/or Seedling Performance of Three Tamaulipan Thornscrub Forest Species. *Plants* 10, 1489. <https://doi.org/10.3390/plants10081489>
- Márquez Torres, J. F., & Martínez-Garza, C. (2022). Survival of 12 native tree species in restoration plantings in the dry forest. *Botanical Sciences*, 100(2), 314-330. <https://doi.org/10.17129/botsci.2878>
- Mas P., J. 2003. Guía práctica para la producción de planta en un vivero. Comisión Forestal del Estado. Morelia, Mich., México. Boletín Técnico Núm. 5. Vol. 1. 37 p.
- Miranda, F. 1957. Vegetación de la vertiente del Pacífico de la Sierra Madre de Chiapas (México) y sus relaciones florísticas. Proceedings of the 8th Pacific Science Congress, vol. 4. Instituto Botánico de Chiapas, Tuxtla Gutiérrez, pp. 438-453.
- Miranda, F., y E. Hernández X. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 28: 29-179.
- Miranda, F. 1964. Vegetación de la península yucateca. Serie de sobretiros núm. 2, Colegio de Postgraduados, Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo.
- Molina, V.M., A. Mora, E. Alanís, B. Soto y A. M. Patiño. 2019. Plantas características del matorral espinoso tamaulipeco en México. Editorial Universitaria de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, México. 114 p.

- Mora, C.A., E. Alanís, J. Jiménez, M.A. González, J.I. Yerena y L.G. Cuellar. 2013. Estructura, composición florística y diversidad del matorral espinoso tamaulipeco, México. *Ecología Aplicada* 12: 29-34.
- Moreno-Reséndez, A., Solís-Morales, G., Blanco-Contreras, E., Vásquez-Arroyo, J., Guzmán-Cedillo, L. M., Rodríguez-Dimas, N., & Figueroa-Viramontes, U. (2014). Desarrollo de plántulas de huizache (*Acacia farnesiana*) en sustratos con vermicompost. *Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente*, 20(1), 55-62.
- Ott, L. (1993). *An introduction to statistical methods and data analysis* (Duxbury Press (ed.); 2nd ed.).
- Pennington, T.D., y J. Sarukhán. 1968. *Árboles tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies*, 1a. ed. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación-José Sarukhán, México.
- Pennington, T., y J. Sarukhán. 1998. *Árboles Tropicales de México*. 2ª ed. UNAM, F.C.E. México, 554p.
- Poorter L, de Plassche MV, Willems S, Boot RGA. 2004. Leaf traits and herbivory rates of tropical tree species differing in successional status. *Plant Biology* 6: 746-754. DOI: <https://doi.org/10.1055/s-2004-821269>
- Prieto Ruiz, J. Á., Rosales Mata, S., Sígala Rodríguez, J. Á., Madrid Aispuro, R. E., & Mejía Bojórquez, J. M. (2013). Producción de *Prosopis laevigata* (Humb. et Bonpl ex Wild.) MC Johnst. con diferentes mezclas de sustrato. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 4(20), 50-57.
- Puig, H. 1976. *Végétation de la Huasteca, Mexique. Serie: Étude phytogéographique et écologique. Thèse Doctorale d'État, Paris.*
- Ricketts, TH; Dinerstein, E.; Olson, DM; Eichbaum, W.; Loucks, CJ; Della Sala, DA; Hedao, P.; Kavanagh, K.; Hurley, P.; Abell, R.; et al. *Ecorregiones*

terrestres de América del Norte: una evaluación de la conservación; Island Press: Washington, DC, EE.UU., 1999; ISBN 978-1-55963-722-0.

Rodríguez-Laguna, R., R. Razo-Zárate, J. Juárez-Muñoz, J. Fonseca-González, G. A. López-Zepeda y A. D. Fernández-Peralta. 2018. Germinación y crecimiento inicial de *Prosopis laevigata* utilizando sustratos locales. Revista iberoamericana de Ciencias. 5: 24-33.

Roe, A.L., R.R. Alexander y M.C. Andrews. 1970. Engelman Spruce regeneration practices in the Rocky Mountains. U.S. For. Serv. Res. Pap. 115. Rocky Mountain Forest and Range Exp. Sta. Ft. Collins, CO. 32.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, "Anuario Estadístico de la Producción Forestal 2015," México, 2016.

Sigala, J., Jacinto, R., Tena, M., Alanís, H., Estrada, O., Montaña, J., & Walls, A. (2011). Efecto de tres tipos de envases y tres sustratos en el desarrollo de dos leguminosas arbóreas en vivero. Revista Forestal Baracoa.

Zar, J. (1999). Biostatistical Analysis (N. Prentice Hall, Upper Saddle River (ed.))

Zumkeller S., D., J. A. Galbiatti, R. C. de Paula y J. L. Soto G. 2009. Producción de plantas de *Tabebuia heptaphylla* en diferentes sustratos y niveles de irrigación, en condiciones de invernadero. Bosque 30 (1): 27-35.