

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE AGROECOLOGÍA



**GERMINACIÓN DE SEMILLA (almendras) DE (*Prosopis, spp*) EN LA COMARCA
LAGUNERA**

POR:

CRISTIAN OSWALDO SOLÍS LÓPEZ

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL

TÍTULO DE:

INGENIERO EN AGROECOLOGÍA

TORREÓN, COAHUILA

JUNIO 2022

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE AGROECOLOGÍA

GERMINACIÓN DE SEMILLA (almendras) DE (*Prosopis, spp*) EN LA
COMARCA LAGUNERA

POR:

CRISTIAN OSWALDO SOLÍS LÓPEZ

TESIS

Que se somete a la consideración del H. jurado examinador como requisito
parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN AGROECOLOGÍA

Aprobada por:



M.C. Eduardo Blanco Contreras
Presidente



Ph.D. Vicente de Paul Alvarez Reyna
Vocal



M.C. Edgardo Cervantes Alvarez
Vocal



Dr. Jesús Vásquez Arroyo
Vocal Suplente



Dr. J. Isabel Márquez Mendoza
Coordinador De La División De Carreras Agronómicas



COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN
DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TORREÓN, COAHUILA

JUNIO 2022

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE AGROECOLOGÍA

**GERMINACIÓN DE SEMILLA (almendras) DE (*Prosopis, spp*) EN LA
COMARCA LAGUNERA**

POR:

CRISTIAN OSWALDO SOLÍS LÓPEZ


TESIS


Presentada como requisito parcial para obtener el título de:


INGENIERO EN AGROECOLOGÍA

Aprobada por:

Aprobada por el Comité de Asesoría:

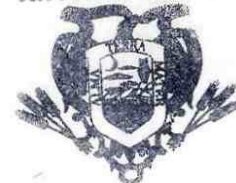

M.C. Eduardo Blanco Contreras
Asesor Principal


Ph.D. Vicente de Paul Alvarez Reyna
Coasesor


M.C. Edgardo Cervantes Alvarez
Coasesor


Dr. J. Isabel Márquez Mendoza
Coordinador De La División De Carreras Agronómicas

Universidad Autónoma Agraria
ANTONIO NARRO



**COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN
DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

TORREÓN, COAHUILA

JUNIO 2022

AGRADECIMIENTOS

A mi familia, Por apoyarme siempre y darme las herramientas para seguir con mis estudios.

A mi Alma Mater, Porque ahí pasé momentos inolvidables, donde conocí gente importante que me dio consejos muy valiosos.

A mis asesores. Ph.D. Vicente de Paul Alvarez Reyna, MC. Edgardo Cervantes Alvarez, Dr. Jesús Vásquez Arroyo y M.C. Eduardo Blanco Contreras por tenerme paciencia en la conducción y revisión de este trabajo.

A mis profesores de la carrera de Agroecología.

Eduardo Blanco Contreras

Jesús Vásquez Arroyo

Emilio Duarte Ayala

Gerardo Zapata Sifuentes

Patricia Guzmán Cedillo

Fortino Domínguez Pérez †

por brindarme sus conocimientos teóricos y prácticos, darme el apoyo académico, llevarme de la mano hacia el conocimiento en todo lo relacionado con la agroecología y hacer de mí un profesionalista de bien. Me quedo con los errores cometidos que ustedes me corrigieron, pero me quedo aún más con la enseñanza y sabiduría de cada uno de ustedes.

!!!GRACIAS!!!

DEDICATORIA

Esta tesis es dedicada con gran sentimiento a mi familia que en los cuatro años y medio de mi carrera me apoyaron incondicionalmente, económicamente y moralmente para culminar mi carrera profesional.

A mi mamá y mis hermanas que de una u otra forma me impulsaron para que no dejara mis estudios a medias, brindándome su apoyo en todo momento.

A mis suegros y cuñados que siempre me apoyaron en todo momento hasta culminar mi carrera.

A mis hijos Yaelí Guadalupe y Cristian Mateo Solís Cervantes que fueron mi motivación para culminar mi carrera.

A mis compañeros que siempre estuvieron ahí para brindarme su apoyo incondicional y ayudarme en lo que estuviera en sus manos.

A Erika Guadalupe Cervantes Padrón quien me ha acompañado y apoyado en todo momento a lo largo de la carrera hasta hoy.

INDICE

AGRADECIMIENTOS.....	i
DEDICATORIA.....	ii
ÍNDICE DE FIGURAS	v
ÍNDICE DE TABLAS	v
RESUMEN.....	vi
INTRODUCCIÓN	1
I. OBJETIVO	3
II. HIPOTESIS	3
III. REVISIÓN DE LITERATURA	4
3.1. El mezquite	4
3.1.1. Prosopis glandulosa	4
3.1.2. Prosopis laevigata	5
3.2. El fruto	5
3.2.1. Nutrientes	6
3.3. Semilla	6
3.3.1. Semilla de mezquite	7
3.3.1.1. Características morfométricas y peso	7
3.4. Germinación	9
3.4.1. Germinación del mezquite	10
3.5. Tratamientos pregerminativos	11
3.5.1. Escarificación y germinación <i>in vitro</i>	11
3.5.2. Tratamientos pregerminativos en mezquite	11
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	12
4.1. Ubicación del experimento	12
4.2. Extracción de semilla, método de remojo y mecánica	12
4.3. Pruebas de germinación	13
4.4. Análisis estadístico	13
V. RESULTADOS	15
5.1. Extracción de semilla	15
5.2. Porcentaje de germinación	15

5.3. Análisis estadístico.....	17
VI. DISCUSIÓN.....	19
6.1. Porcentaje de germinación.....	19
6.2. Tiempo de germinación	19
VII. CONCLUSIÓN.....	20
VIII. BIBLIOGRAFIA.....	21

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Forma y color de la semilla de mezquite (a) y huizache (b) (Villarreal et al., 2013).	7
Figura 3. Lote de semilla de alta calidad; presentando excelente vitalidad de los tejidos vivos, aun dentro del endocarpio (Treviño, 2014).	8
Figura 4. Semilla extraída de los endocarpios, lista para clasificarse y acondicionarse para su almacenamiento o uso (Treviño, 2014).	9
Figura 5. Corte transversal de una vaina de mezquite (Ramirez,1998).....	12
Figura 6. Germinación de semilla <i>P. glandulosa</i>	15
Figura 7. Germinación de semilla <i>P. laevigata</i>	16

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Germinación en semilla escarificada y sin escarificar (<i>P. glandulosa</i>). UAAAN-U.L. 2019.....	16
Tabla 2. Germinación en semilla escarificada y sin escarificar (<i>P. laevigata</i>). UAAAN-U.L. 2019.....	16
Tabla 3. Germinación esperada en semilla escarificada y sin escarificar (<i>P. glandulosa</i>). UAAAN-U.L. 2019.	17
Tabla 4. Germinación esperada en semilla escarificada y sin escarificar (<i>P. laevigata</i>) UAAAN-U.L. 2019.	18

RESUMEN

El Mezquite que pertenece al género *Prosopis*, es una planta silvestre de la familia *Fabaceae* (*Leguminosae*), subfamilia *Mimosoideae*, nativa de Asia, África y América.

En México las zonas áridas y semiáridas se consideran de gran riqueza potencial para el desarrollo económico del país.

Estas engloban comunidades vegetales con recursos forestales tales como son la candelilla, lechuguilla, sotol, orégano y mezquite.

La utilización del mezquite en la comarca lagunera es limitada a leña, recolección de vaina y producción de carbón sin seguir un programa de manejo el cual incluya la poda.

El presente trabajo fue conducido en el departamento de agroecología en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la escarificación de la semilla en la germinación de dos variedades de mezquite. La variable evaluada fue el porcentaje de germinación.

El análisis de datos se realizó con la prueba Chi cuadrada de Pearson de libre distribución y el software MINITAB. El más alto porcentaje de germinación se obtuvo con la semilla escarificada con valores de 82 y 94 por ciento en las variedades *Prosopis glandulosa* y *Prosopis laevigata* respectivamente.

Palabras Claves: Mezquite, Vaina, Germinación, Almendra, Escarificación.

INTRODUCCIÓN

El Mezquite que pertenece al género *Prosopis*, es una planta silvestre de la familia Fabaceae (Leguminosae), subfamilia Mimosoideae, nativa de Asia, África y América, comprende 44 especies distribuidas en las regiones áridas y Semiáridas (Gallegos et al., 2013).

Las secciones *Monilicarpa* (que comprende solo 1 especie), esta restringida a la region centro oeste de argentina. La seccion *Strombocarpa* (constituida por 7 especies) tiene representantes en Norteamerica y Sudamérica. Las dos ultimas secciones mencionadas incluyen especies bien diferenciadas que no ofrecen dificultades para su identificacion. La seccion *Algarobia* tiene una amplia distribucion en el sur de Estados Unidos, Mexico, la costa Pacifica de Centroamerica, las costas de Colombia, Venezuela e islas del Caribe, y hacia el sur va desde Ecuador hasta el sur de argentina, principalmente en las areas deserticas o semideserticas (PALACIOS, 2006).

Las zonas áridas y semiáridas del norte de México, se consideran de gran riqueza potencial, con un valor significativo en el desarrollo económico del país (Reyes.,2007). La mayoría de las zonas áridas y semiáridas, engloban comunidades vegetales cuyas características de composición inciden claramente en el uso que se les puede dar. Muchas se utilizan como agostadero para la ganadería, algunas tierras han sido desmontadas para uso agrícola y en otros casos se aprovechan los recursos forestales como la candelilla, lechuguilla, sotol, orégano y mezquite (Reyes, 2007).

Tres son las de mayor distribución e importancia: *P. laevigata*, distribuida ampliamente en el altiplano, en la cuenca del rio balsas, centro de Oaxaca, depresión central de Chiapas, Yucatán, tierras bajas del sur de Tamaulipas y norte de Veracruz, *P. glandulosa* con sus dos variedades *P. glandulosa glandulosa* que prospera en la mayor parte del noroeste del México, *P. glandulosa torreyana* que se localiza principalmente en el norte del país, y *P. juliflora*. El mezquite de las costas tropicales, ocurre a todo lo largo del pacifico de México, en la Mesa de Norte, en algunos estados del centro y Yucatán. Las especies de menor importancia, *P. palmeri*, *P. articulata*, *P. pubescens* y

P. velutina están restringidas al noroeste, *P. reptans cinerascens* se localiza en el norte, mientras que *P. tamaulipana* tiene su distribución en los estados del noreste (Flores, 1993).

En la comarca lagunera la presencia de mezquite está relacionada con *Prosopis laevigata* y su utilidad es limitada a leña, recolección de vaina y producción de carbón. El manejo integral de estos recursos representa una alternativa viable para lograr el desarrollo de las zonas áridas y semiáridas, aprovechar su gran riqueza potencial (Carrillo, et al., 2007).

La semilla viable a veces no absorbe agua (Imbibición) y, por lo tanto, no germina, incluso cuando las condiciones son aparentemente favorables para la germinación. La Semilla que no puede absorber agua se denomina comúnmente impermeable o semilla dura; permanece dura en comparación con la semilla embebida, que se ablanda durante la germinación. La semilla impermeable es común en muchas especies de Fabaceae (leguminosas), así como en algunas especies de Cannaceae, Chenopodiaceae, Convallariaceae, Convolvulaceae, Geraniaceae, Malvaceae, Solanaceae (Rolston, 1978).

Como las semillas son quiescentes no requieren tratamiento, siempre y cuando el endocarpio sea retirado, sin embargo para uniformizar el periodo de germinación se recomienda sumergirlas en agua a ebullición de ½ a 1 min. Otra opción es la inmersión de las semillas sin endocarpio en agua caliente a una temperatura de 75°C, durante 6 minutos. Para las semillas con endocarpio se aplica abrasión mecánica; otra opción es la inmersión en ácido sulfúrico concentrado durante 120 min, para posteriormente sumergir las semillas en agua caliente a 82°C durante 6 minutos (CONAFOR, 2019).

En este estudio se libera a la semilla del endocarpio para observar su comportamiento en el proceso de germinación, considerando que la quiescencia puede estar integrada en el proceso de escarificación.

I. OBJETIVO

Determinar la germinación de almendra de *Prosopis spp.* con y sin escarificación.

II. HIPOTESIS

H0: La germinación es similar en semilla con o sin escarificación.

H1: La germinación es diferente en semilla con y sin escarificación.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. El mezquite

El mezquite es una especie arbustiva o arbórea que forma parte fundamental de los ecosistemas semiáridos de México y que en ciertos casos llega a ser dominante, constituyendo verdaderos bosques de mezquite o mezquiteras. En México se distribuyen Diversas especies de mezquite, entre las que se encuentra *Prosopis laevigata*, *P. glandulosa* var. *glandulosa*, *P. glandulosa*, var. *torreyana*, *P. Juliflora*, *P. articulata* y *P. velutina*. El mezquite prospera en diversos tipos de suelo, creciendo mejor en suelos planos y profundos, según la clasificación del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, corresponden a Aridisoles, Entisoles y Molisoles, con alta capacidad de retención de humedad (Villanueva et al., 2004).

Arbusto o árbol espinoso de hasta 10 m de altura; muy espinoso con ramas fuertes que otros, su sistema radical puede alcanzar más de 50 m de profundidad y hasta 15 m en sus laterales. Los tallos son de corteza oscura y ramas con abundantes espinas axilares o terminales. Las hojas son compuestas, bipinnadas con 12 a 15 pares de foliolos oblongos o lineares, de 5 a 10 mm de largo. Las flores son de color amarillo verdoso, agrupado en racimos, miden de 4 a 10 mm, son bisexuales, actinomorfas, con 5 sépalos y 10 estambres. El fruto es una vaina de color paja o rojizo violáceo; con forma de lomento drupáceo, alargado, recto o arqueado y espiralado en algunos casos, indehiscente, de 10 a 30 cm de longitud, puede ser plano o cilíndrico en la madurez y contiene de 12 a 20 semillas; Los árboles de gran tamaño son de 50 cm de diámetro en el tronco y de 8 metros de altura (Rodríguez et al., 2014).

3.1.1. *Prosopis glandulosa*.

Los árboles de mezquite (*Prosopis glandulosa* var. *Glandulosa*) pueden encontrarse en densidades de 10 000 tallos ha⁻¹, con diámetros basales de 3-4 cm, aproximadamente diez años después del desbroce de tierras. Masas densas que representan un problema en los pastizales, donde pueden competir con especies forrajeras por luz, agua y nutrientes (Felker, 1990).

P. glandulosa ocupa suelos sobre una variedad de formaciones geológicas sin afinidades específicas, prefiriendo suelos arcillosos pero tolerando una amplia variedad de tipos de suelos. El estado de los nutrientes del suelo rara vez es un factor limitante

para la distribución. Se ha observado que los árboles fijan nitrógeno en condiciones de alta salinidad y grandes déficits de agua (CABI, 2019).

3.1.2. **Prosopis laevigata.**

Prosopis laevigata (mezquite) árbol que crece naturalmente en México, especie de mayor distribución y abundancia en el centro de la república, endémica de gran importancia económica. Fuente importante de alimento, forraje, combustible, material de construcción y medicina para los habitantes de las zonas áridas. Especie de gran valor ecológico que ayuda a controlar la erosión y mejorar la fertilidad del suelo. Adicionalmente de su uso e importancia económica, es utilizada en la reforestación (Buendía et al., 2005).

Es un árbol, de hasta de 12 m de altura, generalmente menor; tronco hasta de 1 m de diámetro, general de 30 a 60 cm; corteza gruesa, de color café-negrusco, fisurada; copa más ancha que alta; ramas glabras o pilosas, con espinas estipulares de 1 a 4 cm de largo; hojas pecioladas con 1 a 3 pares de pinnas, cada una con 10 a 20 pares de folíolos sésiles; flores dispuestas en espigas densas de 5 a 10 cm de largo; color blanco-amarillentas; legumbre linear, algo falcada, de 7 a 20 cm de largo por 8 a 15 mm de ancho, de color café-amarillento, a veces rojizo, algo constreñida entre las semillas; oblongas, comprimidas de 8 a 10 mm de largo, de color blanco-amarillento (Rodríguez et al., 2014).

3.2. **El fruto**

El fruto es una vaina de color paja o rojizo violáceo; con forma de lomento drupáceo, alargado, recto o arqueado y espiralado en algunos casos, indehiscente, de 10 a 30 cm de longitud, puede ser plano o cilíndrico en la madurez y contiene de 12 a 20 semillas (Valenzuela et al., 2011).

Es una legumbre carnosa, indehiscente, linear, angosta, falcada, anular a enrollada en espiral, con un mesocarpo carnoso, azucarado, fibroso y dividido en segmentos coriáceos de una semilla (Barros, 2010).

3.2.1. Nutrientes

En las vainas y semilla de mezquite se ha reportado de 10-15 % proteínas y particularmente un 38% de proteína en los núcleos de la semilla, considerándolas una excelente fuente de péptidos bioactivos (Acosta et al., 2019), detectándose en el péptido de semilla de *Prosopis* un contenido de proteína de 0.3927 mg/mL.

El polisacárido extraído de la semilla de mezquite es un galactomanano (GM) con propiedades fisicoquímicas y funcionales similares a las reportadas para otras gomas de semilla de leguminosas, lo que nos permite concluir que el galactomanano (GM) de mezquite tiene potencial de uso en la industria alimentaria (Franco et al., 2013).

Las vainas de *Prosopis* spp. Promete ser un recurso alternativo de alimentación que puede ser utilizado por las industrias de procesamiento de alimentos para el ganado ya que las vainas de mezquite contenían 12.7% de proteína cruda.

Estas son ricas en carbohidratos, ya que tienen 69% de materia seca y puede utilizarse como fuente de energía (Armijo-Nájera et al., 2019).

3.3. Semilla

La semilla procede de los rudimentos seminales de la flor, una vez fecundadas y maduras. Su función es dar lugar a una nueva planta, perpetuando y multiplicando la especie a la que pertenecen. La semilla presenta gran variedad de formas, tamaños, pesos y colores. La semilla de las angiospermas está formada básicamente por el embrión, un tejido de reserva especializado y cubiertas protectoras (Perez, 2015).

En general, la fase de la vida de la planta mejor adaptada para resistir las condiciones ambientales adversas. Su metabolismo está casi detenido, debido al bajo contenido hídrico que presentan sus tejidos durante su formación y maduración. La semilla además es uno de los más eficaces elementos de dispersión de la especie, tanto en tiempo como en el espacio (Perez, 2015).

Es el principal órgano reproductivo de la gran mayoría de las plantas superiores terrestres y acuáticas. Desempeña una función fundamental en la renovación, persistencia y dispersión de las poblaciones de plantas, regeneración de bosques y sucesión ecológica (Doria, 2010).

3.3.1. Semilla de mezquite

3.3.1.1. Características morfométricas y peso

Respecto a la semilla morfométrica y peso de ambas semillas, los resultados se presentan en la siguiente imagen, en donde se puede apreciar que la semilla de mezquite es ligeramente más grande que la semilla de huizache. Con respecto a la forma y color también se apreció diferencia, ya que la semilla de mezquite tiene forma romboide-aplanada, y de color café-amarillo, mientras que la de huizache es ovalada-globosa y de color verde olivo. La semilla de mezquite presenta las siguientes características, es de color café-amarillo, tiene forma romboide-aplanada y las dimensiones son: Ancho $4,21 \pm 0,36$ mm, largo $6,97 \pm 0,51$ mm, grosor $2,18 \pm 0,13$ mm y peso $0,34 \pm 0,70$ g (Villarreal et al., 2013).



Figura 1. Forma y color de la semilla de mezquite (a) y huizache (b) (Villarreal et al., 2013).

El problema del uso del mezquite en la reforestación o cualquier otra actividad, es la extracción de la semilla, que se encuentra completamente resguardada por la piel del fruto y un endocarpio duro. Endocarpio considerado una barrera natural que ocasiona un estado de latencia que inhibe la germinación de la semilla hasta por varios años. La recolección de semilla del mezquite se recomienda realizarla antes de su dispersión natural (Treviño,2014).



Figura 2. Semillas de alta calidad y excelente vitalidad de tejidos vivos (Treviño, 2014).



Figura 3. Lote de semilla de alta calidad; presentando excelente vitalidad de los tejidos vivos, aun dentro del endocarpio (Treviño, 2014).



Figura 4. Semilla extraída de los endocarpios, lista para clasificarse y acondicionarse para su almacenamiento o uso (Treviño, 2014).

3.4. Germinación

La germinación es, realmente el resultado de toda una serie de complejos procesos metabólicos que suceden de forma escalonada, desde que comienza la absorción de agua por los diferentes tejidos de la semilla, hasta que inicia el crecimiento de la radícula (Perez, 2015). Es el reinicio del crecimiento del embrión, paralizado durante las fases finales de la maduración. Los procesos fisiológicos de crecimiento exigen actividades metabólicas aceleradas y la fase inicial de la germinación consiste primeramente en la activación de los procesos por aumento en la humedad y actividad respiratoria de la semilla. A su vez, la división y alargamiento celular en el embrión provocan la rotura de las cubiertas seminales, que generalmente se produce por la emergencia de la radícula. Sin embargo, la semilla de muchas especies es incapaz de germinar, aun cuando se presenten condiciones favorables para ello, lo cual se debe a que la semilla se encuentra en estado de latencia. Por ello, mientras no se presenten las condiciones adecuadas para la germinación, la semilla se encontrará en estado latente durante un tiempo variable, dependiendo de la especie, hasta que en un momento dado pierda su capacidad de germinar (Doria, 2010).

Se inicia con la imbibición de la semilla y finaliza con el comienzo de la elongación de la radícula. En condiciones de laboratorio, la posterior rotura de las cubiertas seminales por la radícula es el hecho que se utiliza para considerar que la germinación ha tenido

lugar. Sin embargo, en condiciones de campo no se considera que la germinación ha finalizado hasta que se produce la emergencia y desarrollo de una plántula normal (Pita,1998).

El establecimiento de plántulas y germinación de semilla son etapas críticas en la historia de vida de la planta, ambos procesos pueden verse afectados cuando están enterradas debajo del suelo, influyendo en la supervivencia individual de las plantas y la dinámica de la comunidad. La germinación y establecimiento pueden verse afectados por factores abióticos y bióticos como anoxia, sequía, interacciones bióticas, etc (Abbas,2018).

3.4.1. Germinación del mezquite

La germinación es una etapa delicada en la vida de todos los vegetales, de acuerdo a los trabajos existentes sobre este aspecto, se puede observar que la semilla de *Prosopis ssp.* Posee la capacidad de germinar en condiciones de elevado estrés hídrico y salino e incluso de alta concentración sódica. Las temperaturas optimas de germinación indican una adaptación de las diferentes especies a condiciones ambientales de relativas altas temperaturas (de 25 a 40°C). La semilla del genero *Prosopis*, como la mayoría de este tipo de leguminosas, poseen potentes cubiertas seminales que dificultan la germinación de las mismas. Sin embargo, está cubierta otorga a la semilla gran resistencia para soportar condiciones adversas (Passera, 2000).

En las semillas de mezquite y huizache se facilita la germinación, mediante el tratamiento con ácido sulfúrico. Se ha promovido la germinación de semilla como las de *P. laevigata* por escarificación mecánica o ácida (Morales et al., 2019).

Se colocaron escondites simulados con semilla de mezquite en pastizales intactos, parches de pastizales quemados con cubierta de pasto reducida y en la periferia de los montículos de ratas canguro. El acceso de roedores a las semillas colocadas en los escondites se controló cubriendo la mitad de las cajas con cúpulas de malla (Duval et al.,2005). Experimentos realizados para examinar la influencia de micro sitios y roedores en la germinación y supervivencia del mezquite (*Prosopis glandulosa*) en pastizales de grama negra (*Bouteloua eriopoda*) del desierto de Chihuahua.

3.5. Tratamientos pregerminativos

Los tratamientos pregerminativos consisten en la escarificación manual de la semilla, la inmersión en agua caliente o fría, en ácido sulfúrico, entre otros. Su finalidad es romper la latencia inducida por la testa; cuando se ablanda, perfora, rasga o abre para hacerla permeable, sin dañar el endospermo y el embrión, para tener una buena germinación. Así, al aplicar algunos de ellos, en semillas de árboles u otras especies con problemas de germinación, la provocan, aceleran y/o aumentan, (Viveros, et al., 2015).

3.5.1. Escarificación y germinación *in vitro*

En un experimento con huizache y mezquite se utilizaron 100 semillas de cada especie, a las cuales se aplicaron los siguientes tratamientos: t1) testigo, t2) Inmersión en agua caliente a 65 °C durante 15 minutos; t3) Inmersión en agua caliente a 80 °C durante 15 minutos; t4) Inmersión en ácido sulfúrico concentrado grado comercial, durante 20 minutos, y t5) Inmersión en ácido clorhídrico concentrado grado comercial por 10 minutos. Posteriormente se lavaron con agua destilada y se sembraron en medio de cultivo Murashige-Skoog (MS) (1962), adicionado con vitaminas, mioinositol (100 mg/L), sacarosa (30 g/L), agar (7 g/L), y ácido indolacético (AIA) y bencilaminopurina (BAP) en concentraciones de 1,0 y 2,0 mg/L. Los cultivos *in vitro* se mantuvieron con un fotoperiodo de 16 horas y temperatura de 26 ± 1 °C en una cámara durante 10 días. Posteriormente se evaluó el porcentaje de germinación (Villarreal et al., 2013).

3.5.2. Tratamientos pregerminativos en mezquite

La semilla de *P. laevigata* presenta una testa dura e impermeable, por lo que la semilla se califica como una “semilla dura”. Impermeabilidad que impide la imbibición de la semilla, debido a que es un fenómeno puramente físico.

La latencia se define como una fase inactiva de la semilla durante la cual el crecimiento y desarrollo se ven retrasados y los procesos metabólicos se ven reducidos a niveles mínimos (Sobrevilla-Solís et al., 2013).

La verdadera función de la latencia es prevenir la germinación cuando las condiciones ambientales no son favorables (Sobrevilla-Solís et al., 2013).

La escarificación tiene la finalidad de ablandar, perforar, rasgar o abrir las cubiertas de la semilla para hacerla permeable, sin dañar el embrión ni el endospermo que se encuentran en su interior; logrando así la imbibición y el intercambio gaseoso (Sobrevilla-Solís et al., 2013).

El mezquite y huizache generalmente presentan problemas de germinación de la semilla en condiciones naturales, ya que poseen una cubierta demasiado dura e

impermeable que impide el paso del agua. Diversos autores han aplicado diferentes tratamientos pregerminativos para romper el letargo en la semilla de las leguminosas, y lograr aumentar la eficiencia en su germinación.

Para que la semilla germine es necesario extraerlas de su fruto, eliminando el exocarpio (vainas) y endocarpio (nuez) que la envuelve. En la siguiente imagen se muestra una vaina con corte transversal (Ramirez,1998).

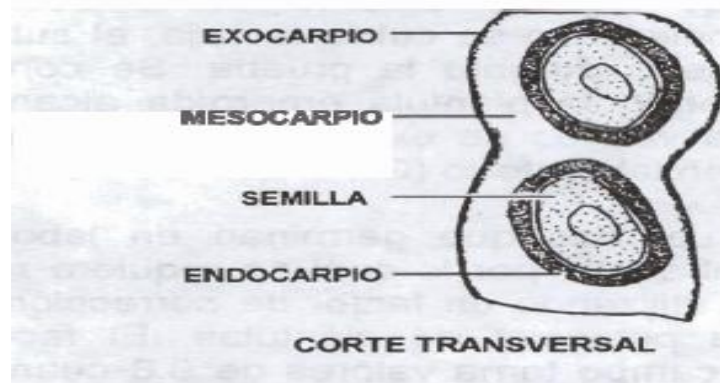


Figura 5. Corte transversal de una vaina de mezquite (Ramirez,1998).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Ubicación del experimento

El experimento se realizó en el departamento de Agroecología de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna ubicada en las coordenadas 25° Latitud y 103° Longitud. (INEGI, 2022). El clima en la laguna es semiárido, con una precipitación anual promedio de 225 mm y temperatura media anual de 22 °C (CLIMATE-DATA.ORG,2022).

4.2. Extracción de semilla, método de remojo y mecánica

Primeramente se pesaron las vainas de *P. laevigata* obteniendo un peso de 300 g posteriormente se pesaron las vainas de *P. glandulosa* cuyo peso fue de 300 g.

Enseguida se remojaron las vainas de mezquite por 24 horas para realizar la extracción de semilla.

Pasadas las 24 horas se sacaron las vainas del agua y se procedió con la extracción de la semilla. Para el método mecánico, se utilizó una licuadora común, realizando el proceso en tres etapas, con un tiempo de 3 minutos cada una, esto para asegurar la mejor extracción o liberación de la almendra.

De esta forma fueron tratadas las muestras de vainas de ambas especies *P. laevigata* y *P. glandulosa*.

Terminado el proceso de molido y extracción de almendras, estas se dejaron en refrigeración a una temperatura de 10°C para luego realizar las pruebas preliminares.

4.3. Pruebas de germinación

Se tomaron 100 semillas de cada especie, *P. laevigata* y *P. glandulosa*, como muestra inicial, seleccionando almendras escarificadas y sin escarificar, (testa de apariencia intacta o testa estrellada); se obtuvieron así un total de 4 muestras, dos por cada especie. Cada muestra se subdividió en 4 cajas Petri con 25 semillas. Se les dio un tratamiento con Cloralex al 5% por 5 minutos. Se colocaron las 25 semillas en las cajas Petri con una base de papel filtro en el que se agregaron 5 ml de agua destilada. Finalmente se colocaron en la estufa a una temperatura de 28°C. Se revisaron diariamente concluyendo el experimento a las 72 horas.

4.4. Análisis estadístico

Para analizar los datos de germinación se utilizó el estadístico de prueba Chi cuadrada que se usa para probar si dos variables están relacionadas o si hay independencia entre ellas, en la cual se aplica la siguiente formula:

$$\chi_c^2 = \sum \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

Luego calculamos Chi cuadrada de tablas, a un nivel de significancia $\alpha=.05$ con grados de libertad $(2-1) \times (2-1) = 1$ (T. McCLAVE, 1982).

También se utilizó una tabla de contingencia que es un arreglo de datos en una clasificación de dos formas. Los datos están ordenados en celdas, y la cuenta para cada celda se informa. Comprende dos factores (o variables), y una pregunta común respecto a si los datos indican que las dos variables son dependientes o independientes (Johnson, 2008)

Se empleó además un análisis de varianza (MINITAB) que es un procedimiento estadístico para el análisis de la variable o variables evaluadas y determinar si existe diferencia entre tratamientos (TIBCO, 2022).

V. RESULTADOS

5.1. Extracción de semilla

La primera vaina que se molió fue *P. laevigata* obteniendo como resultado final 970 almendras extraídas, a partir de los 300g de vaina. En seguida se realizó la molida de los frutos de *P. glandulosa*, igualmente en tres sesiones de 3 minutos cada una con 100g. La cantidad de almendra extraída de esta variedad de mezquite fue de 1068 almendras.

5.2. Porcentaje de germinación

Como se muestra en la imagen, cada submuestra de 100 almendras, se subdividió en 4 cajas con 25 semillas cada una. Y en la tabla 1, se presenta los resultados de la germinación de 200 semillas, de la variedad *P. glandulosa* bajo la condición de, 100 con escarificación y 100 sin escarificar. Se observa que en el caso de las semillas escarificadas germinaron 82, en cambio en la semilla sin escarificar solamente germinaron 22. Por lo tanto, la mayor germinación fue obtenida en la semilla escarificada.



Figura 6. Germinación de semilla *P. glandulosa*

**Tabla 1. Germinación en semilla escarificada y sin escarificar (*P. glandulosa*).
UAAAN- U.L. 2019.**

Condición de semilla	Germinaron		No Germinaron	
Escarificada	82	18	100	
Sin escarificar	22	78	100	

De igual manera se hizo el análisis con la semilla de *P. laevigata* el cual se muestra en la (figura 7), de 100 almendras de submuestra, se subdividió en 4 cajas con 25 semillas cada una. Y se presenta los resultados de la germinación de 200 semillas en la (tabla 2), se observa que en el caso de las semillas escarificadas germinaron 94, y en cambio en la semilla sin escarificar germinaron solamente 53. Por lo tanto, se obtuvo mayor germinación en la semilla escarificada.



Figura 7. Germinación de semilla *P. laevigata*

**Tabla 2. Germinación en semilla escarificada y sin escarificar (*P. laevigata*).
UAAAN- U.L. 2019.**

Condición de semilla	Germinaron		No germinaron	
Escarificada	94	6	100	
Sin escarificar	53	47	100	

5.3. Análisis estadístico.

De acuerdo con el análisis estadístico aplicado a los resultados anteriores, los porcentajes de germinación de las dos especies de mezquite, la semilla escarificada supero en porcentaje de germinación a la semilla no escarificada.

Decisión: si $X_C^2 < X_T^2$ entonces se acepta H0, caso contrario se acepta H1.

En este caso, como $X_C^2 = 72.115$ es mayor a $X_T^2 = 3.84$ por lo tanto se acepta H1.

De acuerdo a este resultado si existe relación o dependencia entre la germinación y condición de la semilla, en este caso, es la escarificación mecánica al liberarla del endocarpio, en ambas especies de *Prosopis* spp.

En las siguientes tablas se indican las frecuencias esperadas, si las variables son consideradas independientes y son obtenidas mediante el producto de los totales marginales (suma de columnas por la suma de filas) entre la suma total de todas las semillas probadas.

En estas tablas (3 y 4) se presenta la semilla germinada y no germinada esperadas bajo los dos tratamientos evaluados, observándose en la semilla escarificada que la germinada fue superior a la esperada no así en la no escarificada que fue inferior a la esperada.

Tabla 3. Germinación esperada en semilla escarificada y sin escarificar (P. glandulosa). UAAAN-U.L. 2019.

Condición de semilla	Germinaron	
	Germinaron	No germinaron
Escarificada	52	48
Sin escarificar	52	48

Tabla 4. Germinación esperada en semilla escarificada y sin escarificar (*P. laevigata*) UAAAN-U.L. 2019.

Condición de semilla	Germinaron	
	Germinaron	No germinaron
Escarificada	73.5	26.5
Sin escarificar	73.5	26.5

Los datos mostrados se obtuvieron utilizando (MINITAB), software de análisis de datos. En la (figura 8) se muestra lo antes mencionado donde en ambas especies de mezquite se presentó mayor germinación al realizar el proceso de escarificación de la semilla.

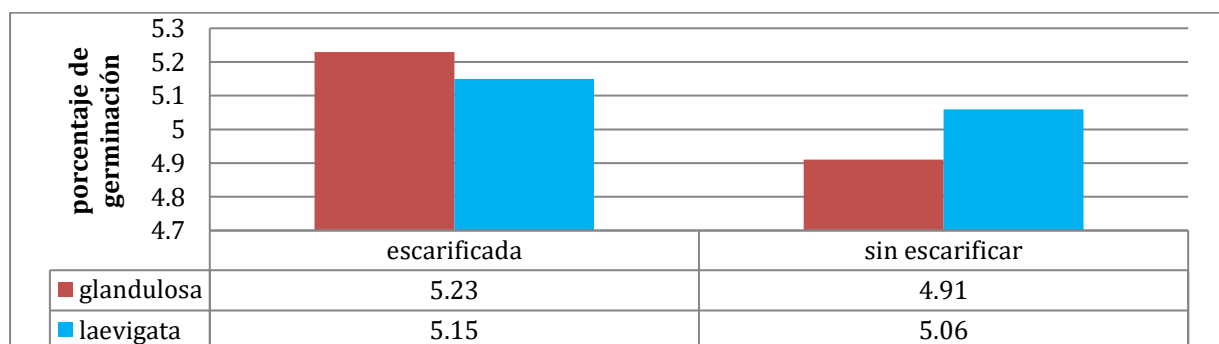


Figura 8. Porcentaje de germinación de semilla escarificada y si escarificar en dos especies de mezquite.

VI. DISCUSIÓN.

6.1. Porcentaje de germinación

Los resultados de este estudio sobre la germinación de semilla de mezquite coinciden con los obtenidos por Villarreal et al., 2013, quienes reportan un porcentaje de germinación del 95% mientras que en esta investigación el mejor porcentaje de germinación fue de 90-95%, con la diferencia que ellos evaluaron un mayor número de tratamientos, físicos, químicos e hídricos.

Por otra parte, Juárez., et al, 2001 mencionan que para obtener mejores resultados de germinación de la semilla de mezquite *P.laevigata* es conveniente darle un remojo en agua a temperaturas de 70-80°C por 8 minutos, obteniendo una germinación de 60-80 % inferior a la obtenida en este estudio que fue del 90% de germinación en ambas especies.

6.2. Tiempo de germinación

En tiempo de germinación en nuestro caso fue de 3 días, inferior a los resultados obtenidos por Sobrevilla-Solís et al., 2013 quienes evaluando una técnica similar requirieron de un tiempo de germinación de 6 días, el doble de lo obtenido en el presente estudio.

Además, en un experimento semejante, Villarreal et al., 2013, si bien reportan un porcentaje más alto de germinación, el tiempo en que corrieron el trabajo fue de 10 días, por lo que este experimento también resulta 3 veces menor.

Finalmente, tanto Villarreal et al., 2013, como Sobrevilla-Solís et al., 2013, emplean una serie de tratamientos entre los que destacan la escarificación mecánica y química con ácido sulfúrico, para lograr los mejores porcentajes de germinación, pero en ese trabajo estamos reportando tratamientos simples, de hidratación y mecánico, así como sanitización, y al retirar el endocarpo se obtienen resultados similares con menos tratamientos y mejorando el tiempo.

VII. CONCLUSIÓN

De acuerdo con el objetivo, se realizó un experimento para observar la germinación de las semillas “liberadas” del endocarpio, envoltura interna del fruto, que acompaña generalmente a las semillas del género *Prosopis*; cuya función es proteger a la semilla y retardar el proceso de germinación, ya que prevalece aun cuando las vainas son comidas por los herbívoros.

Esta liberación ocurre en el procesamiento de las vainas para alimentar el ganado, generalmente en molinos de golpe para pasturas. Por lo que las “almendras” aparecen el fondo de las tolvas de algunos de estos molinos.

Se tuvieron las semillas de dos especies y almendras o semillas de dos clases, aquellas con la cubierta estrellada (escarificada) y las que la presentaron intacta (no escarificada). El más alto porcentaje de germinación se presentó en la especie de *P. laevigata* para ambos tipos de semilla, 92% y 53 % respectivamente para semillas escarificadas y sin escarificar, mientras que *P. glandulosa*, ocupó el segundo lugar con un 82% y un 22% respetivamente.

Con estos resultados, se cumple el objetivo y con respecto a la escarificación, se acepta la segunda hipótesis, ya que las semillas germinan mejor estando escarificadas. Presentándose esta tendencia en ambas especies de mezquites.

VIII. BIBLIOGRAFIA

- Abbas, A. M., Figueroa, M. E., & Castillo, J. M. (2018). Burial effects on seed germination and seedling establishment of *Prosopis juliflora* (SW.) DC. *Arid Land Research and Management*, 1-2.
- Acosta Salas, Ulises Joseph; Favela González, Kenia Mirozlava; Pérez García, Laura Andrea; del Rio Arellano, Cindy Nataly; De la Fuente-Salcido, Norma M. (2019). Extracción preliminar y determinación de la actividad biológica de péptidos de semilla de *Prosopis laevigata* (mezquite). *VI Simposio Nacional de Ciencias Farmacéuticas y Biomedicina IV Simposio Nacional de Microbiología Aplicada*, 56.
- Armijo-Nájera, M., Moreno-Reséndez, A., Blanco-Contreras, E., Borroel-García, V., & Reyes-Carrillo, J. (2019). Vaina de mezquite (*Prosopis* spp.) alimento para el ganado. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 116-117.
- Barros, S. (2010). El genero *prosopis*, valioso recurso forestal de las zonas aridas de america, asia y africa. *Ciencia e Investigación Forestal - Instituto Forestal / Chile*, 98.
- Buendía, L., Sandoval, E., Chávez, V. M., Vernon, E. J., & Cruz, F. (2005). INDUCCION DE EMBRIOGÉNESIS SOMÁTICA EN *Prosopis laevigata*. *XI CONGRESO NACIONAL DE BIOTECNOLOGÍA Y BIOINGENIERÍA*, 1.
- CABI. (2019). Invasive Species Compendium. *CABI*, 1-45.
- Calvo, M. (4 de JUNIO de 2020). *BIOQUIMICA DE LOS ALIMENTOS*. Recuperado el 5 de JUNIO de 2020, de <http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/azucares/galactomananos.html>
- Carrillo Flores, R.; Gómez Lorence, F.; Arreola Ávila, J. G. (2007). EFECTO DE PODA SOBRE POTENCIAL PRODUCTIVO DE MEZQUITALES NATIVOS EN LA COMARCA LAGUNERA, MEXICO. *Unidad Regional Universitaria de Zonas Aridas. Bermejillo, Dgo*, 47-54.
- CLIMATE-DATA.ORG. (22 de 04 de 2022). *CLIMA TORREON*. Recuperado el 22 de 04 de 2022, de CLIMA TORREON: <https://es.climate-data.org/america-del-norte/mexico/coahuila-de-zaragoza/torreon-872606/>
- CONAFOR. (2019). *Prosopis laevigata* (Humb.et Bonpl. ex willd). *SIRE- Paquetes tecnológicos*, 3.

- Doria, J. (2010). GENERALIDADES SOBRE LAS SEMILLAS: SU PRODUCCIÓN, CONSERVACIÓN Y ALMACENAMIENTO. *Cultivos Tropicales*, 75.
- Duval, B. D., Jackson, E., & Whitford, W. G. (2005). Mesquite (*Prosopis glandulosa*) germination and survival in black-grama (*Bouteloua eriopoda*) grassland: relations between microsite and heteromyid rodent (*Dipodomys* spp.) impact. *Journal of Arid Environments*, 541-554.
- eduMedia. (4 de Diciembre de 2018). Recuperado el 10 de Junio de 2020, de <https://www.edumedia-sciences.com/es/c7-privacy-policy>
- Felker, P., Meyer, J. M., & Gronski, S. J. (1990). Application of Self-Thinning in Mesquite (*Prosopis glandulosa* var. *glandulosa*) to Range Management and Lumber Production. *Forest Ecology and Management*, 225.
- Flores Tena, José Francisco;. (1993). ATRIBUTOS ECOLOGICOS Y APROVECHAMIENTO DEL MEZQUITE. *Programa de Investigaciones Biológicas*, 5.
- Franco López, Y. L., Cervantes Montaña, C. I., Martínez Robinson, K. G., Lizardi Mendoza, J., & Robles Ozuna, L. E. (2013). Physicochemical characterization and functional properties of galactomannans from mesquite seeds (*Prosopis* spp.). *Food Hydrocolloids*, 656-660.
- Gallegos Infante, J. A., Rocha Guzman, N. E., Gonzalez Laredo, R. F., & Garcia Casas, M. A. (2013). Efecto del procesamiento térmico sobre la capacidad antioxidante de pinole a base de vainas de mezquite (*Prosopis laevigata*). *C y TA- Journal of food*, 162.
- INEGI. (22 de 04 de 2022). *INEGI*. Recuperado el 22 de 04 de 2022, de INEGI: <blob:https://www.inegi.org.mx/9359def3-3d9b-41ab-9464-3fc2834612dc>
- Johnson, R., & Kuby, P. (2008). *Estadística elemental: Lo esencial*. México, D.F: Cengage Learning.
- Juarez Argumedo, J. R., Alvarado Rodríguez, M., & Valdez Cepeda, R. D. (2001). ESCARIFICACIÓN DE SEMILLAS DE MEZQUITE (*Prosopis laevigata*) PARA AUMENTAR LA EFICIENCIA DE LA GERMINACIÓN. *5as Jornadas de Investigación Universidad Autónoma de Zacatecas*, 7.
- Morales Domínguez, J. F., Sabás Díaz de León, D. C., Garcidueñas Piña, C., & Pérez-Molphe-Balch, E. (2019). Germination, in vitro propagation and soil

- acclimatization of *Acacia farnesiana* and *Prosopis laevigata*. *South African Journal of Botany*, 345-349.
- naturales, s. d. (15 de Noviembre de 2007). *INECC*. Recuperado el 15 de Febrero de 2021, de instituto nacional de ecologia y cambio climatico: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/72/cultivo.html>
- PALACIOS, R. A. (2006). LOS MEZQUITES MEXICANOS: BIODIVERSIDAD Y DISTRIBUCION GEOGRAFICA. *Departamento de Biodiversidad y Biología Experimental.*, 99-121.
- PASSERA, C. B. (2000). FISILOGIA DE PROSOPIS SPP. *Multequina: Latin American Journal of Natural Resources*, 53-55.
- Perez, F. (2015). GERMINACIÓN Y DORMICIÓN DE SEMILLAS. *Material vegetal de reproducción, Manejo, Reproducción y Tratamiento.*, 177.
- Philip Rolston, M. (1978). WATER IMPERMEABLE SEED. *THE BOTANICAL REVIEW*, 365.
- Pita Villamil, J., & Perez Garcia, F. (1998). Germinacion de Semillas. *MINISTERIO DE AGRICULTURA PESCA Y ALIMENTACION*, 2.
- Ramirez Garcia , J. A., & Villanueva Díaz, J. (1998). seleccion y manejo de material reproductivo de mezquite (*prosopis spp.*). *instituto nacional de investigaciones forestales, agricolas y pecuarias.*, 9-11.
- Reyes Santiago Olga Elizabeth (2007). Situación Productiva del Ecosistema Mezquital en el Ejido Acacio Durango. *Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro*, 12.
- Rodríguez Saucedo, Elvia Nereyda, Rojo Martínez, Gustavo Enrique, Ramírez Valverde, Benito, y otros. (2014). ANALISIS TECNICO DEL ARBOL DEL MEZQUITE (*Prosopis laevigata* Humb. & Bonpl. ex Willd.) EN. *Ra Ximhai Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo*, 186.
- Sobrevilla-Solís, J. A., López Herrera, M., López Escamilla, A. L., & Romero Bautista, L. (2013). Evaluación de diferentes tratamientos pregerminativos y osmoticos en la germinacion de semillas *prosopis laevigata*. *Estudios científicos en el estado de Hidalgo y zonas aledañas vol. II*, 85.
- solis, c. (2019). *Patente n° 1*. torreon,coahuila.
- T. McCLAVE, J., & H. DIETRICH, F. (1982). *STADISTICS SECOND EDITION*. San Francisco and Santa Clara,California: DELLEN PUBLISHING COMPANY.

- TIBCO. (02 de 04 de 2022). Recuperado el 02 de ABRIL de 2022, de <https://www.tibco.com/es/reference-center/what-is-analysis-of-variance-anova>
- Treviño García, I. R., & Villalón Mendoza, H. (2014). TECNICAS EN EL MANEJO SUSTENTABLE DE LOS RECURSOS NATURALES. *Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León*, 45-55.
- Valenzuela Núñez, L. M., Trucíos Cacicano, R., Ríos Saucedo, J. C., Flores Hernández, A., & González Barrios, J. L. (2011). CARACTERIZACIÓN DASOMÉTRICA Y DELIMITACIÓN DE RODALES DE MEZQUITE (*Prosopis* sp) EN EL ESTADO DE COAHUILA. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 88.
- Villanueva Diaz, J., Jasso Ibarra, R., Cornejo Oviedo, E. H., & Potisek Talavera, C. (2004). El mezquite en la comarca lagunera: Su dinámica, volumen maderable y tasas de crecimiento anual. . *EXPLORACIÓN RACIONAL Y MONITOREO DE ECOSISTEMAS AGROFAZ VOLUMEN 4 NUMERO 2*, 633-647.
- Villarreal Garza, J. A., Rocha Estrada, A., Cardenas Avila, M. L., Moreno Limón, S., González Álvarez, M., & Vargas López, V. (2013). Caracterización morfométrica, viabilidad y germinación de semillas de mezquite y huizache en el noreste de México. *REVISTA INTERNACIONAL DE BOTÁNICA EXPERIMENTAL*, 171.
- Viveros Viveros , H., Hernández Palmeros, J. D., Velasco García, M. V., Robles Silva, R., Montiel Ruiz, C., Renteria, A. A., y otros. (2015). Análisis de semilla, tratamientos pregerminativos de *Enterolobium Cyclocarpum* (jacp) Griseb. y su crecimiento inicial. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 53.