



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA.

Comportamiento germinativo y crecimiento en vivero de *Acacia schaffneri* y *Acacia farnesiana* (Leguminosae).

TESIS
PARA OBTENER EL TÍTULO DE
BIÓLOGA
PRESENTA:

REBECA ARLEN REVELES PIMENTEL

Directora de tesis: Dra. Silvia Romero Rangel.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Índice

RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	2
MARCO TEÓRICO.....	4
Descripción del género <i>Acacia</i>	4
Distribución del género <i>Acacia</i>	5
Descripción y distribución de las especies.....	6
<i>Acacia farnesiana</i> (L.) Willd	6
<i>Acacia schaffneri</i> (S. Wats.) Hermann.....	11
Germinación.....	15
Crecimiento.....	20
Supervivencia.....	22
ANTECEDENTES.....	23
OBJETIVOS.....	26
Objetivo general.....	26
Objetivos particulares	26
METODOLOGÍA.....	27
Cantidad de semillas por kilogramo y establecimiento para germinación.....	29
Comportamiento germinativo y establecimiento en vivero.....	30
Crecimiento.....	30
Análisis de datos.....	30
Descripciones Morfológicas.....	34
RESULTADOS.....	35
Cantidad de semillas por kilogramo.....	35
Comportamiento germinativo.....	36
Crecimiento en cámara de germinación.....	38
Crecimiento en vivero.....	41
Supervivencia en Vivero.....	45
Descripciones morfológicas a diferentes edades.....	46
Arquitectura foliar de la lámina en plantas de seis meses.....	50
<i>Acacia schaffneri</i>	50
<i>Acacia farnesiana</i>	52
DISCUSIÓN.....	55
Cantidad de semillas por kilogramo.....	55
Comportamiento germinativo.....	56
Crecimiento en cámara de germinación.....	58
Crecimiento en vivero.....	59
Supervivencia en vivero.....	61
Descripciones Morfológicas.....	62
Arquitectura foliar.....	64
CONCLUSIONES.....	65
LITERATURA CITADA.....	66

Este trabajo esta dedicado principalmente a mi familia por apoyarme y enseñarme el camino , por enseñarme a creer y a luchar por mis sueños.

A mi madre que ha sido mi bastión, que me ha enseñado la importancia de creer en uno mismo, por no dejarme flaquear y por ser tan impositiva en muchas cosas.

A mi hermana que siempre ha estado para mí aunque yo no sea tan buena hermana.

A fue tú que me criaste y que sigues estando para mí.

A ti Rafael Bello por que has estado conmigo y me has, me enseñaste la importancia de soñar y no solo eso si no de trabajar por lo que uno sueña o desea.

Agradecimientos.

A mi Directora de tesis Dra. Sílvia Romero Rangel por el tiempo dedicado a que se llevara a cabo este trabajo, por los consejos, la paciencia y el apoyo.

A cada uno de los síndicales por dedicar el tiempo a la revisión de este trabajo: M en C. Carlos Rojas Zenteno, M en C. Leonor Abundíz, M en C. Lilitiana E. Rubio Licona y al Biól. Marcial García Pineda.

Al profesor Carlos gracias por los buenos momentos en el laboratorio por hacer el trabajo más ameno.

A Lilitiana por su amistad y por compartir sus conocimientos y experiencias conmigo.

A mis amigos de la carrera Viviana, Viridiana, Joselyn, Berenice, Jaquelin, Miriam, Luis y Carolina. Me es muy grato el recuerdo de ustedes en clases, prácticas de campo y en general de su compañía.

A tí Vivís gracias por creer en mí y no dejar que me fuera cuando tenía mis dudas de seguir en la carrera, me ayudaste a seguir con este sueño.

A Yaneth mi compañera de laboratorio por ayudarme cuando lo necesitaba en este trabajo.

A tí Cuauhtémoc no tengo palabras para agradecer todo tu apoyo, sin tu comprensión quizá esto no hubiera sido posible, gracias por tu amistad y sobre todo por aguantar mis ausencias en mis labores.

Gracias a mi familia por apoyarme y seguir apoyando me en la vida.

Quizá mi mala memoria y el hecho de que no quiero hacer esto tan extenso no le agradezca a algunas personas pero gracias a todos los que han compartido este camino conmigo a las que me han ayudado y a las que voluntaria o involuntariamente me han hecho crecer y ser cada vez mejor.

¡Gracias!

RESUMEN

El género *Acacia* cuenta con aproximadamente 1200 especies ampliamente distribuidas en los trópicos del mundo. En México se reconocen alrededor de 85 especies nativas de las cuales 46 son endémicas, encontrándose la mayoría en regiones áridas y semiáridas del país. En la disciplina de la recuperación de áreas degradadas existe la inquietud de restablecer poblaciones de especies nativas propias de la vegetación primaria o secundaria. Esto se debe a que dichas especies están adaptadas a las condiciones de la zona y nos permiten aprovechar procesos sucesionales naturales que conducen al restablecimiento de la vegetación original. En dichos proyectos de restauración se introducen al campo individuos obtenidos a partir de semillas, las cuales frecuentemente pueden requerir de un tratamiento previo para germinar. La falta de la información necesaria para germinar las semillas de varias especies nativas ha impedido su uso en programas de restauración, a pesar de que existe el interés entre los pobladores e instituciones.

Es por esto, que el presente trabajo se enfocó en estudiar los aspectos de comportamiento germinativo y crecimiento en los primeros estadios de *Acacia farnesiana* y *Acacia schaffneri*; especies nativas con pocos estudios sobre estos aspectos. Se encontraron diferencias significativas entre las especies en cuanto al peso de las semillas, crecimiento en la cámara de germinación y crecimiento en vivero. Se observó variación morfológica en cuanto el peso, tamaño y color de las semillas entre las especies. La cantidad de semillas por kilogramo es mayor en *A. farnesiana*. El comportamiento germinativo fue de mayor calidad en *A. farnesiana* ya que presentó una capacidad o porcentaje de germinación del 98%; el tiempo medio de germinación (TGM) fue 1.47 días; la uniformidad del proceso, medida a través de la desviación del tiempo medio de la germinación (DTMG) fue menor, siendo más uniforme y rápida; el valor germinativo de Maguire o indicador de la calidad de germinación fue de 52.83%. *A. farnesiana* presentó mayor crecimiento en vivero con lo cual es una especie idónea para su manejo en vivero y en programas de restauración. La supervivencia de las especies es muy similar después de 155 días. Se encontraron diferencias morfológicas a diferentes edades en cuanto al número de pinnas, foliolos y estructuras características del adulto, tales como la presencia del nectario en *A. farnesiana*. La arquitectura foliar es muy similar en ambas taxa.

INTRODUCCIÓN

México posee aproximadamente 1800 especies de la Familia de Leguminosas. El género *Acacia* es el segundo más grande (después de *Astragalus*), y cuenta con aproximadamente 1200 especies ampliamente distribuidas en los trópicos del mundo. Se trata del único género dentro de la tribu *Acacieae* y posee unas 890 especies en Australia, y en América, aproximadamente 200. En México se reconocen alrededor de 85 especies nativas (algunas llamadas comúnmente huizaches) de las cuales 46 son endémicas, encontrándose la mayoría en regiones áridas y semiáridas del país (Rico, 2001). El género *Acacia* forma comunidades con el género *Prosopis*; dependiendo de la especie dominante éstas se denominan mezquiales o huizachales, pero ambos forman parte de lo que Rzedowski (1978) clasificó como bosque espinoso, y constituye la principal cobertura leñosa en los trópicos y subtropicos secos, proporcionando una gran cantidad de productos de uso doméstico e industrial. Toleran sequías extremas, suelos en condiciones difíciles y poseen la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico, por lo que juegan un papel importante en la conservación de suelos (Gómez *et al.*, 2003).

En la disciplina de la recuperación de áreas degradadas existe la inquietud de restablecer poblaciones de especies nativas propias de la vegetación primaria o secundaria. Esto se debe a que dichas especies están adaptadas a las condiciones de la zona y nos permiten aprovechar procesos sucesionales naturales que conducen al restablecimiento de la vegetación original (Vázquez-Yanes *et al.*, 1995; Cervantes *et al.*, 2001). Esto es particularmente importante en zonas que han sufrido una intensa degradación ambiental, lo que puede impedir el establecimiento inmediato de las especies propias de la vegetación madura.

Por otro lado, en dichos proyectos de restauración se introducen al campo individuos obtenidos a partir de semillas, las cuales frecuentemente pueden requerir de un tratamiento previo para germinar exitosamente (Baskin y Baskin, 1998). La falta de la información necesaria para germinar las semillas de varias especies nativas ha impedido su uso en programas de restauración, a pesar de que existe el interés entre los pobladores e instituciones.

La importancia del conocimiento de los primeros estadios del ciclo de vida de las especies es fundamental en diversas áreas de la biología, tales como ecología, agronomía y taxonomía, entre otras.

En el campo de la ecología, las plántulas constituyen el potencial de perpetuación de la especie, por lo que su identificación a nivel de especie es necesaria para entender el mecanismo de reclutamiento poblacional. En este sentido el conocimiento de la morfología de las plántulas de su composición específica y de la dinámica de sus poblaciones revela aspectos importantes de las perspectivas ecológicas de las comunidades vegetales (Grime, 1989).

Es por esto, que el presente trabajo se enfoca en estudiar los aspectos de comportamiento germinativo y crecimiento en los primeros estadios de *Acacia farnesiana* y *Acacia schaffneri*; especies nativas con pocos estudios sobre estos aspectos. Lo anterior contribuirá a incrementar su producción en vivero, misma que fortalecerá los programas de restauración a través de su reintroducción; además, la descripción de la morfología de los primeros estadios de crecimiento permitirá realizar estudios de reclutamiento a través de la identificación de las plantas jóvenes de ambos taxa.

MARCO TEÓRICO

Descripción del género *Acacia*

Plantas arbustivas o árboles generalmente espinosos, a veces inermes, rara vez hierbas; estipulas generalmente en forma de espinas grandes o pequeñas e inconspicua, rara vez membranosas, hojas pecioladas, peciolo con o sin glándula nectarial, bipinnadas o completamente reducidas a filodios; flores reunidas formando espigas cilíndricas o cabezuelas globosas pedunculadas, éstas a su vez, axilares y solitarias, o a menudo fasciculadas o paniculadas, brácteas 2, fusionadas, escumiformes; flores pequeñas, tetra o pentámeras, bisexuales o unisexuales y entonces las plantas polígamas; cáliz acampanado, dentado o lobulado; corola con los pétalos más o menos unidos entre sí y con los estambres, rara vez libres; estambres numerosos, libres o ligeramente unidos en la base, exsertos, blanco-amarillentos, las anteras muy pequeñas; ovario sésil o estipitado, con dos o más óvulos, estilo filiforme, estigma terminal, pequeños; legumbre de forma variable, ovada, oblonga o linear, recta curvada, cilíndrica o comprimida, membranosa, coriácea o leñosa, bivalvada o indehiscente; semillas colocadas longitudinal o transversalmente, comprimidas, ovadas y con un funículo filiforme o arilo carnoso (Rzedowski *et al.*, 2005).

Distribución del género *Acacia*

El género alcanza por el norte hasta los 37° LN al sur de Utah en USA, con *Acacia greggii* y al sur hasta los 43° LS en Tasmania Australia con *Acacia dealbata*, *Acacia longifolia* y *Acacia mearnsii*. Similar latitud alcanza *Acacia caven* en el sur, en la Provincia de Chubut Argentina (Fig. 1).

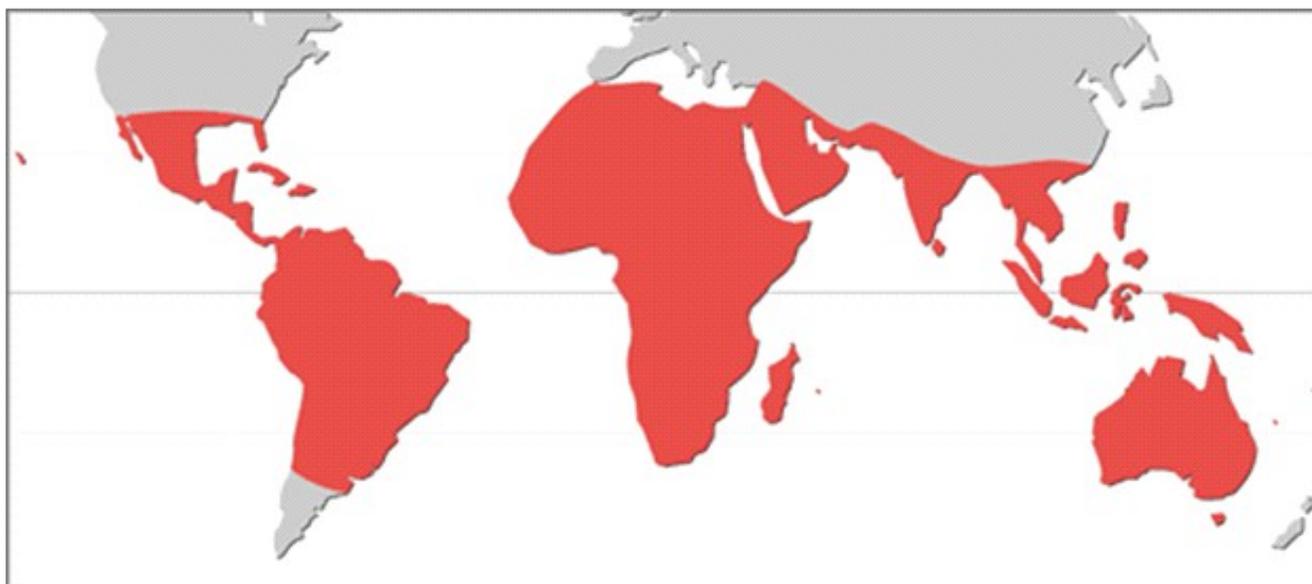


Fig. 1. Distribución conocida del género *Acacia*.(tomado de WorldWideWattle, 2004)

Las especies crecen en forma natural en climas tropicales, semitropicales y templados cálidos, 144 de ellas ocurren naturalmente en África, 165 en América, 69 en Asia y 993 en Oceanía (WorldWideWattle, 2004; Barros, 2007).

Descripción y distribución de las especies

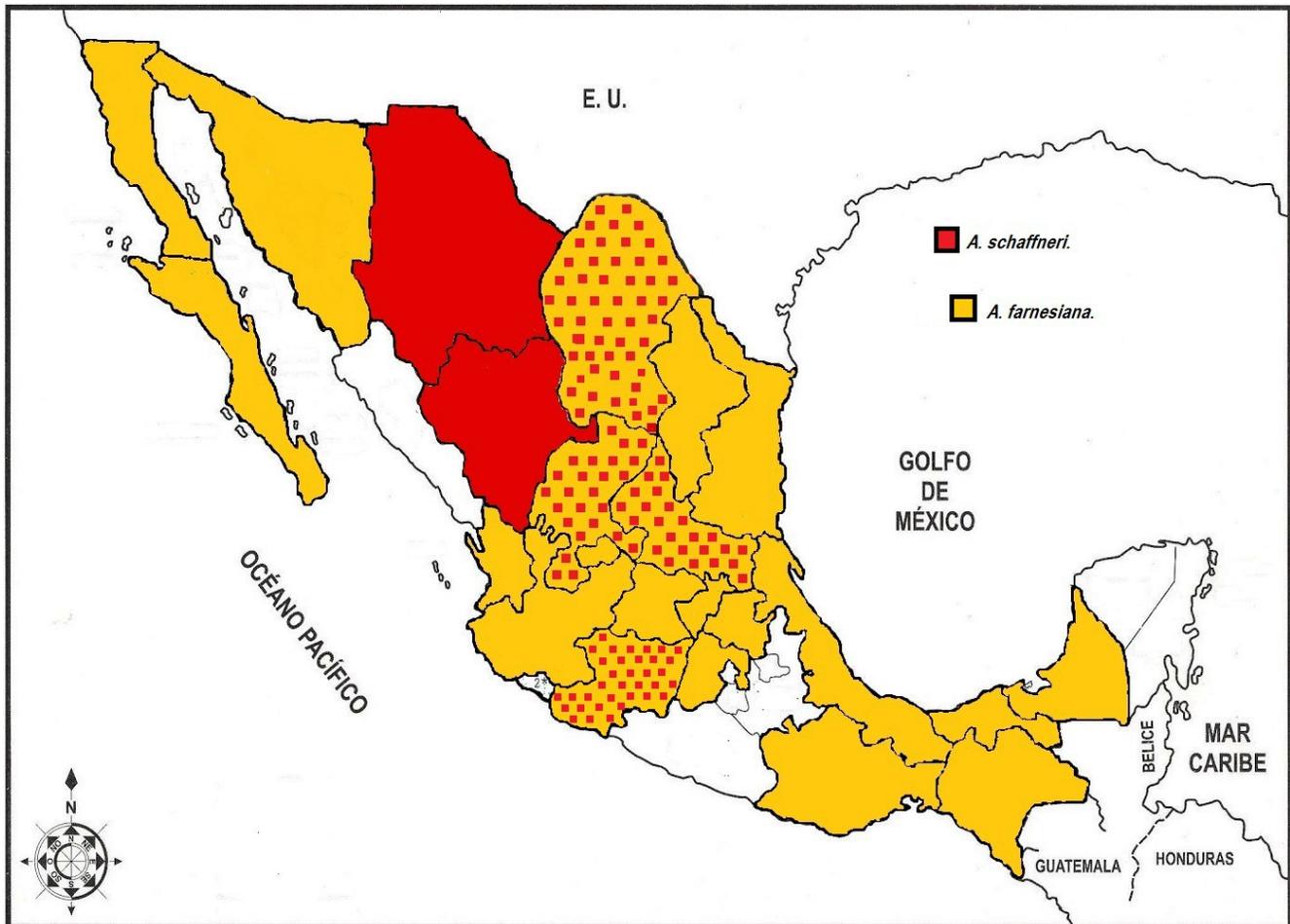


Fig 2. Distribución conocida de las especies en México.

***Acacia farnesiana* (L.) Willd**

Arbusto o arbolito de 2 a 5 metros de altura, tronco muy ramificado con las ultimas ramillas pubescentes en la juventud; estípulas en forma de espinas de color blanquecino; hojas de 2 a 6 cm de largo; peciolo corto con nectario situado poco más abajo de la base del primer par de pinnas, estas de 2 a 6 pares de largo, cada una con 10 a 25 pares de foliolos lineares de 3 a 6 mm de largo por un

milímetro ancho, ápice agudo u obtuso, margen entero, base obtusa (Fig. 4); flores sésiles reunidas en cabezuelas de 1 centímetro de diámetro, solitarias y/o fasciculadas, pedúnculos de 1 a 3 cm de largo; cáliz infundiforme, pubescente hacia el ápice; corola tubular de 2 a 25 mm de largo, amarilla (Fig. 5). Legumbre de 5-7 cm de largo, 0.8-1.2 cm ancho 0.7-1 cm de grueso túrgida, casi cilíndrica y ligeramente curvada, indehiscente, las valvas coriáceas, negras o pardo oscuro, glabras, septadas por un tejido compacto y resistente entre las semillas, base aguda, ápice agudo a veces cortamente rostrado (Fig. 6). Semillas 6.5-7 cm de largo, 4.7-5 mm de ancho y 2.6-3.2 mm de grueso, ampliamente elipsoides o casi circulares, pardo oscuro, sin arilo (Rzedowski *et al.*, 2005) (Fig. 3).

Reconocimiento

Se caracteriza por sus espinas estipulares blanquecinas y presencia de un nectario por debajo del primer par de pinnas.

Distribución y hábitat

Está presente en todo el país, abarcando una gran cantidad de climas y ecosistemas. Su área de distribución es heterogénea: en la vertiente Pacífica: desde el sur de Sonora hasta Chiapas y de manera discontinua en la vertiente Atlántica, en altitudes de 36 a 1,500 (2,500) m (Fig. 2). Por lo general se desarrolla en matorral xerófilo, a orilla de caminos, arroyos, parcelas abandonadas, terrenos con disturbio, terrenos sucesionales (acahuales), sitios ruderales. Se le encuentra donde predominan climas cálidos (Aw) y semicálidos A(C), en regiones que tienen hasta 900 mm de precipitación anual y temperaturas que varían de 5 a 30 °C. Prospera en una gran variedad de suelos desde muy arcillosos hasta muy arenosos. Suelos: rendzina, xegorendzina, vertisol, arenoso, húmedo, caliza, yeso, lutita y aluvión (CONABIO, 2013).

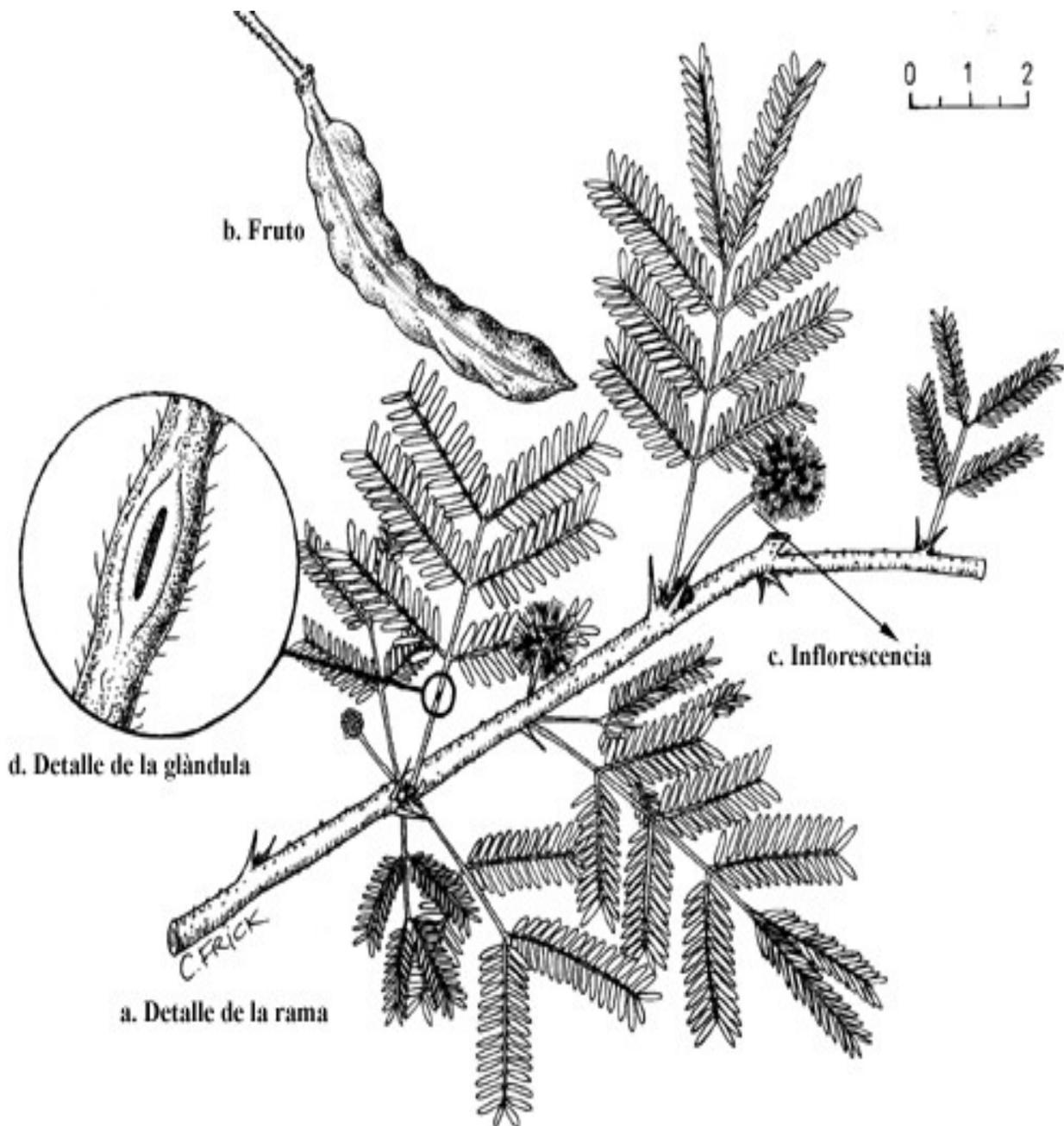
Fenología

Florece y fructifica durante todo el año.

Nombres populares y usos

Ya gecad, ya-gii, huizache, gusache, xemb (huave).

La especie es útil en la reforestación productiva en zonas degradadas de selva, ambientes áridos y salinos. La goma que mana del tronco se usa como sustituto de la goma arábica y se utiliza como mucílago. El jugo de las vainas inmaduras se utiliza para pegar porcelana rota. El aceite esencial se obtiene de las flores por maceración en manteca de cacao o en aceite de coco tiene olor a violetas y se usa para perfumar pomadas, polvos, roperos, ropa. Su principal utilidad radica en el uso del aceite o esencia en la industria de la perfumería. La madera se usa para hacer artículos torneados, también leña y carbón, ya que tiene combustión lenta y alto contenido calórico. Las flores y frutos contienen pigmentos que se usan para teñir telas de seda y papel tapiz. La vaina pulverizada y hervida produce un líquido negro que puede ser utilizado como tinta (CONABIO, 2013).



Dibujo: Chad Frick.1993.

Fuente: INBio.

© Derechos Reservados.

Figura 3. Morfología de *Acacia farnesiana*. (tomado de <http://darnis.inbio.ac.cr/>).

Comp. ger. y crec. en vivero de A. schaffneri y A. farnesiana.



Fig 4. Rama con hojas de *A. farnesiana* (tomado de <http://www.biodiversidadvirtual.org/herbarium>)



Fig 5. Rama con inflorescencias de *A. farnesiana* (tomado de <http://www.biodiversidadvirtual.org/herbarium>)



Fig 6. Frutos de *A. farnesiana* (tomado de <http://www.biodiversidadvirtual.org/herbarium>)

***Acacia schaffneri* (S. Wats.) Hermann**

Árboles o arbustos de hasta 4 m de alto. Ramas y tallos hispídulos. Hojas 1-4 cm de largo, estípulas hasta 35mm de largo, transformadas en espinas, persistentes, peciolo 2.5 mm de largo, hispídulo (Fig. 8), con una glándula cercana al primer par de pinnas o entre ellas, circular. Con 2-5 pares de pinnas, con una glándula entre cada par o en el último par de pinnas. Foliolos 9-20 pares por pinnas, 2-3 m de largo, 0.5-1 mm de ancho, linear-oblongos, ligeramente oblicua, el ápice agudo, glabros en el haz, hispídulos en el envés, ciliados, venación pinnada, con una vena central. Inflorescencias en cabezuelas solitarias o en fascículos axilares en grupos de 2-3. Flores amarillas (Fig. 9). Legumbre 5-10 cm de largo, 0.5-1.4 cm de ancho, 3-6 mm de grueso, túrgida, compresada pero no aplanada por lo general algo curvada y ligeramente constricta entre las semillas, indehiscente, valvas gruesas, coriáceas, pardo

oscuras, tomentosas o densamente hispídas, con resina y septos esponjoso-fibrosos por dentro, la base u el ápice agudas (Fig. 10). Semillas 6.5-7.5 mm de largo, 6 mm de ancho, 4.5-5 mm de grueso, esféricas, pardo oscuro, sin arilo (Rzedowski *et al.*, 2005) (Fig.7).

Reconocimiento.

Se caracteriza por tener un nectario entre el primer par de pinnas y legumbre parda oscura tomentosa.

Fenología.

Florece de junio a enero y fructifica de julio a febrero.

Distribución y hábitat.

Se localiza principalmente en la región norte y oriental del país. Se encuentra sobre laderas rocosas y pastizales en Chihuahua, Coahuila, Durango, San Luis Potosí y Zacatecas (Fig. 2). Crece entre los 2300 4000 metros de altitud. Tolera un amplio rango de suelos, si estos son bien drenados. Crece en bosque tropical caducifolio, matorral xerófilo y zonas perturbadas con cierto grado de recuperación.

Nombres populares y usos.

Su principal uso es como barrera rompevientos; además, posee un uso potencial ornamental para ciudades. La madera es utilizada como leña o para artesanías. Las hojas se usan como forraje. Todas sus partes tienen usos medicinales (Mielke, 1993).

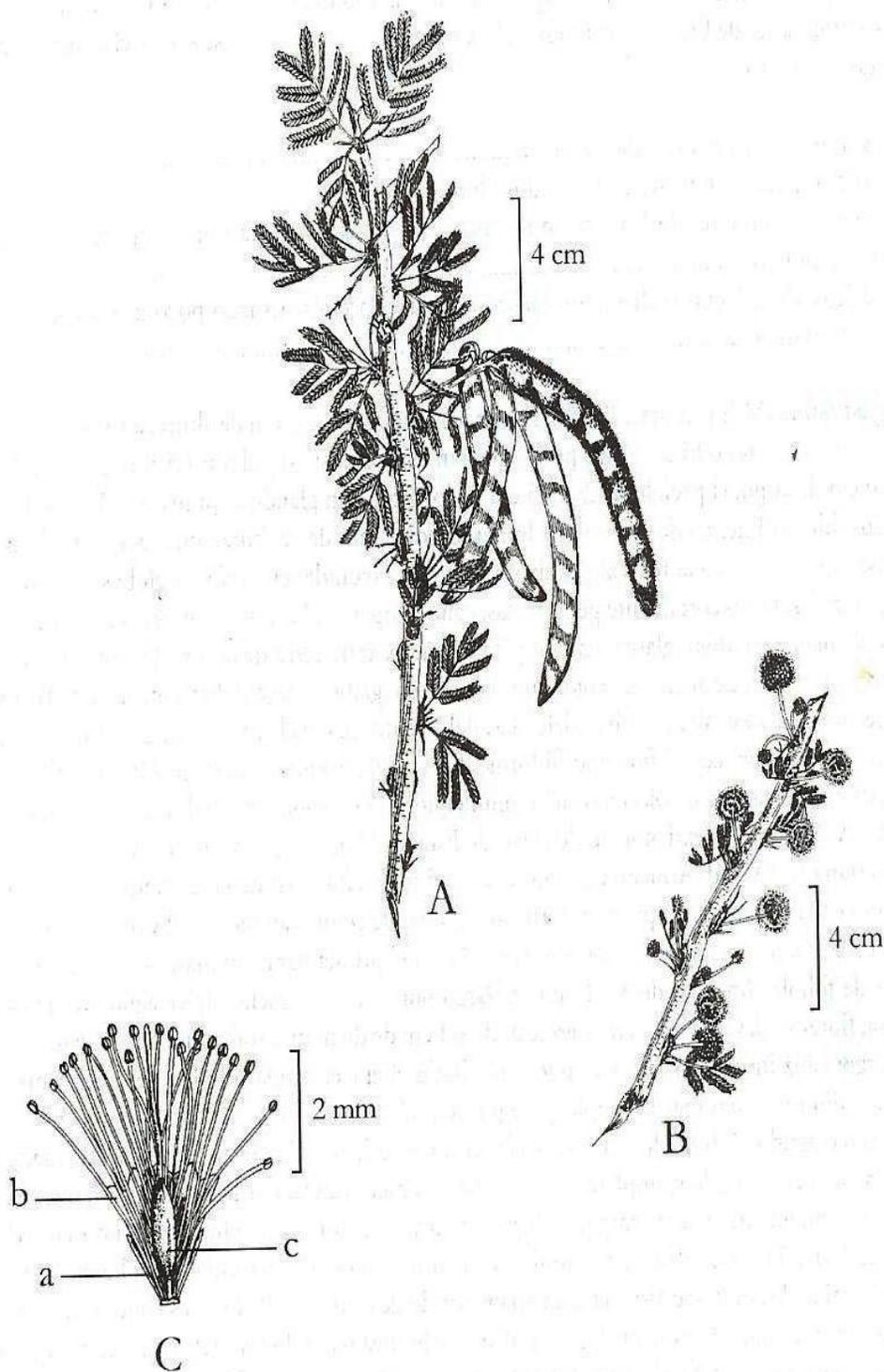


Fig 7. Morfología de *Acacia schaffneri* A) Rama con frutos. B) Rama con inflorescencias. C)Flor disecada, a. cáliz, b) corola, c) ovario.(tomado de Rzedowski, 2005)

Comp. ger. y crec. en vivero de A. schaffneri y A. farnesiana.



Fig 8. Rama con hojas de *A. schaffneri* (tomado de <http://www.biodiversidadvirtual.org/herbarium>)



Fig 9. Rama con inflorescencias de *A. schaffneri* (tomado de <http://www.biodiversidadvirtual.org/herbarium>)



Fig 10. Rama con frutos de *A. schaffneri* (tomado de <http://www.biodiversidadvirtual.org/herbarium>)

Germinación

La semilla es un óvulo fertilizado y maduro que tiene la capacidad de dar origen en condiciones favorables a un nuevo individuo, a lo cual se le denomina proceso de germinación (Camacho, 1994). Debido a que en este proceso la semilla adquirirá un metabolismo que es fundamental para reiniciar el crecimiento y transcribir las porciones del programa genético que lo convertirá en una planta adulta, son necesarias ciertas condiciones que harán que el proceso de germinación tenga éxito.

a) Viabilidad: es una cualidad de una semilla de estar viva. Es el periodo de tiempo durante el cual la semilla conserva su capacidad de germinar. Es un periodo variable y depende del tipo de semilla y las condiciones de almacenamiento (CATIE, 1996).

Atendiendo a la longevidad, puede haber semillas que germinan después de decenas o centenas de años; se da en semillas con cubierta seminal dura como las leguminosas y se denominan semillas ortodoxas.

En el extremo opuesto tenemos las que no sobreviven más que algunos días o meses, como es al caso de arce, sauces, chopos y orquídeas; y se denominan semillas recalcitrantes (Jara, 1997).

b) Quiescencia: se define como el estado en que se encuentra una semilla que no germina debido a que el medio ambiente se lo impide, básicamente por la falta de agua o por bajas temperaturas.

c) Ambiente adecuado para el proceso: para que la germinación pueda realizarse se requiere de suficiente humedad, de una composición gaseosa similar a la de las primeras capas de la biosfera y una temperatura de 10 a 30°C.

d) Ausencia de dormición: se requiere que no exista un mecanismo fisiológico que impida la germinación en condiciones adecuadas para este proceso .

Sin embargo las semillas de muchas especies son incapaces de germinar incluso cuando estas se encuentran en condiciones favorables. Esto debido a que las semillas se encuentran en un estado de latencia. Los tipos de latencia que pueden encontrarse son: endógena, exógena y combinada.

Latencia exógena.

Las semillas que presentan este tipo de latencia tienen un retraso en la germinación debido a propiedades físicas y químicas de la cubierta seminal, por lo que se denomina latencia impuesta por la cubierta seminal. En este caso el embrión aislado puede germinar con normalidad.

Los mecanismos que actúan en la latencia impuesta por la cubierta seminal son:

- i. Impermeabilidad al agua: en algunas familias (leguminosas, malváceas, convolvuláceas, liliáceas, solanáceas). Las cubiertas seminales actúan como barrera a la difusión de agua debido a la presencia de la cutícula y a un parénquima en empalizada muy desarrollado. En condiciones naturales tanto la flora microbiana del suelo como los cambios de temperatura pueden desgastar las cubiertas, haciendo que se vuelvan más permeables al agua. Sin embargo, en condiciones de laboratorio podemos acelerar el proceso mediante distintos tratamientos: abrasión con arena, aplicando ácido sulfúrico concentrado durante periodos cortos de tiempo, sumergiendo las semillas en agua hirviendo; mediante cambios bruscos de temperatura; etc.
- ii. Impermeabilidad al intercambio de gases: A veces, son las diferentes capas de tejido que rodean al embrión las responsables de que no se produzca el intercambio de gases entre éste y el medio externo, dificultando así la entrada de oxígeno. Esta barrera supone un impedimento para que se produzca la respiración llegando a impedir la germinación.
- iii. Resistencia mecánica: en las semillas con pericarpo duro, la radícula no puede romperlo, lo que representa un impedimento mecánico a la germinación.
- iv. Presencia de inhibidores: La presencia de inhibidores en las cubiertas seminales es la causante

de que las especies tropicales y subtropicales no puedan germinar en las estaciones secas. La naturaleza química de los inhibidores es muy variada, pero principalmente son compuestos fenólicos. La eliminación manual de la cubierta o la lixiviación de los frutos es suficiente para que la semilla germine.

Latencia endógena.

La latencia endógena está determinada por las características anatómicas, fisiológicas y morfológicas del propio embrión. En este caso, el embrión es durmiente en si mismo, y es incapaz de germinar incluso si es aislado de la semilla y colocado en condiciones favorables. Este tipo de latencia sólo puede eliminarse cuando existan factores que puedan provocar cambios en las características anteriores, tales como la estratificación a ciertas temperaturas, condiciones de iluminación, administración de sustancias de crecimiento, etc (García- Breijo et al; 2006).

Debido a que el estudio del proceso germinativo es muy complicado se ha dividido en seis etapas (Herrera et al., 2006):

1. Absorción de agua o imbibición: depende del tipo de semillas, pues existen aquellas que necesitan niveles de humedad menores a 20% o aquellas que requieren más de este porcentaje, dependiendo siempre del ambiente donde se desarrollen.
2. Activación de los sistemas de información y síntesis: la imbibición puede realizarse aún en semillas muertas; para que ocurra la germinación, es necesario que la semilla sea viable, lo cual implicar la activación de la información genética presente en los cromosomas, la activación de los sistemas enzimáticos y la creación de algunos de éstos.

3. Digestión de los compuestos complejos presentes en los tejidos nutritivos: los alimentos se encuentran almacenados como almidones, grasas y proteínas, los cuales deben separarse como azúcares sencillos y aminoácidos, con el fin de que pueda ser asimilados por el embrión.
4. Translocación de los compuestos sencillos de los tejidos nutritivos al eje embrionario: los primeros pasos de la germinación se realizan con los compuestos nutritivos presentes, conforme avanza la necesidad de estos compuestos es necesario que cantidades mayores estén disponibles en forma asimilable.
5. Crecimiento de plántula: el proceso germinativo culmina cuando la semilla se transforma en una plántula, lo que implica desarrollo y crecimiento del embrión, debido al crecimiento de la raíz, tallo y hojas.
6. Establecimiento: cuando se activan los órganos fotosintéticos el peso de las plántulas deja de disminuir. Llega el momento en que la fotosíntesis establecido cuando deja de depender de los tejidos nutritivos legados por la planta madre.

Para la germinación es importante considerar diferentes variables ambientales (Herrera et al.,2006):

1. Temperatura. La utilización de temperaturas constantes en medios artificiales es muy frecuente; en cambio, en un medio natural se presenta variaciones tanto diarias como estacionales. En términos generales y en el intervalo de 6 a 35°C crecen la mayoría de las plantas; se sabe que las temperaturas constantes son menos favorables que las oscilantes, siempre y cuando estas diferencias no sobrepasen los 15°C.
2. Luz: aunque algunas semillas pueden germinar fácilmente en la obscuridad, la luz puede tener

un efecto definitivo en las semillas durmientes; una exigencia de luz para inducir la germinación indica dormición.

3. Agua: con un contenido de humedad de 40 a 60% del peso fresco de las semillas, no se realiza la germinación. Durante el proceso de germinación se realiza primero un consumo rápido de agua; posteriormente se estabiliza, y después vuelve a aumentar con el crecimiento de la planta.

Además, es importante considerar la concentración de iones, aireación, tamaño de las semillas, posición de las semillas y profundidad de la siembra.

Crecimiento

El crecimiento es un proceso de incremento en la masa de un ser vivo, que se produce con el aumento del número de células o de la masa celular. En las plantas, el crecimiento está determinado por los meristemas. Estos están compuestos de células fisiológicamente indiferenciadas y capaces de dividirse repetidamente. El embrión tiene un eje embrionario que en los extremos contiene los meristemas apicales del tallo y de la raíz, estos son de gran importancia, puesto que estos tejidos son la fuente de prácticamente todas las nuevas células responsables del desarrollo de la plántula y de la planta adulta a partir del embrión.

Una vez iniciados los mecanismos de germinación, el embrión empieza el crecimiento y la división de las células sigue el patrón característico de cada especie. La primera estructura que emerge de la mayoría de las semillas es la radícula o raíz embrionaria. La forma en la que el tallo emerge de la semilla varía según la especie. Independientemente de la forma en el que el tallo emerge de la semilla, la actividad del meristema apical siempre forma una secuencia ordenada de hojas, nudos y entre nudos,

progresivamente se van formando primordios de las yemas en las axilas de las hojas que acaban siguiendo una secuencia de crecimiento. Los tejidos primarios del tallo comienzan a tener crecimiento entre los puntos de intersección; por lo tanto, el incremento en longitud del tallo tiene lugar principalmente mediante la elongación internodal (Raven, 1992).

Por la tanto, el crecimiento se define como el incremento de volumen o peso del individuo, a través del tiempo como resultado de la síntesis de grandes moléculas y del alargamiento de la célula. El incremento del volumen (tamaño) puede medirse aproximadamente por expansión en una o dos direcciones como longitud, diámetro y altura. Para el análisis del crecimiento se han estudiado plantas de diferentes ciclos de vida y se han obtenidos sus curvas de crecimiento. Las plantas anuales y partes individuales de perennes presentan curvas de crecimiento sigmoideas con tres fases primarias: 1) fase logarítmica, en donde el incremento del tamaño por unidad de tiempo es lento al principio, aparentemente por que las semillas tienen células que inician su crecimiento, dicho valor continúa incrementándose conforme más células se forman; 2) fase lineal; cuando el incremento en tamaño continúa constante; 3) fase de senescencia, caracterizada por decremento en el valor de crecimiento (Salisbury y Ross, 1992).

El crecimiento es un indicador de éxito que tienen las plantas, tanto en su productividad como en su capacidad para establecerse en determinado sitio. Los métodos empleados en la evaluación del crecimiento dependen de la forma de vida de la planta. En arbustos y árboles, el crecimiento se mide mediante el incremento del diámetro, altura y volumen del tallo (Dusan, 1984 en Salisbury y Ross, 1992).

Supervivencia

La supervivencia en plantas puede definirse como la capacidad de tolerancia a los factores ambientales que afectan su desarrollo, tales como déficit hídrico, altas temperaturas e insolación (Landis *et al.*, 1995). Las estrategias de adaptación a estas condiciones nos hablan de las diferencias genéticas y ecológicas de las plantas y su habilidad evolutiva en su historia de vida (Fernández *et al.*, 1996).

La estrategia de germinación y establecimiento de plántulas es crítico en la historia de vida de las plantas en su densidad y en la composición de las comunidades vegetales. Durante el primer año de vida la sobrevivencia de las plantas es baja en la mayoría de las especies (Grubb, 1977; Lauenroth y Adler, 2008).

ANTECEDENTES

Entre los trabajos que aportan información importante a este estudio están:

Lacher (1963), en su estudio realizado con semillas de *Prosopis juliflora* var. *glandulosa*, reporta una germinación rápida y uniforme a 34°C. El tratamiento para eliminar el letargo fue la inmersión en ácido sulfúrico concentrado durante 10 minutos. Dicha germinación alcanzó 49% en las primeras siete horas, mientras que el testigo solo logró 6.6% de germinación.

Villagómez (1978), menciona que para obtener altos porcentajes de germinación en el Mezquite (*Prosopis laevigata*), se recomienda un remojo previo en agua caliente (aproximadamente a 75°C), lográndose que las semillas germinen uniformemente.

Brito (1980), utilizó tres tratamientos para escarificar semillas de *Prosopis laevigata* y *Prosopis glandulosa*: agua caliente a 86°C durante 1, 2, 3, 4, 5 y 6 minutos; ácido sulfúrico concentrado durante 5, 10, 15, 20, 25 y 30 minutos y agua oxigenada durante 10, 20, 30, 40, 50 y 60 minutos. De estos, los mejores tratamientos para *Prosopis laevigata* fueron: 4 minutos en agua caliente y 25 minutos en ácido sulfúrico.

Peña- Hernández (2008) realizó un estudio sobre el rompimiento de la latencia y el comportamiento germinativo de *Parkinsonia praecox* y *Prosopis laevigata*, en este estudio el encuentra que el mejor tratamiento para romper la latencia es de 3 minutos en agua a 85°C para *P. praecox* e inmersión en H₂SO₄ por 25 minutos para *P. laevigata*. Las plantas tratadas presentaron después de 19 días un buen crecimiento de raíz, tallo y hojas.

Trabajos que citan a las especies en estudio son:

Everitt (1983), investigó la relación de la temperatura, regímenes de luz, salinidad del sustrato, pH, potencial osmótico, edad de las semillas, emergencia de las semillas y características de germinación de *Parkinsonia aculeata* y *Acacia schaffneri*. Las semillas fueron escarificadas con ácido sulfúrico por 45 minutos, la germinación de las semillas de Acacia fue de 58% a temperaturas constantes de 15 a 30°, la luz no es requerida para la germinación y no fueron observados mecanismos de dormancia. La germinación y elongación de la radícula fueron sensibles al potencial osmótico en soluciones de polietilenglicol en 0.4 MPa y la germinación no ocurre a 1.4MPa. La germinación y elongación de radícula fue relativamente tolerante a pH extremos.

Martínez-Pérez et al. (2006), evaluaron la efectividad de ocho tratamientos pre-germinativos seleccionados con base a la literatura para ocho especies de leñosas de la mixteca alta oaxaqueña, entre las especies se encontró *A. schaffneri*. Los resultados muestran que *A. schaffneri* presenta latencia física, ya que basta con quebrantar la testa mediante abrasión o calentamiento para lograr una germinación rápida.

Martínez-Hernández et al. (2011), diagnosticaron, propagaron y generaron alternativas de conservación para *Acacia farnesiana* en la Región de Actopan Veracruz. Los resultados muestran que la propagación de Acacia farnesiana por semilla a través de métodos mecánicos obtuvo 80-90% de germinación, en tanto que de manera natural solo registró el 10%. La propagación in vitro resultó la forma más rápida de obtener 5, 000 árboles.

Sánchez-Martínez et al. (2011), establecieron técnicas para la propagación de *Acacia farnesiana*, *A. pennatula* y *A. schaffneri*. Las semillas fueron escarificadas con ácido sulfúrico al 98% durante 20

minutos; la germinación de *A. farnesiana* fue de 87% en 14 días y un tiempo medio de germinación de 6.33 días, teniendo un crecimiento en vivero de 150 cm a los 12 meses y sobrevivencia del 100%. *A. pennatula* obtuvo 89.67% de germinación con un tiempo total de la emergencia de 14.33 días y un tiempo medio de germinación de 7.33 días, el crecimiento en vivero fue de 33 cm después de 12 meses y sobrevivencia de 100%. *A. schaffneri* presentó un 93% de germinación, tiempo total de emergencia de 16.67 días y un tiempo medio de germinación de 7.67 días.

OBJETIVOS

Objetivo general

⊗ Evaluar la capacidad de propagación en vivero de *Acacia farnesiana* y *Acacia schaffneri* mediante el estudio de su comportamiento germinativo y sobrevivencia.

Objetivos particulares

⊗ Describir el comportamiento germinativo de semillas de *Acacia farnesiana* y *Acacia schaffneri* a través de su capacidad germinativa, tiempo de germinación, uniformidad germinativa y calidad de germinación.

⊗ Evaluar la sobrevivencia y el crecimiento en vivero de plantas de obtenidas en el estudio de comportamiento germinativo.

⊗ Describir la morfología de plantas de diferentes edades de las dos especies.

METODOLOGÍA

La procedencia de las semillas correspondió a localidades de Zacatecas las de *A. farnesiana* fueron recolectadas en el municipio de Juchipila y las de *A. schaffneri* en el municipio de Zacatecas. Los dos municipios se ubican en la región de la Sierra Madre Occidental (Fig. 11). La fecha de recolección fue en enero del 2012 y se mantuvieron en estratificación hasta su uso en el 2013

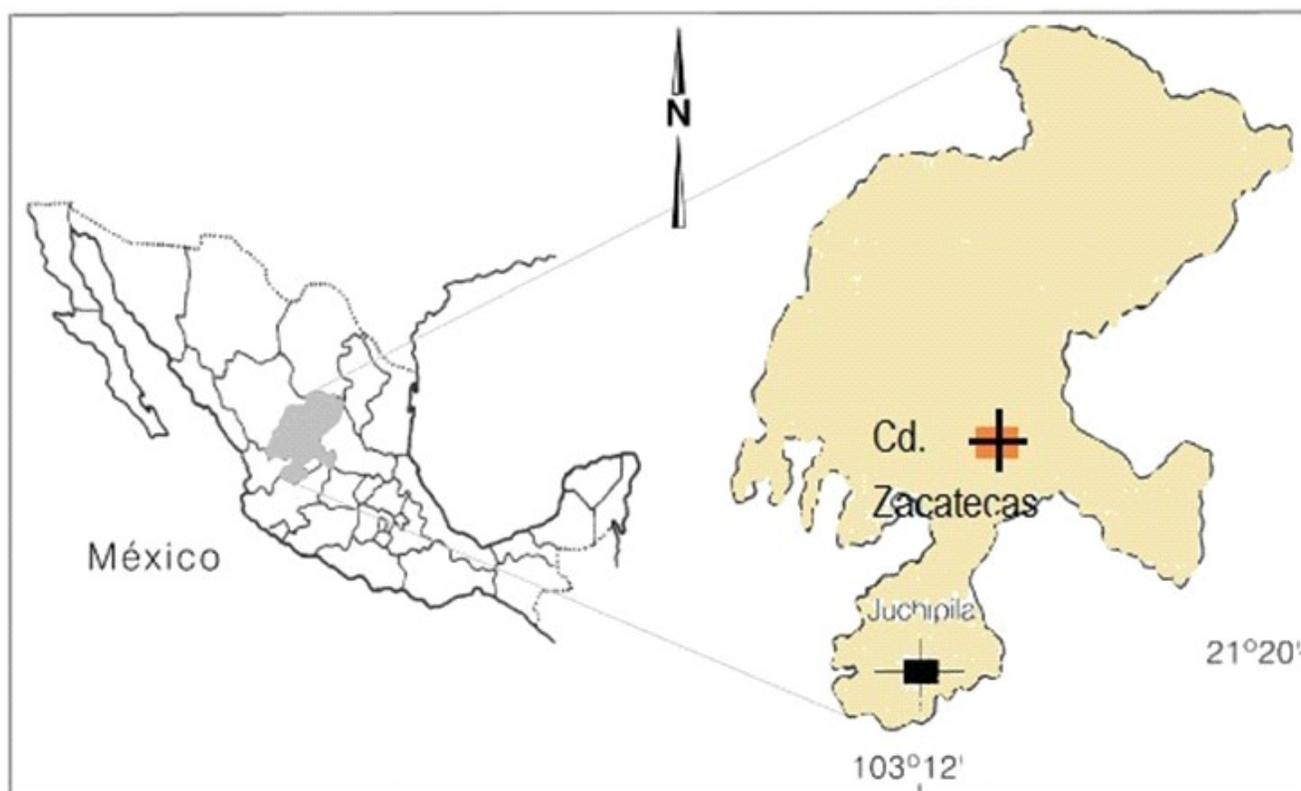


Fig. 11 Localización del estado de Zacatecas y sitios de colecta de semillas.

El estado de Zacatecas se localiza en la parte centro-norte de la República Mexicana; colinda a Norte con Durango y Coahuila; al este con Coahuila y Nuevo León y San Luis Potosí; al sur con Guanajuato,

Jalisco y Aguascalientes; al oeste con Jalisco, Nayarit y Durango.

El porcentaje territorial que representa al estado de Zacatecas es de 3.8% de la superficie del país. Cuenta con una superficie de 75,040 km², y una división política de 58 municipios. La altura promedio en el estado es de 2,100 m.s.n.m., pero la ciudad de Zacatecas se encuentra a 2,496 m. de altura.

El clima en Zacatecas es seco, con temperatura media anual de 16 °C y precipitación media de 510mm. Los suelos son de tipo residual y aluvial; su gran variedad provoca una fertilidad disímbola, generalmente alta; de su combinación con los climas, templado, seco y semiseco, resulta una vegetación heterogénea de bosques, en su mayoría encino-pino, matorrales xerófito-desérticos y pastizales. En el suroccidente del estado se alojan pequeñas selvas tropicales caducifolias (INEGI, 2003).

El municipio de Juchipila (en náhuatl: Xochipillan, ‘lugar de flores’) es uno de los 58 municipios del estado de Zacatecas. El municipio se encuentra en el sur de Zacatecas, enclavado en el cañón que lleva su nombre (Juchipila), entre la Sierra de Morones y la de Nochistlán. Con una altura de 1138 msnm . Colinda al norte con el municipio de Apozol, al sur con Moyahua, al este con Nochistlán, al oeste con Teúl de González Ortega. La cabecera municipal que lleva el mismo nombre Juchipila, tiene 12 284 habitantes, de acuerdo al Censo del 2010. La vegetación predominante es bosque de pino-encino, matorral subtropical, pastizal inducido, agricultura de riego con cultivos permanentes y agricultura de temporal con cultivos anuales (INEGI, 2003).

El municipio de Zacatecas, se encuentra en la zona centro-sur del estado, limita al norte con el municipio de Morelos, al noreste con el municipio de Vetagrande, al sureste con el municipio de Guadalupe, al sur con el municipio de Genaro Codina, al suroeste con el municipio de Villanueva, al

oeste con el municipio de Jerez y al noroeste con el municipio de Calera. Se asienta en un terreno montañoso, su elevación promedio es de 2.440 m sobre el nivel del mar. Al norte de la ciudad, rumbo a Vetagrande las elevaciones superan esa cota; en ella se encuentra el cerro de La Bufa con una altitud de 2 650 m. Según el Censo de Población y Vivienda (2010), posee una población de 129,011 habitantes, que representa el 9.3% de la población del estado. El tipo de vegetación que rodea la zona metropolitana de Zacatecas corresponde en su mayoría a pastizal inducido y matorral crasicuale (INEGI, 2003).

Cantidad de semillas por kilogramo y establecimiento para germinación

Para calcular la cantidad de semillas, se contaron y pesaron tres submuestras de 10 semillas cada una; con el promedio obtenido se determinó el número de semillas por kilogramo.

Para eliminar la latencia se empleó un dremel y se lijó la parte opuesta al micrópilo para eliminar parte de la testa. La decisión de lijar la cubierta se debió principalmente a que es la manera más rápida y sencilla de romper la testa, el cual es un método frecuente reportado en la bibliografía.

Después de la escarificación de las semillas se desinfectaron con hipoclorito de sodio al 10%, durante 5 minutos, después se enjuagaron con agua destilada. Se eligieron para el establecimiento semillas sanas; es decir, sin daños aparentes.

Se establecieron en cajas de plástico cinco lotes de 50 semillas cada uno, se utilizó papel absorbente, embebido con agua destilada como sustrato; posteriormente, se colocaron en una cámara de germinación a 25°C, con fotoperiodo de 24 horas luz.

Comportamiento germinativo y establecimiento en vivero

Una vez iniciada la germinación y durante el tiempo en que los lotes establecidos fueron mantenidos en cámara de crecimiento, se describieron las estructuras que aparecieron a través del tiempo como radícula, hipocótilo, epicótilo y hojas; además, se registró el día de su emergencia y cada tercer día se midió su longitud; esto durante el tiempo en que se alcanzó el 100 % de germinación. También se hicieron observaciones cualitativas como cambios en coloración.

Las plantas de siete días se trasplantaron a recipientes sin fondo con tierra negra y agrolita con humus en proporción 1:1 como sustrato, mismos que se colocaron sobre mesas de malla en el Jardín Botánico de la FES-IZTACALA, UNAM.

Los riegos fueron aplicados cada tercer día o dependiendo de las condiciones ambientales.

Crecimiento

Para describir el crecimiento de las plantas en condiciones de vivero, se realizaron mediciones cada 15 días durante 155 días, empezando dos semanas después su establecimiento; durante este periodo, se realizaron registros de altura, diámetro del tallo, número de hojas y cobertura.

Análisis de datos

Cantidad de semillas por kilogramo

Para analizar los datos de cantidad de semillas por kilogramo se calcularon las medias descriptivas de cada una de las submuestras. Las medidas calculadas fueron: media, error estándar de la media,

desviación estándar, coeficiente de variación, mínimo, máximo, cuartil 1, mediana y cuartil 3; las cuales fueron representadas gráficamente en diagramas de caja (Box Plot). También se realizó un análisis de varianza de un factor (ANOVA) con la característica de peso, para determinar la existencia de diferencias significativas entre las muestras.

Comportamiento germinativo

Con los datos del registro de germinación se evaluaron los siguientes índices: capacidad germinativa, tiempo de germinación, uniformidad germinativa y valores germinativos, según Morales y Camacho (1985) y CENID-COMEF (1994), mismos que se definen a continuación:

Capacidad germinativa o porcentaje de germinación final: es el porcentaje máximo de semillas capaces de germinar bajo condiciones determinadas. $CG = (Ae * 100) / M$.

En donde:

CG= Capacidad Germinativa

Ae= Germinación Acumulada hasta la última evaluación

M= Muestra evaluada (Total de semillas establecidas)

Calidad de la germinación o índice de Maguire (Maguire,1962): se fundamenta en la suma de las tasas de germinación sencilla entre el tiempo (Maguire, 1962). $MG = (G1 / T1 + G2 / T2 + Ge / Te) * 100 / M$.

En donde:

MG= Valor Germinativo o Índice de Maguire.

G_i = Germinación Sencilla de la i -ésima evaluación.

T_i = Tiempo transcurrido desde la siembra hasta la i -ésima evaluación.

M= Cantidad de semillas establecidas.

Tiempo de germinación (tiempo medio de germinación): es el tiempo que las semillas tardan en germinar; para evaluarlo considerando todos los datos tomados se usa el tiempo medio de germinación.

$TMG = SPG / SG$.

En donde:

TMG= Tiempo Medio de Germinación.

SPG= Suma de los Puntos Medios por Germinaciones Sencillas.

SG= Suma de Germinaciones Sencillas.

Uniformidad de la germinación (desviación típica del tiempo de germinación): es la

cercanía entre los tiempos de germinación de las semillas sembradas, cuanto transcurre entre las primeras germinaciones y las últimas. Es el cálculo de la desviación típica del tiempo de germinación.

$DTG = \text{raíz cuadrada de } [(SCG - (SPG * SPG / SG)) / (SG - 1)]$.

En donde:

DTG= Desviación Típica del Tiempo de Germinación.

SCG= Suma de los puntos Medios Cuadrados por germinaciones sencillas

$([P1 \times P1 \times G1] + [P2 \times P2 \times G2] \dots + [Pex \times Pex \times Ge])$.

SPG= Suma de los puntos Medios por Germinaciones Sencillas

$([P1 \times G1] + [P2 \times G2] \dots + [Pex \times Ge])$.

SG= Suma de las Germinaciones Sencillas ($G1 + G2 \dots + Ge = Ae$).

Crecimiento en cámara de germinación

Para describir el crecimiento en cámara de germinación, se realizaron las siguientes medidas descriptivas: media, error estándar de la media, desviación estándar, coeficiente de variación, mínimo, máximo, cuartil 1, mediana y cuartil 3; las cuales fueron representadas gráficamente en diagramas de caja (Box Plot). También se realizó un análisis de varianza de un factor (ANOVA) para conocer las diferencias de crecimiento entre las especies en la cámara de germinación.

Crecimiento en vivero

Se calcularon las medidas descriptivas: media, error estándar de la media, desviación estándar, coeficiente de variación, mínimo, máximo, cuartil 1, mediana y cuartil 3, las cuales fueron representadas gráficamente en diagramas de caja (Box Plot). También se realizó un análisis de varianza

de un factor (ANOVA). Los diagramas de caja nos ayudaron a ilustrar y comparar los porcentajes de germinación, sobrevivencia y crecimiento de las plantas a través del tiempo de las dos especies; también, para describir sus diámetros, coberturas y número de hojas.

El análisis estadístico se realizó a través del análisis de varianza (ANOVA) para comparar muestras independientes. Todos los análisis mencionados se realizaron con el programa estadístico Minitab versión 16.

Durante el crecimiento de las plantas en estudio, se realizaron observaciones cualitativas, con las cuales se integraron descripciones de las dos especies.

En la fase de vivero, también se hicieron observaciones en lo que respecta a características de hojas y tallo, registrando colores, texturas y daños, entre otros. Se observaron también las diferencias entre individuos de la misma especie.

Descripciones Morfológicas

Para cada una de las especies se hizo la descripción morfológica de las plantas a los dos, cuatro y seis meses de edad. Las descripciones realizadas describen la arquitectura foliar de acuerdo con Hickey (1974), para ello se diafanizaron hojas y se prepararon ejemplares de herbario.

RESULTADOS

Cantidad de semillas por kilogramo

De acuerdo con el promedio obtenido, la cantidad de semillas por kilogramo fue de 19,230 semillas para *A. farnesiana* y para *A. schaffneri* fue de 7,874. La diferencia de semillas obtenidas para cada especie se debió, principalmente, a que *A. schaffneri* presentó semillas más grandes (fig. 12) (media=1.26 gr, std=0.10) que *A. farnesiana* (media=0.52 gr, std=0.03). El análisis de varianza (ANOVA) mostró diferencias significativas ($P < 0.05$) entre las medias de las dos especies, con respecto al peso de las semillas ($F=2.82$, $p < 0.001$). Lo anterior se puede apreciar gráficamente en los diagramas de caja (Fig. 13), donde se ilustra claramente cómo quedan dispuestos los valores totales de cada muestra de las semillas, observándose la variabilidad del peso de las semillas para cada especie.



Fig. 12. Semillas de *A. farnesiana* (izq) y *A. schaffneri* (der).

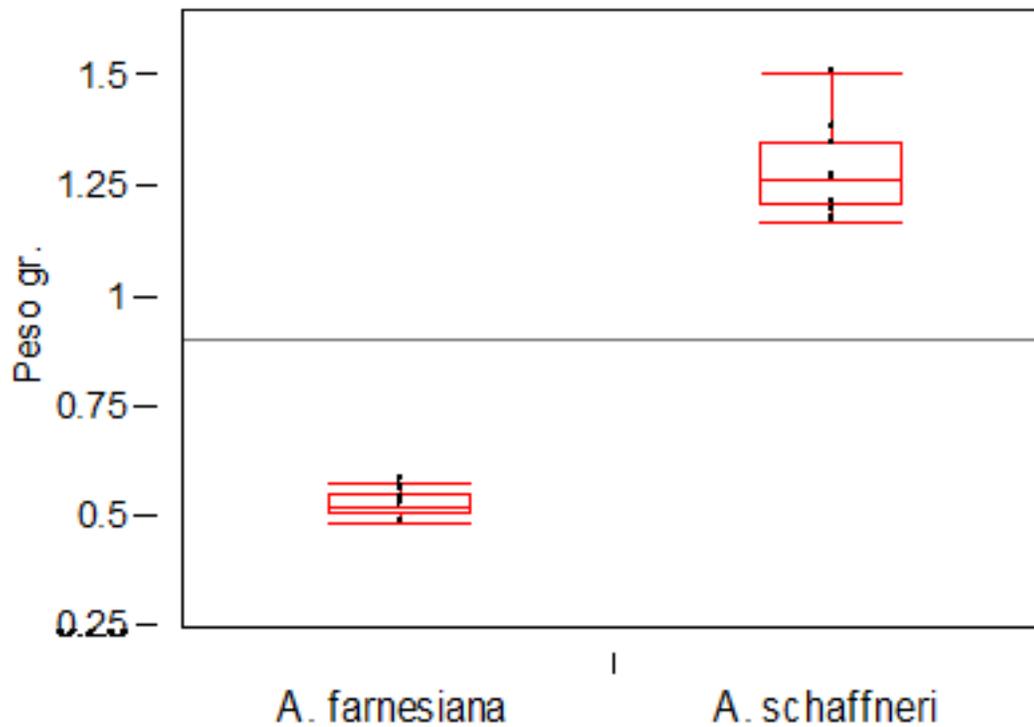


Fig. 13. Peso de semillas de las dos especies

Comportamiento germinativo

El inicio de la germinación de *A. farnesiana* comenzó un día después del establecimiento en la cámara de germinación, presentando un porcentaje de germinación total del 98% al tercer día, siendo la especie que requirió de menor tiempo para germinar. *A. schaffneri* comenzó la germinación dos días después del establecimiento con un porcentaje de germinación total de 90.4% a los 7 días (Fig. 14). De acuerdo a las respuestas de las variables estudiadas (Cuadro 1) el comportamiento germinativo fue de mayor calidad en *A. farnesiana*. Lo anterior se evidencia por lo siguiente: a) presentó una capacidad o porcentaje de germinación mayor; b) tuvo un tiempo medio de germinación (TGM) superior al de *A. schaffneri*; b) la uniformidad del proceso, medida a través de la desviación del tiempo medio de la

germinación (DTMG) fue menor, siendo más uniforme y rápida; c) el valor germinativo de Maguire o indicador de la calidad de germinación fue superior.

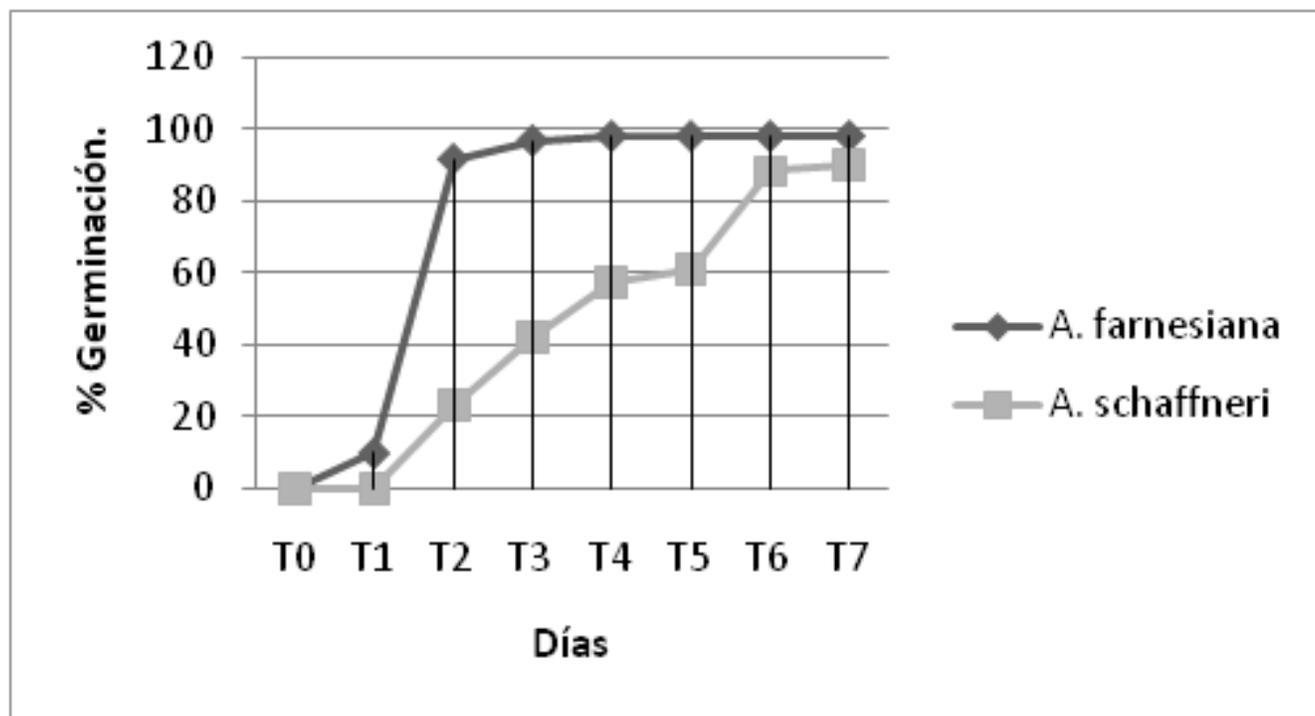


Fig 14. Porcentaje de germinación acumulada a diferentes tiempos.

Cuadro1. Índices de germinación.

INDICES DE GERMINACIÓN.	<i>A.farnesiana.</i>	<i>A. schaffneri.</i>
Capacidad germinativa %	98	90.8
Tiempo medio de germinación TMG (días)	1.47	3.49
Desviación TMG (días)	0.47	1.76
Índice de Maguire.	52.83	27.26

Crecimiento en cámara de germinación

Los resultados obtenidos muestran que ambas especies presentaron una longitud radicular similar después de ocho días. En *A. farnesiana* fue ligeramente superior (media=2.95 cm, std=0.56) que en *A. schaffneri* (media=2.61, std=0.93); la máxima longitud alcanzada en *A. farnesiana* fue de 5.12 cm y de 5.65 cm en *A. schaffneri*. Sin embargo, el crecimiento en *A. farnesiana* fue más homogéneo y se vio reflejado en su media y su desviación estándar (Fig.15).

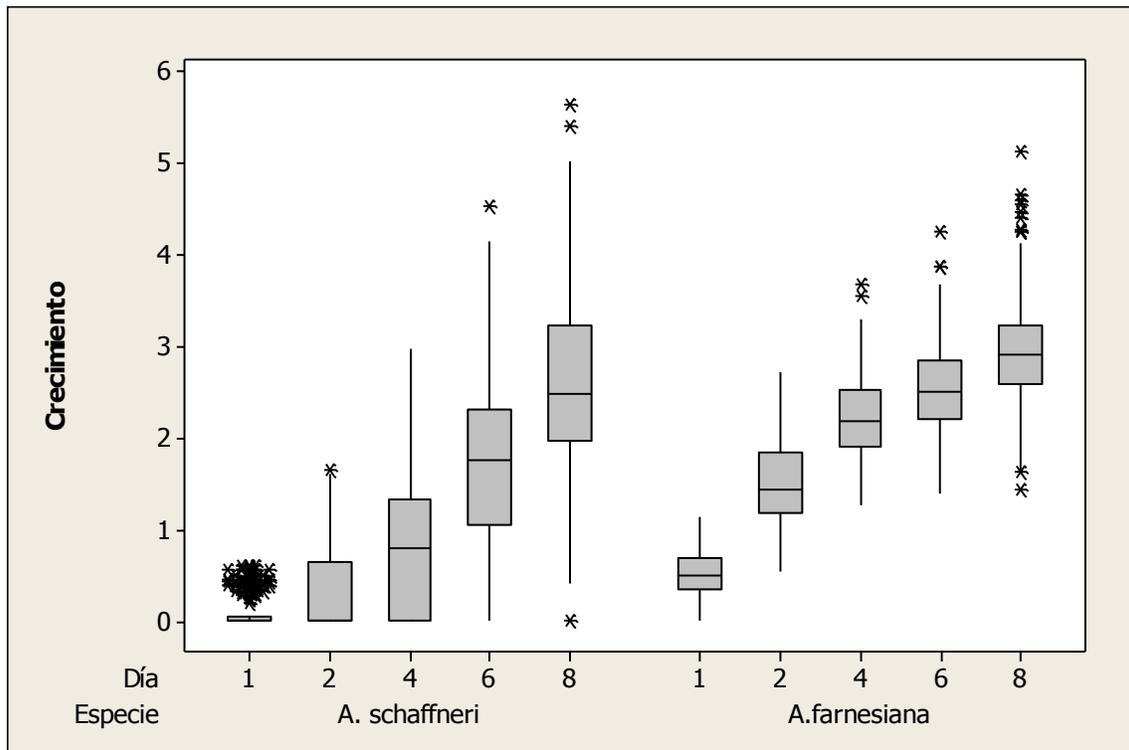


Fig 15 . Crecimiento radicular en cámara de germinación de *A. farnesiana* y *A. schaffneri*.

Las observaciones cualitativas realizadas durante este periodo son las que se describen a continuación (Fig. 16):

- Los cotiledones de ambas especies, después de la escarificación, presentaron un color amarillo, en muy pocos casos se observaron verdes; después de la germinación, el color cambia de amarillo verdoso a verde oscuro.
- En ambas especies, la radícula emerge con un color amarillo tenue y cambia a blanco con el crecimiento.
- Las hojas primordiales, en el momento de su aparición, son de color verde en *A. farnesiana* y los cotiledones se extienden a partir de que las hojas están presentes; mientras que en *A. schaffneri* son amarillas y se tornan verdes, pero los cotiledones se extienden antes de que aparezcan las hojas (Fig. 16G).

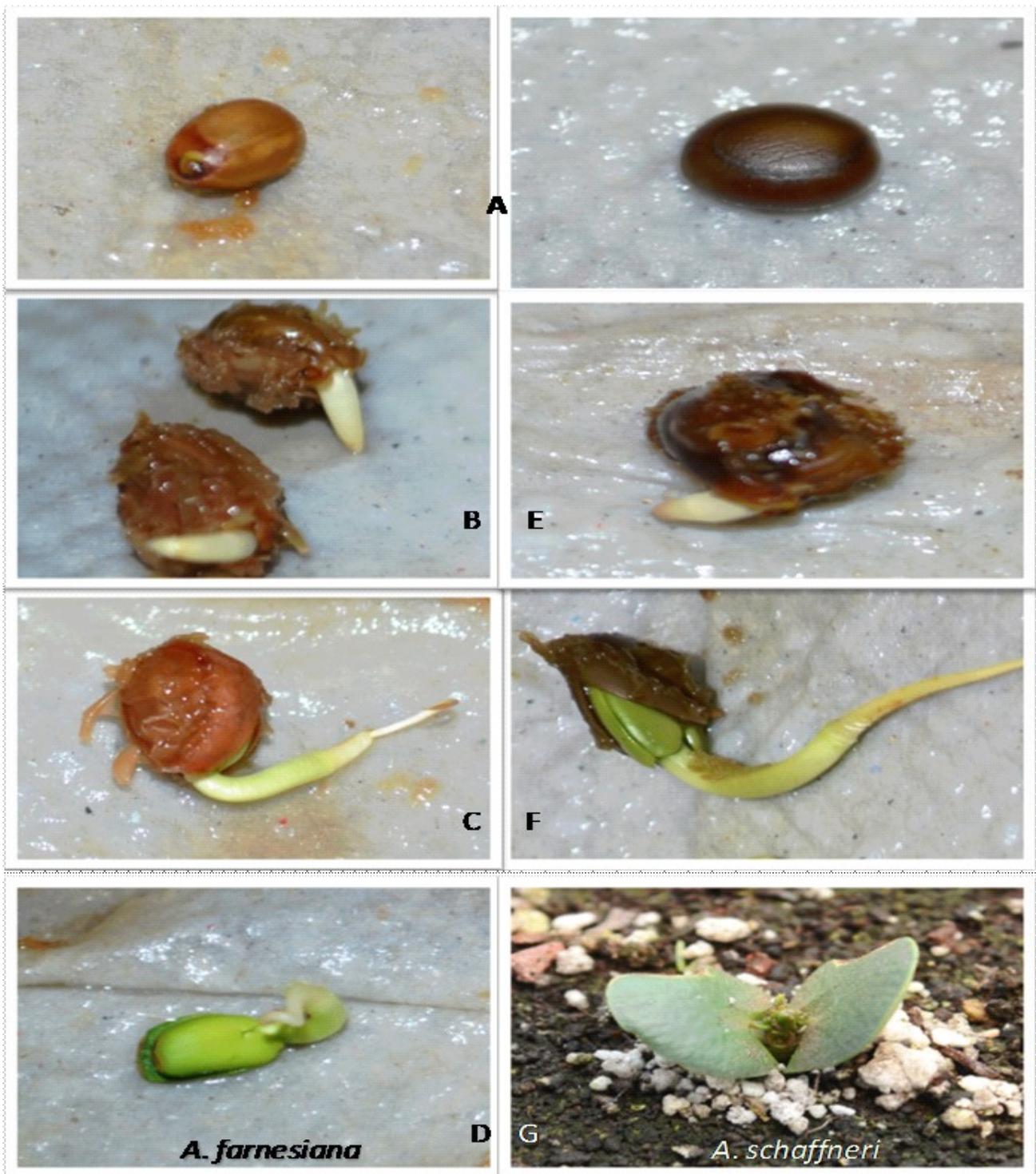


Figura 16. Fases de crecimiento. *A. farnesiana*: A) Semillas, B) Plántulas de un día de edad, C) Plántula de tres días; D) Plántula de cinco días. *A. schaffneri*: E) Plántula de un día de edad F) Plántula de 5 días; G) Plántula de ocho días.

Crecimiento en vivero.

Después del monitoreo de germinación y crecimiento en la cámara de germinación se procedió al establecimiento de plántulas en vivero, las semillas que no germinaron se desecharon debido a que presentaron pudrición. Fueron establecidas en vivero 245 plántulas de *A. farnesiana* y 237 de *A. schaffneri*.

Se observó que la longitud del tallo, en ambas especies, tiene un crecimiento rápido durante los primeros 65 días a partir su establecimiento en el vivero; después de los 65 días, *A. farnesiana* mantuvo un crecimiento exponencial hasta los 140 días, posteriormente presentó una disminución. *A. schaffneri* mostró un crecimiento menor que *A. farnesiana*, pero lo mantuvo constante hasta el final del monitoreo. La especie con mayor crecimiento fue *A. farnesiana* (media=26.94, std=7.45), su talla máxima fue de 48.5 cm y la mínima de 6.07 cm, observándose un crecimiento más homogéneo a partir de los 65 días. La longitud del tallo de *A. schaffneri* (media=12.85 cm, std=5.12) presentó valores máximos de 24.7 cm y mínimos de 1.9 cm, siendo el crecimiento más homogéneo a partir de los 50 días. El análisis de varianza (ANOVA) mostró diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$) entre las medias de las especies con respecto a la longitud del tallo ($F=608.97$, $p < 0.000$).

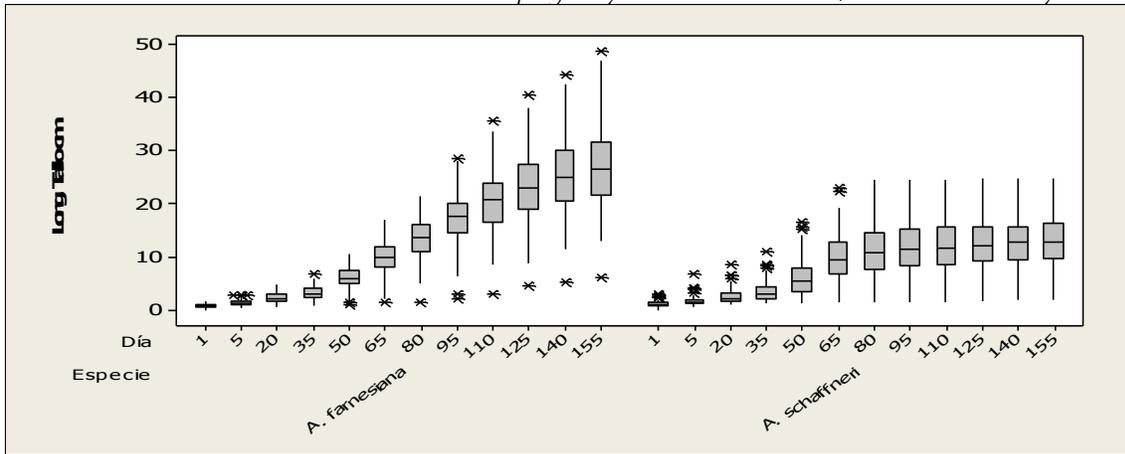


Fig 17. Diagrama de caja longitud del tallo.

El diámetro del tallo de las dos especies se mantuvo en incremento durante el monitoreo. La especie con mayor crecimiento en diámetro fue *A. farnesiana* (media=3.99 mm, std=0.68), con un máximo de 5.44 mm y un mínimo de 1.76 mm (Fig. 18), siendo éste menos homogéneo. El diámetro observado de *A. schaffneri* fue menor (media=2.63 mm, std=0.53), presentando un máximo de 3.88 mm de diámetro y un mínimo de 1.58 mm, pero mostró un crecimiento más homogéneo a partir de los 110 días.

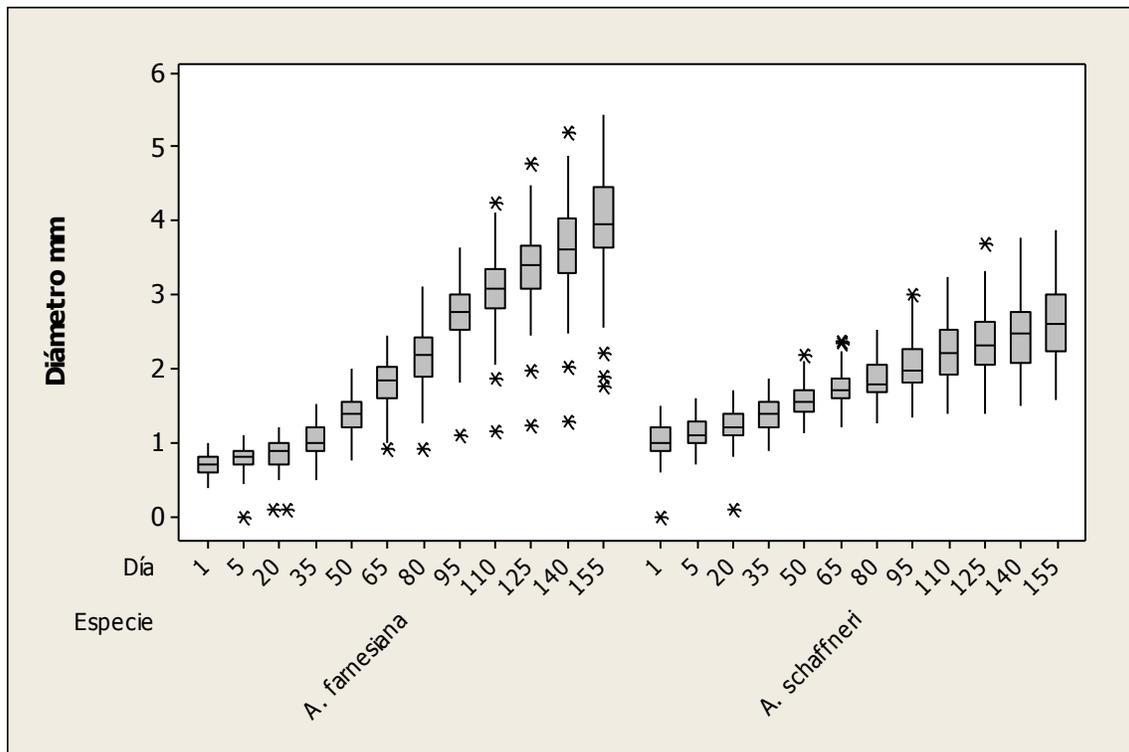


Fig 18. Diagramas de caja diámetro del tallo.

La cobertura y el número de hojas, valores estrechamente relacionados, fueron mayores en *A. farnesiana*, su cobertura (media=8.82 cm, std=1.73) se incrementó con el aumento del número de hojas (media=33.13 cm, std=9.36), esto es debido a que las hojas de las últimas mediciones presentaron un mayor tamaño que las primeras; los diagramas (Fig. 19) nos muestran que, durante los primero 65 días, la cobertura y el número de hojas es variable y se tornan más homogéneos a partir del día 80. En *A. schaffneri* la cobertura (media=5.42 cm, std=1.16) fue menor, al igual que el número de hojas (media=17.05 cm, std=5.86); sin embargo, aunque se observó un aumento en la cobertura a partir de los 125 días, existió un decremento en el número de hojas; lo anterior se debió, principalmente, a que hubo plantas que perdieron de manera parcial o completamente las hojas; hubo una planta que hasta los 155 días de medición presentó hojas, el mínimo de hojas fue de tres y el máximo de 31; la cobertura a partir

de los 155 días, tuvo un valor mínimo de 1.24 cm y un máximo de 8.52 cm. El análisis de varianza (ANOVA) mostró diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$) entre las medias de las especies con respecto a la cobertura y número de hojas (N° de hojas $F=424.09$, $p < 0.000$)(Cobertura $F=1350.28$, $p < 0.000$)

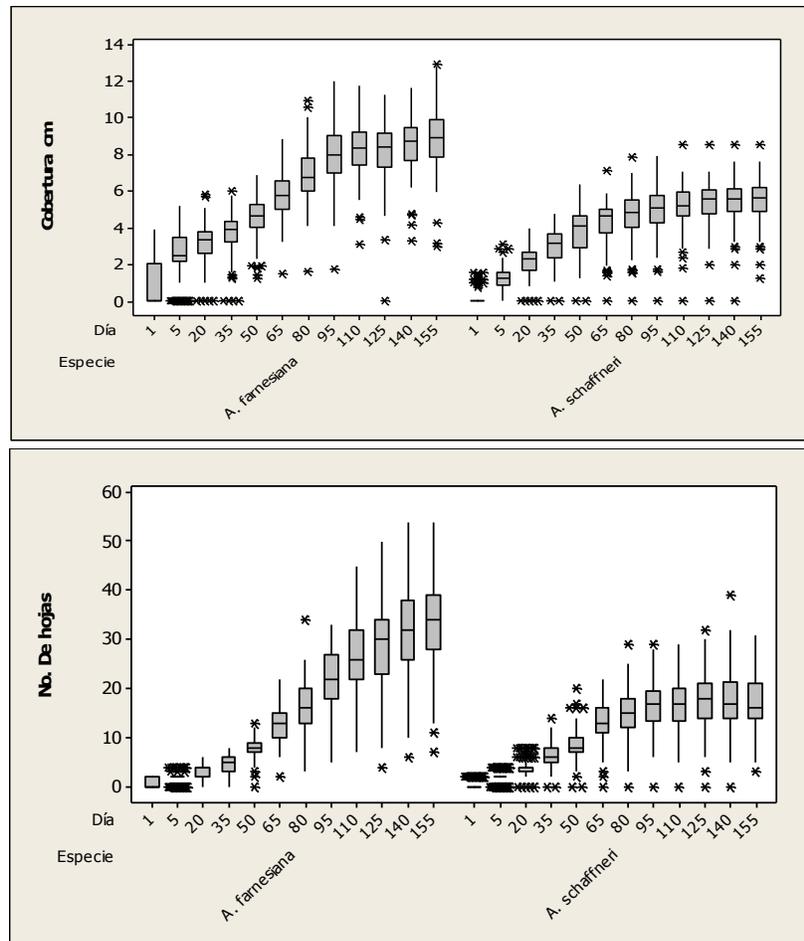


Fig 19. Diagramas de caja de cobertura y número de hojas.

Supervivencia en Vivero.

De las plantas obtenidas en el estudio del comportamiento germinativo, fueron trasplantadas a recipientes en vivero: 245 plantas de *A. farnesiana* y 237 plantas de *A. schaffneri*; esto representó el 98% del total de plantas obtenidas de la primera y el 90% de la segunda. El porcentaje de supervivencia de las plantas fue muy similar para ambas especies al final del estudio: 79% para *A. farnesiana* y 78% para *A. schaffneri* (Fig. 20). Durante los primeros ocho días, después de ser establecidas en el invernadero, se observó un 100% de supervivencia; fue a partir del día 35 que ambas especies presentaron disminución de este porcentaje, aunque en *A. schaffneri* fue menor, después de los 65 días ambas especies presentaron porcentajes de supervivencia muy similares, a los 155 días mostraron un porcentaje aproximado del 80%.

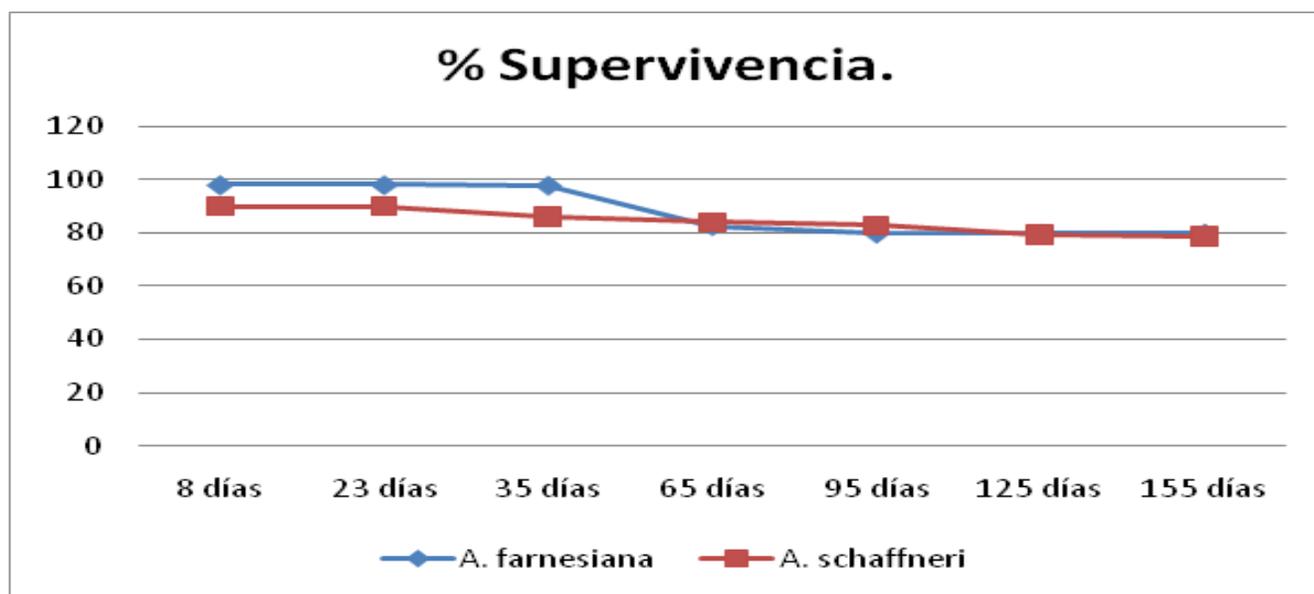


Fig 20. Porcentaje de supervivencia desde los ocho días de trasplante hasta los 155 días de monitoreo.

Descripciones morfológicas a diferentes edades

Acacia schaffneri

2 meses.	4 meses.	6 meses.
<p>Plantas de 6 a 9 cm de altura con un tallo único, estípulas en forma de espinas, de 3 a 5 mm de largo, de color rojo (fig 21A).</p> <p>Hojas de 1 a 3 cm de largo, peciolo de 3 a 11 mm de largo, pinnas de 1 a 2 pares, con 8 a 13 pares de foliolos, éstos de 1 a 5 mm de largo por 1 a 3 mm de ancho, oblongo-lineares, con el ápice retuso, a veces redondeado, base redondeada, margen entero, haz y envés glabros. Raíz axonomorfa.</p>	<p>Planta de 9 a 13 cm de altura con un tallo único, a veces ramificado, espinas de 5 a 7 mm de largo, de color rojo (fig.21B).</p> <p>Hojas de 0.6 a 3 cm de largo, peciolo de 0.09 a 7 mm de largo, pinnas de 1 a 2 pares con 6 a 13 pares de foliolos de 1 a 5mm de largo 1 a 1.5 mm de ancho, oblongo-lineares, con el ápice retuso a veces redondeado, base redondeada, margen entero, haz y envés glabros. Raíz axonomorfa.</p>	<p>Planta de 9 a 24 cm de alto, con un tallo único, a veces ramificado, espinas de 4 a 15 mm de largo, de color rojo (fig. 21C). Hojas de 1 a 3 cm de largo, peciolo de 2 a 9 mm, pinnas de 1 a 2 pares, a veces cuatro, con 6 a 15 pares de foliolos de 1 a 5 mm de largo por 1 a 1.3 mm de ancho, oblongo-lineares, con el ápice retuso a veces redondeado, base redondeada, margen entero, haz y envés glabros. Raíz axonomorfa.</p>



Fig. 21. Plantas de *A. schaffneri*. A) planta de 2 meses. B) planta de 4 meses. C) planta de 6 meses.

Acacia farnesiana.

2 meses.	4 meses.	6 meses.
<p>Planta de 2 a 7 cm de alto, con un tallo único, estípulas en forma de espinas, de 3 a 9 mm, de color rojo.</p> <p>Hojas de 1 a 3cm de largo, peciolo de 4 a 11mm, pinnas de 1 a 2 pares con 4 a 12 pares de foliolos, de 4 a 6 mm de largo por 1 a 2 mm de ancho, oblongo-lineares, con ápice obtuso o redondeado, base redondeada, margen entero, haz glabro, envés con tricomas simples.</p> <p>Raíz axonomorfa.</p>	<p>Planta de 14 a 24 cm de alto, con un tronco único, estípulas en forma de espinas, de 4 a 14 mm de color rojo (fig.22A).</p> <p>Tallo con presencia de lenticelas blancas.</p> <p>Hojas de 0.5 a 4.5 cm de largo, peciolo de 4 a 8 mm, pinnas 1 a 3 pares con 6 a 10 pares de foliolos de 1 a 5 mm de largo por 1 a 7 mm de ancho, oblongo-lineares, con ápice obtuso o redondeado, base redondeada, margen entero, haz glabro, envés con tricomas simples.</p> <p>Raíz axonomorfa.</p>	<p>Planta de 17 a 51 cm de altura con un tronco único, estípulas en forma de espinas, de 0.7 a 2.1 cm de largo, color rojizo a blanco rojizo (fig. 22B).</p> <p>Tallo con presencia de lenticelas blancas.</p> <p>Hojas de 0.8 a 5.5cm de largo, peciolo de 0.6 a 1.5 cm, con nectario por debajo del primer par de pinnas (fig. 24), pinnas de 1 a 5 pares, con 7 a 13 pares de foliolos, de 1 a 5 mm de largo por 1 mm de ancho, con ápice agudo (fig. 23), base redondeada, margen entero, haz glabro, envés con tricomas simples.</p> <p>Raíz axonomorfa</p>



A
Fig. 22. Plantas de *A. farnesiana* A) Planta de 4 meses, B) Planta de 6 meses.



Fig 23 y 24. Hojas de *A. farnesiana* (izquierda). Nectario por debajo del primer par de pinnas (derecha).

Arquitectura foliar de la lámina en plantas de seis meses

Acacia schaffneri

Lámina de la hoja presenta hojas compuestas bipinnadas, la forma de la lámina es oblonga muy ancha (fig. 25A), venación de tipo pinnada craspedódroma simple, vena media de tamaño masivo de recorrido derecho no ramificado; venas secundarias gruesas de recorrido derecho.

Folíolos.

Lámina entera con base asimétrica, forma elíptica con ápice obtuso, base redondeada, margen entero, textura membranácea (Fig. 25B).

El patrón de venación observado en los folíolos: venas terciarias ramificadas exmediales con venación de orden mayor distinguibles; venación cuaternaria de tamaño más gruesas que ordenes superiores, uniéndose entre sí, ángulo inconsistente. Venas quinquenarias de tamaño gruesas, el orden de venación más alto es el sexto; venación última marginal ojalada a veces incompleta (Fig.27A); venúlas simples, ramificadas una vez, a veces, de dos a tres veces (Fig 28A); areolas imperfectas, al azar de forma irregular; estomas de tipo anomocitico (Fig. 29A).

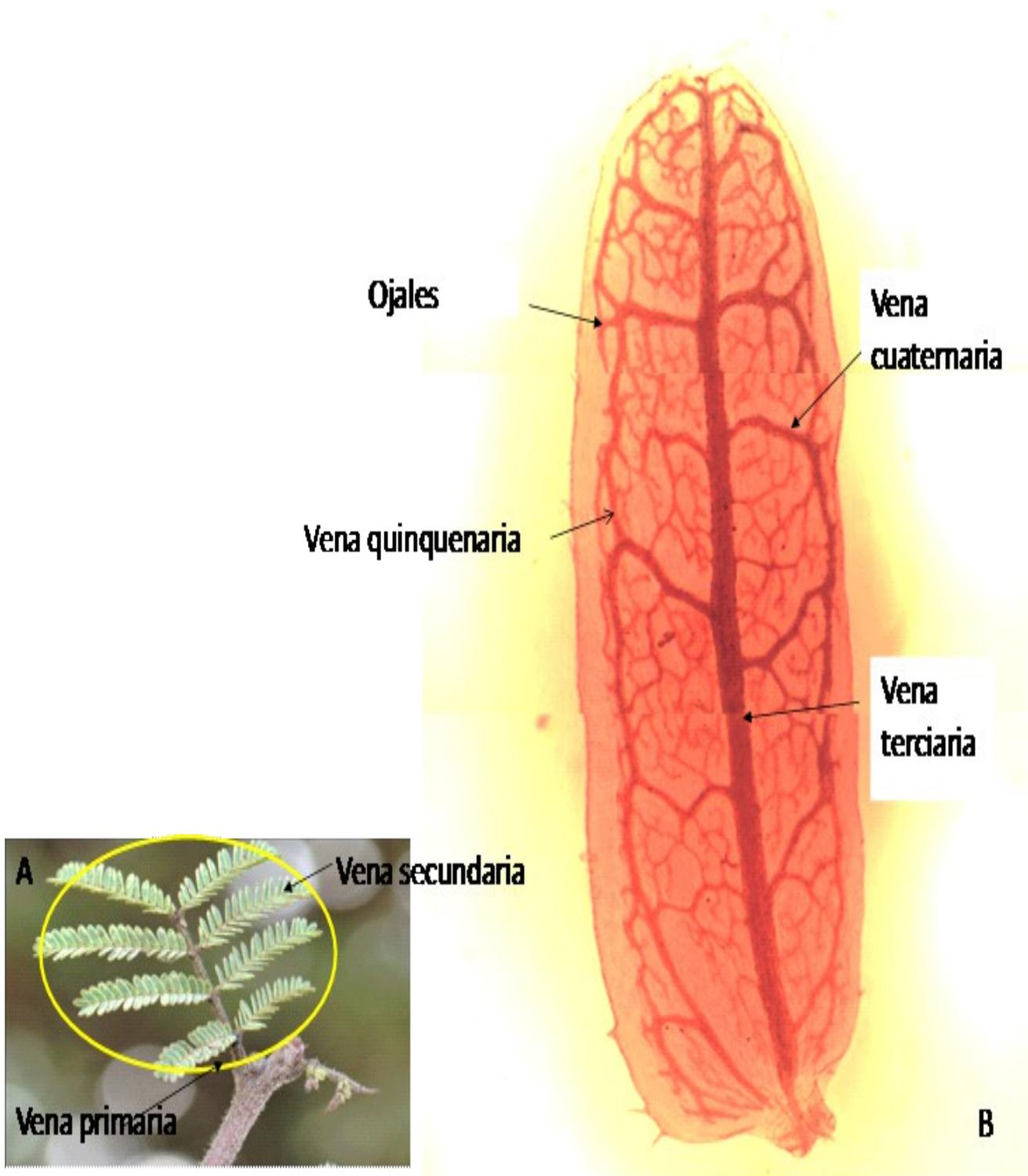


Fig 25. A) Lámina de la hoja oblonga anchada *A. schaffneri*. B) Principales caracteres en la arquitectura foliar del folíolo en plantas de 6 meses.

Acacia farnesiana

Lámina de la hoja presenta hojas compuestas bipinnadas, la forma de la lámina es elíptica ancha (Fig. 26A), venación de tipo pinnada craspedódroma simple, vena media de tamaño masivo de recorrido derecho no ramificado; venas secundarias gruesas de recorrido derecho.

Folíolos.

Lámina entera con base asimétrica, forma elíptica con ápice obtuso a veces agudo, base redondeada, margen entero (Fig. 26B), textura membranácea.

El patrón de venación observado en los folíolos: venas terciarias ramificadas exmediales con venación de orden mayor distinguibles; venación cuaternaria de tamaño más gruesa que ordenes superiores, ángulo inconsistente, uniéndose entre sí. Venas quinquenarias de tamaño gruesas, el orden de venación más alto es el sexto; venación última marginal ojalada o incompleta (Fig. 27B); vénulas ramificadas una vez o de dos a tres veces (Fig. 28B); areolas imperfectas, al azar de forma irregular; estomas de tipo anomocítico (Fig.29B).

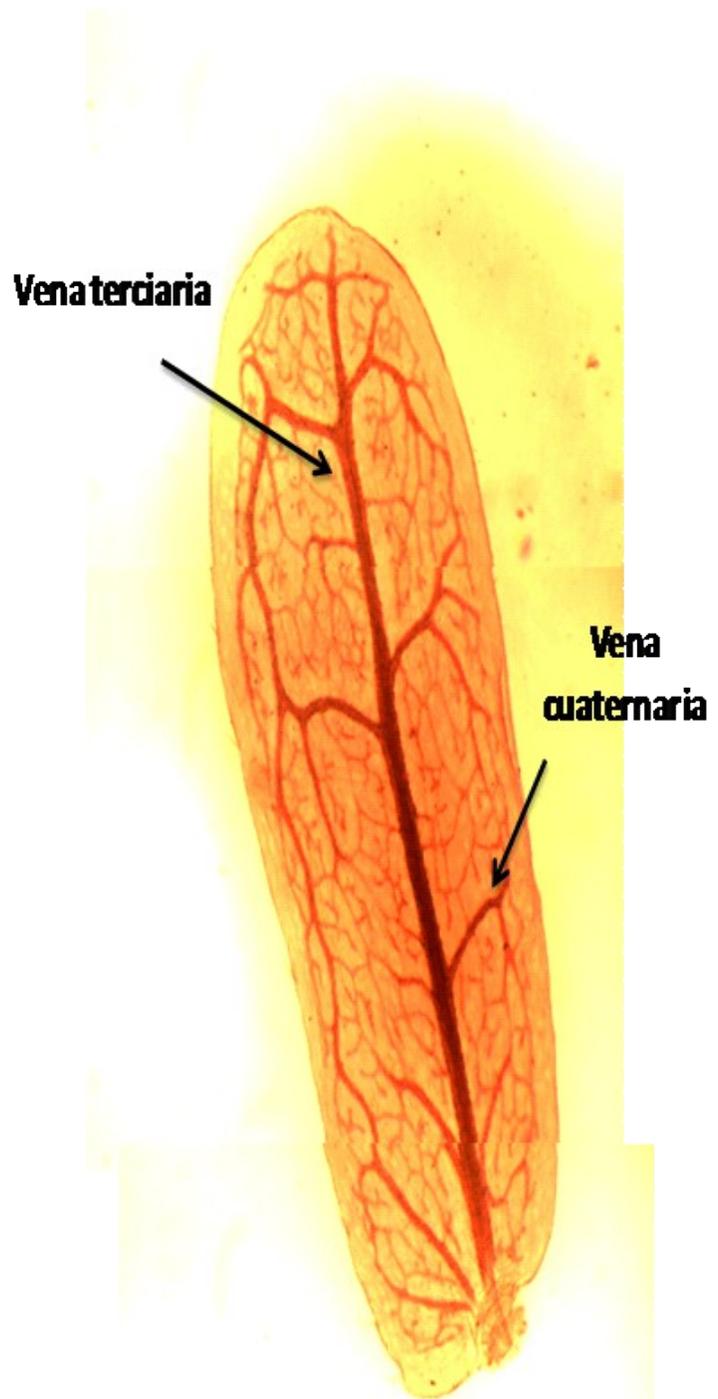
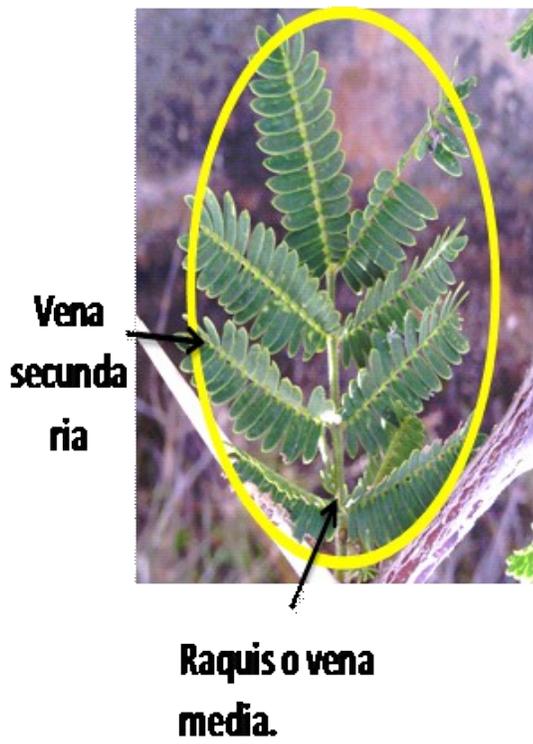


Fig. 26. A) Lámina de la hoja de *A. farnesiana*. B). Principales caracteres de arquitectura foliar del folíolo en plantas de 6 meses.

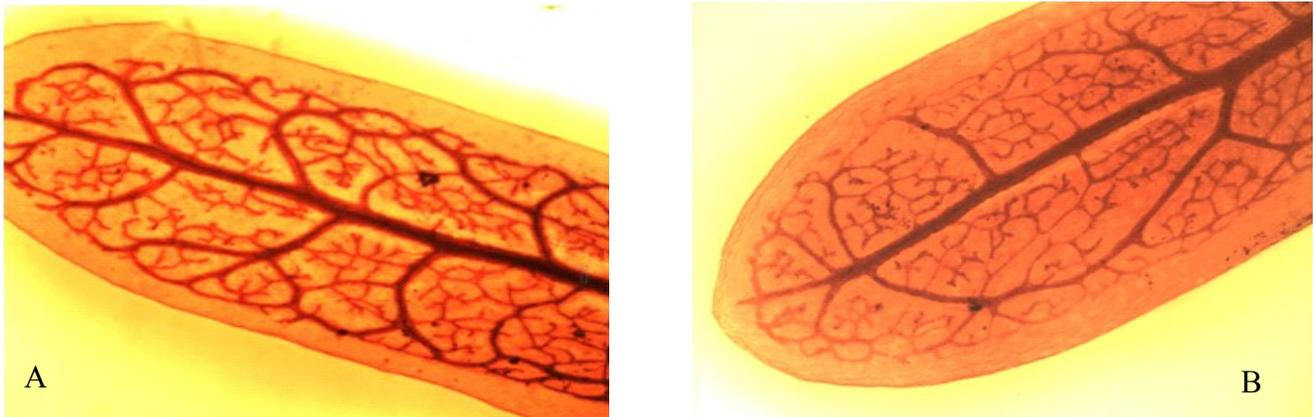


Fig. 27. Detalle venación última marginal ojalada. A) *A. schaffneri*. B) *A. farnesiana*.

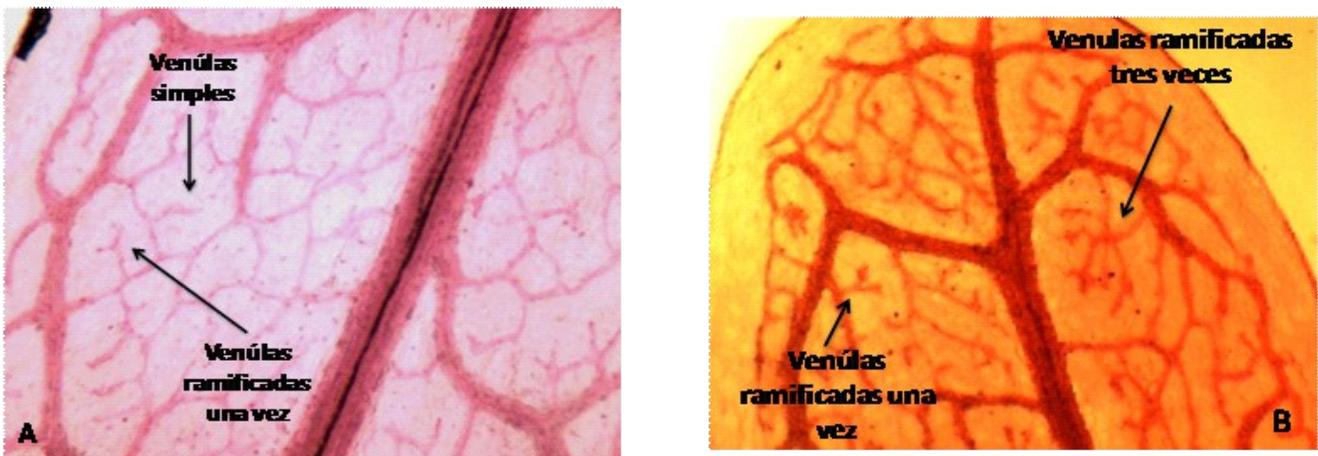


Fig. 28. Arreglo de venúlas. A) *A. schaffneri*. B) *A. farnesiana*

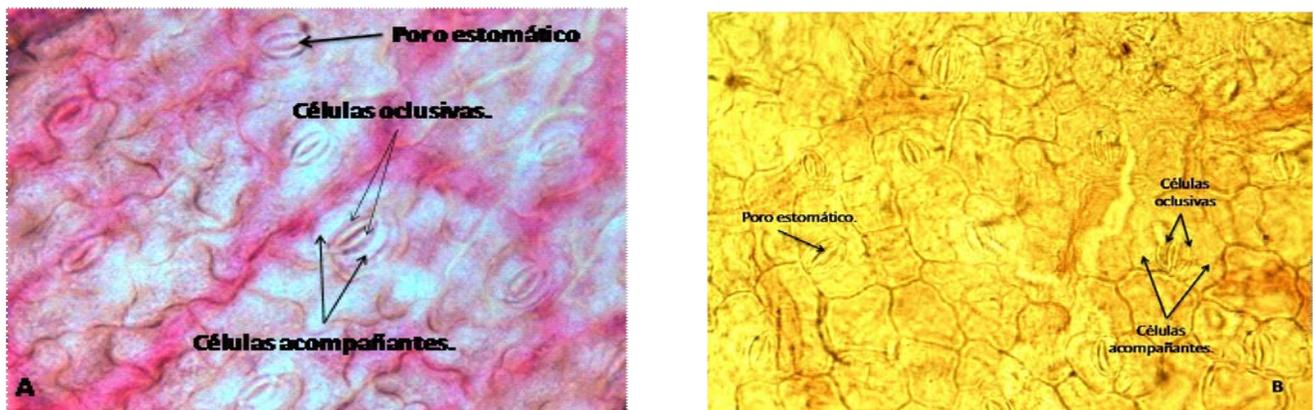


Fig. 29. Estomas de tipo anomocítico. Aumento 40X. A) *A. schaffneri*. B) *A. farnesiana*.

DISCUSIÓN

Cantidad de semillas por kilogramo

La cantidad de semillas por Kg fue de 19,230 para *A. farnesiana*, esto contrasta con lo reportado por Sánchez-Martínez et al. (2011), ya que ellos reportan 6000 semillas en un kilogramo. *A. schaffneri* presentó 7, 874 semillas por Kg, en cambio Terrones et al. (2004) reportó 9,700. Existen algunos estudios que han mostrado una correlación existente entre el peso de las semillas y la cantidad de ADN, estas variaciones son controladas por el ambiente, entre los factores que afectan son nutrientes, luz, sombra, época del año, defoliación, temperatura y humedad (Baskin y Baskin, 1998). En este sentido, se ha considerado que el estrés que promueve la reorganización cromosómica es aquel que involucra factores climáticos y ecológicos (Cullis, 1990), en consecuencia pueden interpretarse como fenómenos de especialización evolutiva y adaptación a ciertos nichos ecológicos (Greenle *et al.*, 1984; Cullis, 1990). La tendencia de aumentar el contenido de ADN ofrece un mayor repertorio de respuestas de origen genético u ontogenético para enfrentar un medio con mayor variabilidad, presuponiendo un cierto nivel de flexibilidad evolutiva (Cullis, 1990; Tapia *et al.*, 1999).

Los tamaños de las semillas varían de una especie a otra, e incluso entre las semillas de la misma especie. Esta variabilidad se debe a varios factores: 1) posición de las semillas en la planta madre, 2) diferencias en el tiempo de fertilización y 3) variación ambiental (Gurevitch, 2002). A este tipo de influencia ambiental ejercida sobre la planta madre y transmitida a sus descendientes se le conoce como efecto maternal (Valencia-Díaz y Montaña, 2005). El tamaño de la semilla es una característica muy importante en la historia de vida de muchas plantas (Harper, 1977) y es generalmente proporcional a la cantidad de reservas alimenticias que podrían ser destinadas al embrión (Westoby *et al.*, 1992,

Lloret *et al.*, 1999). Aunque de manera general, se considera que las semillas grandes tienen mejor funcionalidad que las semillas pequeñas, especialmente bajo condiciones competitivas reflejadas en mejores porcentajes de germinación, incremento en el crecimiento de la plántula y reducción de la mortalidad (Moles y Westoby, 2004).

Lo anterior contrasta con lo observado en este trabajo, pues las semillas de *A. farnesiana* presentaron menor peso que las de *A. schaffneri*; sin embargo, la primera mostró valores mayores en cuanto a su capacidad germinativa y crecimiento en vivero. Por lo que puede decirse que el tamaño y el peso de las semillas de ambas especies son propias de cada una, por lo que no pueden compararse.

Comportamiento germinativo

Las semillas necesitan condiciones estables en las que la humedad, la luz, temperatura y el oxígeno activen el metabolismo de la germinación (Amo *et al.*, 2009); cada uno de estos factores externos influye para el inicio de los procesos de germinación. Su efecto se expresa tanto en la capacidad germinativa como en la velocidad de germinación (Vázquez *et al.*, 1997).

La capacidad germinativa fue mayor en *A. farnesiana* que en *A. schaffneri*. El tiempo requerido para alcanzar el máximo de germinación fue menor en *A. farnesiana*. En relación a este tema, se sabe que para que las semillas de *Acacia* germinen es preciso que sean pre-tratadas, ya que presentan latencia física causada por una capa impermeable al agua en la testa (Baskin y Baskin, 1998, Martínez-Perez *et al.*, 2006). Sánchez-Martínez *et al.*, (2011) registraron para *A. farnesiana* una capacidad de germinación menor a la aquí reportada, con un tiempo requerido para alcanzar el máximo de germinación mayor, valor también distinto al obtenido en este trabajo; y para *A. schaffneri*, obtuvieron

una mejor capacidad germinativa, con un inicio de emergencia, tiempo medio de germinación y duración total de la emergencia mayores a los aquí reportados; esto probablemente se deba a la técnica de escarificación empleada, ya que para escarificar las semillas emplearon métodos químicos (ácido sulfúrico), mientras que en este trabajo se aplicó escarificación mecánica.

Las diferencias encontradas en la capacidad germinativa, inicio de germinación, tiempo medio de germinación y duración total de la emergencia entre las especies pueden deberse a que las especies tienen un nivel dispar de imbibición o absorción de agua, a sí mismo el tamaño de la semilla juega un papel importante para la germinación ya que a mayor tamaño, mayor volumen y densidad de la semilla, lo cual está estrechamente relacionado con los procesos de llenado de las estructuras seminales (Herrera, 2006). Las diferencias encontradas entre los trabajos anteriores y el presente, no solo podrían deberse a la técnica de escarificación empleada, sino también al grosor y la dureza de la testa. En observaciones cualitativas realizadas en este trabajo, se vio que *A. schaffneri* tiene semillas con una testa de mayor grosor y dureza que las de *A. farnesiana*, por lo que la escarificación química permitiría tener un mayor desgaste de la cubierta. Aunque estudios señalan que una perforación pequeña es suficiente para iniciar el proceso (Baskin y Baskin, 1998), pero seguramente el tamaño de la apertura puede influir en la calidad de la germinación.

Las semillas de las leguminosas se caracterizan por presentar en general un alto grado de latencia conferida por la cubierta seminal. Este tipo de latencia obedece a una restricción en la absorción de agua asociada a la composición química y a las características morfo-anatómicas de la cubierta. Tal y como lo informa Werker (1979) en el caso particular de las leguminosas, varias partes de la epidermis han sido sugeridas como responsables de la impermeabilidad, entre ellas una cutícula cerosa, la línea lúcida, paredes celulares cutinizadas o suberizadas y la presencia de material semejante al corcho en el

tapón estrofiolar. Leython & Jáuregui 2008 reportan que para especies de *Calliandra* las diferencias de espesor de las capas y la composición química de la cubierta pudiesen estar asociadas con diferencias en la capacidad de las semillas para germinar, lo cual tiene una importancia adaptativa porque promueve la supervivencia de las plantas en condiciones adversas. Aunque en este trabajo no se evaluaron estos aspectos, las características morfo-anatómicas de la cubierta y la composición química podrían responder a este efecto, el cual sería muy interesante cuantificar.

Crecimiento en cámara de germinación

La fase de plántula es una de las etapas más importantes del ciclo de vida de las plantas, especialmente de aquellas leñosas que basan su regeneración en la producción de semillas (Zavala, 2001). Tanto la producción de semillas como el crecimiento de plántulas están integrados en el proceso de regeneración, por lo cual requieren estudiarse para derivarse los conocimientos básicos que permitan conocer y aprovechar los recursos forestales. La definición de etapa plantular (plántula) utilizada en este trabajo, establece el límite del estadio superior como aquel momento en el cual se presenta la abscisión de los cotiledones; esto es cuando las plántulas se han establecido (Fenner y Thomson, 2005).

Las plántulas de ambas especies están formadas por la raíz (radícula en un principio), hipocótilo, dos cotiledones (hojas embriónicas), el epicótilo, las hojas que se originan de los nudos del epicótilo y la plúmula que es el vástago que se localiza sobre el nudo cotiledonar. La raíz de ambas especies, durante la fase de plántula, presentó color blanco, aunque al principio fue amarillenta, no presentó raíces secundarias. El hipocótilo que es la parte del eje de la plántula que se extiende desde el cuello de la raíz hasta el nudo cotiledonar se observó cilíndrico, glabro, recto o veces curvo y de color verde claro. El epicótilo o eje del tallo distal a los cotiledones, presentó características similares al anterior, aunque

más incospicuo y verde claro; estas características corresponden a lo observado en Leguminosas por Duke y Polhill (1981), Flores- Vindas (1999) y Baéz (2007).

Crecimiento en vivero

De acuerdo a las observaciones realizadas durante el estudio, se encontraron diferencias significativas entre las plantas de la misma especie y entre las especies. Se sabe que el tamaño de la semilla está positivamente relacionado con el tamaño inicial de la planta (Moegenburg, 1996 en Tenorio, 2008); sin embargo, las dos especies, durante los primeros 65 días en vivero, presentaron un crecimiento similar, en cuanto a su talla; posteriormente, las diferencias entre ambas se hacen notoria, siendo *A. farnesiana* la que presentó mayor crecimiento.

Varios estudios reportan una correlación positiva entre el tamaño de la semilla y el éxito competitivo de la planta en el ambiente (Gross and Werner 1982, Gross 1984, Wulff 1986, McConnaughay and Bazzaz 1987, Reader 1993). Rees (1995) usó datos publicados previamente, mostrando que la masa de las semillas tiene, posiblemente, una correlación con la habilidad competitiva en un hábitat. Aunque existen algunas excepciones: Fenner (1978) y Reader (1993) reportan que no existe correlación entre el tamaño de la semilla y la habilidad competitiva entre un grupo de especies de herbáceas. Leishmann (2001) mostró experimentalmente que las semillas grandes tienen una probabilidad mayor de ganar en una competencia contra las semillas pequeñas, pero las semillas pequeñas producen una gran cantidad de biomasa, resultando esto en un gran número de oportunidades de colonización.

Las plantas monitoreadas de *A. farnesiana* y *A. schaffneri* muestran una relación importante entre la elongación del tallo, diámetro, número de hojas y cobertura, incrementándose conforme transcurre el

tiempo. En *A. farnesiana* la cobertura aumenta conforme aumenta el número de hojas, aunque a partir del día 110 se presentó una disminución en la cobertura; por otro lado, fue hasta el día 140 que el número de hojas no continuó incrementándose, debido a una pérdida parcial de hojas. Mientras tanto, *A. schaffneri* presentó un estancamiento de la cobertura a partir del día 125 y por tanto un decremento en el número de hojas debido a la pérdida de hojas, incluso algunas plantas perdieron totalmente sus hojas. Después de los 155 días no se realizaron más mediciones, pero Sánchez-Martínez (2011) reportó un crecimiento de 35 cm después de un año, por lo que se puede inferir que *A. schaffneri* presenta una tasa baja de crecimiento lo cual se concentra en pulsos coincidentes con una marcada estacionalidad. Para *A. farnesiana* Sánchez-Martínez (2011) reportó un crecimiento de 150 cm después de un año.

Todos los organismos tienen que luchar con la estacionalidad. En las plantas, la estación influye en el crecimiento en longitud, en los nutrientes que pueden ser adquiridos y en cómo la cantidad de luz y carbono pueden estar disponibles para la fotosíntesis. Esto influye en las estrategias que las plantas usan para los procesos de crecimiento, defensa y reproducción (Baskin and Baskin 1972, Lacey and Pace 1983, Galen and Stanton 1991, Kelly and Levin 1997 en Williams, 2003). La fenología, o el tiempo escogido en los eventos de desarrollo en las plantas es además un reflejo de las características genéticas y ecológicas (Koch *et al.*, 2007 en Assefa, 2014).

La fenología es definida como el estudio de los eventos en el ciclo biológico. En las plantas esto puede incluir: floración, brotes de hojas, producción y dispersión de las semillas. La fenología de las hojas está determinada mayormente por el agua y los flujos de CO₂ (Vilhar *et al.*, 2013). La fenología y la fisiología de las plantas de bosques deciduos están relacionados con la cantidad de luz recibida en la primavera en combinación con la temperatura (Ishioaka *et al.*, 2013). Por lo que se sugiere un estudio

que sea realizado en un año para conocer aspectos de la caída de las hojas y crecimiento, ya que el presente estudio solo comprendió la primavera y parte del otoño, será necesario predecir los cambios en el crecimiento según la estación y los patrones de crecimiento anual.

Supervivencia en vivero

Conocer la supervivencia, la expectativa de vida y la distribución es fundamental para el entendimiento de la dinámica de poblaciones y la capacidad evolutiva (Harper, 1977; Silvertown *et al.*, 1993).

Aref (2003), en su estudio realizado con seis especies de *Acacia*, menciona que dos especies de las estudiadas tuvieron una supervivencia de 100% después de cuatro años; sin embargo, tres de ellas presentaron menos del 80% y en una especie fue de cero. El mismo autor, menciona que, posiblemente, las dos primeras especies tuvieron tal sobrevivencia debido a que presentan filodios, mientras que las otras presentan hojas pinnadas, además de ser especies exóticas para la región; por otro lado, señala que la sobrevivencia de cero de la otra especie, pudo haberse a las condiciones del sitio.

Aunque los valores de sobrevivencia de las especies de este estudio fueron cercanos al 80%, la diferencia entre ambas puede deberse a las condiciones que tuvieron las plantas durante el trasplante; todas las plantas de *A. farnesiana* se trasplantaron con los cotiledones fuera de la testa, mientras que el 80% de *A. schaffneri*, mantuvieron los cotiledones dentro de la testa, lo que provocó pudrición en éstos (a los 65 días) y una radícula deformada (a los 95 días).

Por lo anterior, puede decirse que el manejo en vivero es primordial para el establecimiento y desarrollo de las plantas. Por lo que el empleo de contenedores inadecuados, el tiempo de permanencia y la manipulación incorrecta de la planta ocasionan efectos que repercuten en el establecimiento de la misma (Cibrián *et al.*, 2007).

Debido a lo anterior se recomienda para *A. schaffneri* que la testa se retire antes de su establecimiento en vivero. La raíz deformada (cola de cochino) se debió al tiempo que se mantuvieron las plántulas en la cámara de germinación, el cual fue más del necesario. Por lo que se recomienda que estas sean transplantadas con al menos 3 cm para que no se deforme la raíz.

Aunque ambas especies no fueron trasplantadas durante los seis meses de monitoreo, se observó que no fue necesario, pues el crecimiento de la raíz fue óptimo con respecto al área del contenedor; sólo algunas desarrollaron ramificaciones radicales que tocaron las paredes de dichos recipientes.

Descripciones Morfológicas

Se han realizado estudios sobre la morfología de las plantas a diferentes edades, sobre todo de hierbas y pastos de interés agrícola, demostrándose su utilidad en la diversidad tipológica. La morfología es altamente variable entre especies y géneros, lo que justifica el interés por describirla desde el punto de vista taxonómico (Vogel, 1980; Couderc, 1979; Leonard, 1957 en López et al., 1998). Estos estudios permiten la identificación de plantas desde etapas tempranas.

Otras similitud entre las especies radica en que las primeras hojas (primordiales) son pinnadas, condición para otras leguminosas señalada por Duke et al. (1981), Robbertse (1971), Vogel (1980) y Parra (1984) Citados en Baez, (2007). Posteriormente, las hojas se desarrollan de manera bipinnada. Como se observa en los resultados expuestos anteriormente, ocurre un aumento en el número de folíolos y foliolulos, igual anotación hace Duke, Mensbruge (1966) y Robbertse y Van Der Schijff (1971), citados en Parra (1984).

En cuanto a la duración de las hojas cotiledonares (cotiledones), estas caen tempranamente en ambas especies (38 y 45 días), pero no sin antes haberse formado las primeras eófilas; en esta etapa, puede considerarse a la planta como “establecida”. Resultados similares reportan Burkat (1952), Compton (1912), Duke (1965), Mensbbruge (1966), Polhill et al. (1981), Gate según Whytte (1965) y Parra (1984), citados en Báez (2007).

Como se ha mencionado, la descripción morfológica de la plantas en estadios tempranos permiten su identificación, lo que permite la realización de estudios sobre reclutamiento y restauración. En este estudio, pudieron registrarse diferencias entre plantas jóvenes y adultas, observándose la aparición de características diagnósticas de las especies. En *A. schaffneri* no se vieron diferencias importantes en las descripciones de los dos a los seis meses, excepto el incremento de talla y el aumento en el número de foliolos y foliolúlos. También se notó que mientras las plantas adultas presentan espinas blancas, las plantas de seis meses las presentan rojas. En cuanto al ápice, se observa que se manifiesta como retuso-redondeado a los seis meses. Se observó que los nectarios sólo se observaron en las hojas que presentaron mayor número de pinnas.

Las plantas de *A. farnesiana* mostraron diferencias entre las descripciones a diferentes edades, no solo en el aumento del número de foliolos y foliolulos, sino también en el ápice de las hojas, el cual a los cuatro meses es obtuso y a los seis es agudo. A partir de los seis meses, se puede encontrar el nectario situado poco más debajo de la base del primer par de pinnas. En cuanto a las estípulas, a partir de los seis meses comienza a tener un color blanco-rojizo sin ser blanquecino característico del adulto.

Arquitectura foliar

Las hojas de las plantas terrestres presentan una alta diversidad y elaborados patrones de venación de las hojas. Hickey y Wolfe (1974) hallaron que los patrones exomorfológicos y la venación en hojas de dicotiledóneas son importantes en la determinación taxonómica y filogenética.

Las propiedades arquitectónicas de la venación de la hoja están relacionadas con aspectos de funcionalidad. La alta variabilidad interespecifica de los patrones de venación indica que actúan fuertes presiones selectivas sobre el arreglo arquitectónico relacionado a la hoja. La alta variabilidad es además demostrada por la densidad de la venación, la cuál muestra fuertes diferencias que tienen lugar a nivel intraespecífico e individual (Uhl and Mosbrugger, 1999).

En cuanto a la arquitectura foliar presentada en ambas taxa es muy similar, las diferencias encontradas en la forma de la hoja que en *A. farnesiana* es elíptica y en *A. schaffneri* es oblonga se debe principalmente a que los ejemplares no presentan el mismo número de pinnas, ya que ambas taxa en ejemplares adultos presentan la forma de la hoja elíptica. Los patrones de venación solo se diferencian por las vénulas, aunque en ambas taxa parece tener la misma venación, en *A. schaffneri* es poco frecuente encontrar vénulas ramificadas de dos a tres veces. Sin embargo no se puede establecer como una característica que determine la diferencia entre las taxa, por lo cual se recomienda un estudio de arquitectura foliar en ejemplares adultos.

La información de arquitectura foliar de esta familia es escasa, por lo que no pueden ser comparadas entre ellas, ni con otras acacias u otros géneros de la misma familia; por lo que el presente trabajo representa una aportación al conocimiento de ambas taxa.

CONCLUSIONES

1. Se encontraron diferencias significativas entre las especies en cuanto al peso de las semillas, crecimiento en la cámara de germinación y crecimiento en vivero.
2. Se observó variación morfológica en cuanto el peso, tamaño y color de las semillas entre las especies.
3. La cantidad de semillas por kilogramo es mayor en *A. farnesiana*.
4. *A. farnesiana* presentó los mejores índices del comportamiento germinativo, lo cual indica una buena capacidad germinativa y velocidad de germinación,
5. Ambas especies presentaron buen porcentaje de germinación.
6. *A. farnesiana* presentó mayor crecimiento en vivero con lo cual es una especie idónea para su manejo en vivero y en programas de restauración.
7. La supervivencia de las especies es muy similar después de 155 días.
8. Se encontraron diferencias morfológicas a diferentes edades en cuanto al número de pinnas, folíolos y estructuras características del adulto, tales como la presencia del nectario en *A. farnesiana*.
9. La arquitectura foliar es muy similar en ambas taxa.
10. Ambas especies son idoneas para trabajos de restauración pues presentan buen crecimiento en el primer mes, un alto porcentaje de germinación y una buena supervivencia.

LITERATURA CITADA

- Amo, R.S del.,** Vergara, T. MC., Ramos, P. JM. Y C.C, Saiz. 2009. Germinación y manejo de especies forestales tropicales. *Universidad veracruzana*. Xalapa, Veracruz. 246 pp.
- Aref, I.M.,** El-Juhai, L.I and S.S. Hegazi. 2003. Comparison of growth and biomass production of six acacia species in Riyadh, Saudi Arabia after 4 years of irrigated cultivation. *Journal of arid environments*. 54: 783-792.
- Assefa, Y.** 2014. Corn and grain sorghum comparison. *Academic Press*. Chapter 2. 3-14 pp.
- Baez Santos, R.** 2007. Morfología y Biomasa de plántulas de: *Prosopis laevigata* (Willd.) M.C Johnst., *Acacia schaffneri* (S. Wattson) J.F. Herm., *Mimosa biuncifera* Benth y *Mimosa depauperata* Benth. Tesis para obtener el título de biólogo. UNAM. FES- Zaragoza. 103 pp.
- Baskin J.M.** y Baskin C.C. 1998. Seeds. Ecology, Biogeography and Evolution of Dormancy and Germination. *Academic Press*, San Diego. 666 pp
- Barros A, S.** 2007. El género *Acacia* especies multipropósito. *Ciencia e Investigación Forestal-Instituto Forestal*. Número extraordinario Nov. 5-20.
- Brito N, R.** y Niembro R, A. 1980. Tratamientos a las semillas de tres especies forestales de las zonas áridas y su influencia en la germinación. *Chapingo. Nueva Época*. Sep-dic. 25-26: 11-15.
- Camacho, M & V.G. Morales,** 1992, Métodos para el análisis del efecto de la germinación. INIFAP. Campo experimental Coyoacán, 282-290 p.
- Camacho, M. F.** 1994. Dormición de las semillas, causas y tratamientos. *Trillas*. México. 125 pp.
- CATIE.** 1996. Mejoramiento genético, selección y manejo de fuentes semilleras y de semillas forestales. CATIE. Turrialba. Costa Rica. 153 p.
- CONABIO.** 2013. *Acacia farnesiana* (L.) Willd. *Species Plantarum*. 1806 4(2): 1083-1084. http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/38-legum4m.pdf
- CEN-COMEF.** 1994. Semillas Forestales. Publicación Especial No. 2. Coyoacán, México. 137p.
- Cervantes V.,** López-González M., Salas-Nava N. y Hernández-Cárdenas G. 2001. Técnicas para Propagar Especies Nativas de Selva Baja Caducifolia y Criterios para Establecer Áreas de Reforestación. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.

- Cibrian, T. D.**, Rosales, D.A y S.E. García. 2007. Enfermedades forestales de México. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 453 p.
- Cullis, C. A.** 1990. DNA rearrangements in response to environmental stress. *Advances Genet* 28:73-97.
- Duke, J.A** y R. M. Polhill. 1981. Seedlings of Leguminosae. Advance in Legume Systematics. In (ed) R. M. Polhill & P.H. Raven. 941-949.
- Everitt, J.H.** 1983. Seed Germination Characteristics of Two Woody Legumes (Retama and twisted Acacia) from South Texas. *Journal of Range Managment.* 36 (4): 411-414.
- Fenner, M.** 1978. A comparison of the abilities of colonizers and closed-turf species to establish from seed in artificial swards. *J. Ecol.* 66: 953–963.
- Fenner, M** y K. Thompson. 2005. The ecology of seeds. Cambridge University Press. United Kingdom. 250 pp.
- Fernández, M.**, Gil, L., y J.A. Pardos. 1996. Supervivencia y crecimiento en vivero de plantas de 5 procedencias de *Pinus pinaster* Ait. Bajo diferentes regímenes hídricos. *Invest. Agr.: Sist. Recur. For.* 5 (1): 20-44
- Flores- Vindas, E. M.** 1999. La planta estructura y función. LUR. Costa Rica. Vol. II. 369-884.
- García-Breijo, J.**, Roselló-Caselles, J. y P. Santamaria. 2006. Introducción al funcionamiento de las plantas. Universidad Politecnica de Valencia. 175 pp.
- Greenle, J.K.**, Rai, K.S y A.D. Floyd. 1984. Intraespecific variation in nuclear DNA content in *Collinsia verna* Nut. *Heredity.* 52: 235-242.
- Grime, J.** 1989. Estrategias de adaptación de las plantas y procesos que controlan la vegetación. *Ed. Limusa.* México. 291 pp.
- Gross, K. L.** and Werner, P. A. 1982. Colonizing abilities of “biennial” plant species in relation to ground cover: implications for their distributions in a successional sere. – *Ecology* 63: 921–931.
- Gross, K. L.** 1984. Effects of seed size and growth form on seedling establishment of six monocarpic perennial plants.– *J. Ecol.* 72: 369–387.
- Grubb, P.J.**, 1977. The maintenance of species richness in plant communities: the importance of the regeneration niche. *Biol. Rev.* 52, 107–145.
- Gómez, S** y F. Pastrana. 2003. Estudio genocológico en *Prosopis laevigata*, *Acacia farnesiana* y *Acacia schaffneri* (LEGUMINOSAE). *Darwiniana.* 41 (1-4): 47-54.
- Gurevitch, J.**, Schniener, S y G. Fox. 2002. The ecology of plants. Sinauer Associates. Inc. Publiser.

523 pp.

- Harper, J.L.** 1977. Population Biology of Plants. *Academic Press*. London. 892 pp.
- Hickey, L. J.** 1974. Clasificación de la Arquitectura de las hojas de dicotiledóneas. *Boletín de la Sociedad Botánica de Argentina*. 16 (1-2): 1-25
- Herrera, J.,** Alizaga, R., Guevara, E y V. Jiménez. 2006. Germinación y Crecimiento de las Planta. Ed. UCR. Costa Rica. 108 pp
- INEGI.** 2003. Conjunto de Datos Vectoriales de la Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Escala 1:1'000,000 Serie II
- Ishioca, R.,** Muller, O., Hiura, T., y G. Kudo. 2013. Responses of leafing phenology and photosynthesis to soil warming in forest-floor plants. *Acta Oecologica* 51 34-41.
- Jara, L.F.** 1997. Secado, procesamiento y almacenamiento de semillas forestales. CATIE. Proyecto de semillas forestales. 135 p.
- Landis, T.** 1995. Nursery planning, development, and management. The container tree nursery manual. Washington, DC: United State Department of Agriculture, Forest Service EE.UU. v.1. 188p.
- Lacher, J. R.** 1963. Germination studies on mesquite seed. Proceeding of the Association of Official seed Analysis of North America. En tratamientos a la semilla de tres especies forestales de las zonas áridas y su influencia en la germinación. Tesis de Ingeniero Agrónomo especialista en Bosques. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México.
- Lauenroth, W.K.** y P.B, Adler. 2008. Demography perennial grassland plants: Survival, live expectancy and life span. *Journal of Ecology*. 96: 1023-1032
- Leishman, M. R.** 2001. Does the seed size/number trade-off model determine plant community structure? An assessment of the model mechanisms and their generality. *Oikos* 93: 294–302.
- Leyton., S** y D, Jáuregui. 2008. Morfología de la semilla y anatomía de la cubierta seminal de cinco especies de Calliandra (Leguminosae-Mimosoideae) de Venezuela. *Rev. Biol. Trop.* 56 (3): 1075-1086.
- López, J.,** Devesa, J.A. Ruíz, T. y A. Ortega-Olivencia. 1998. Seedling morphology in Genisteeae (Fabaceae) from south-west Spain. *Botanical Journal of the Linneal Society*. 127: 229-250.
- Lloret, F.C.,** Casanova, C. y J. Peñuelas. 1999. Seedling survival of Mediterranean shrubland species in relation to root: shot radiation, seed size and water and nitrogen use. *Funtional Ecology* 13: 210-216.

- Maguire, J. D.** 1962. Speed of germination aid selection and evaluation for seedling emergency and vigor. *Crop. Sci.* 2: 176-177pp.
- Martínez-Hernández, M.,** JC. Noa-Carranza, N. Flores-Estevez y GC. Ortiz-Ceballos. 2011. Conservación y propagación de *Acacia farnesiana* L. Wild. *Ciencia tecnología e innovación para el desarrollo de México.* 3 (77) 1 pp
- Martínez-Pérez, G.,** A. Orozco-Segovia y C. Martorrel. 2006. Efectividad de algunos tratamientos pre-germinativos para ocho especies leñosas de la mixteca alta oaxaqueña con características relevantes para la restauración. *Bol.Soc.Bot.Méx.* 79: 9-20
- McConnaughay, K. D. M.** and Bazzaz, F. A. 1987. The relationship between gap size and performance of several colonizing annuals. – *Ecology* 68: 411–416.
- Mielke, J.** 1993. Native plants southwestern landscape. University of Texas press. 302pp.
- Moles, A.T.** y M. Westoby. 2004. What do seedling die from and what are the implications from evolution of seed size? *Oikos* 106: 193-199.
- Morales, V. G.** y Camacho, M. F. 1985. Formato y recomendaciones para evaluar germinación. En: Memorias de III Reunión Nacional sobre Plantaciones forestales. Publicación Especial Número 48. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. México. 123-138 p.
- Parra, P.** 1984. Estudio de la morfología externa de plántulas de *Calliandra gracilis*, *Mimosa albida*, *Mimosa arenosa*, *Mimosa camporum* y *Mimosa tenuifolia*. Revista Facultad de Agronomía. XIII (1-4) 31-350.
- Peña-Hernández, G.** 2008. Rompimiento de la latencia y comportamiento germinativo de *Parkinsonia praecox* y *Prosopis laevigata* (LEGUMINOSAE) del Valle de Zapotitlán de las Salinas Puebla, México. Tesis para obtener el título de Biólogo. UNAM. FES Iztacala. 114pp.
- Raven, P.H.,** Evert, R. y S, Eichhorn. 1992. Biología de las Plantas. 4th ed. Ed. Reverté. España. 406 pp.
- Reader, R. J.** 1993. Control of seedling emergence by ground cover and seed predation in relation to seed size for some old-field species. – *J. Ecol.* 81: 169–175.
- Rees, M.** 1995. Community structure in sand dune annuals: is seed weight a key quantity? – *J. Ecol.* 83: 857–863.
- Rico, M.** 2001. El Género acacia (Leguminosae, Mimosoideae) en el Estado de Oaxaca, México. (Parte A). *Anales del Jardín Botánico de Madrid.* 58 (002):251-275
- Rzedowski, J.** 1978. Vegetación de México. Ed. Limusa, México, 478 pp.

- Rzedowski, G. C.** de, J. Rzedowski y colaboradores. 2005. Flora Fanerogámica del valle de México. 2da.ed., 1ª reimp., Instituto de Ecología A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro. (Michoacán), 1406 pp.
- Salisbury, F.B** y C.W. Ross. 1992. Fisiología Vegetal. Gpo. Ed. Interamericano. México.
- Sánchez-Martínez, E. J.G.** Hdz-Oria, M.M. Hdz-Mtz, B. Maruri-Aguilar, L.E. Torres-Galeana y R. Chávez-Martínez. 2011. Técnicas para la propagación de especies claves para la forestación, reforestación y restauración en el Municipio de Querétaro y su área de influencia. Consejo de ciencia y tecnología del Estado de Querétaro. México. 240 pp.
- Silvertown, J.W.**, Franco, M. & Perez-Ishiwara, R. 1993 Comparative plant demography – relative importance of life-cycle components to the finite rate of increase in woody and herbaceous perennials. *Journal of Ecology*, 81, 465–476, 393–412.
- Tapia, P.F.**, Mercado-Ruaro, P y A. A. Monroy. 1999. Cambios en la longitud cromosómica en 3 poblaciones de *Prosopis laevigata* (Fabacea). Implicaciones genecológicas y evolutivas. *An. Inst. Bio. Ser. Bot.*, Univ. Nal. Autón. México. 70: 13-28.
- Terrones, T. C.**, del R, S. González y S.A. Ríos. 2004. Arbustivas de uso multiple en Guanajuato. Libro Técnico N°2. INIFAP. Campo experimental bajo, Celaya. Guanajuato, México. 216pp.
- Uhl, D.** and V. Mosbrugger. 1999. Leaf venation density as a climate and/or environmental proxy—a critical review and new data. *Palaeoclimatology Palaeogeography Palaeoecology* 149: 17-30.
- Valencia-Díaz, S** y C. Montaña. 2005. Temporal viability in the maternal environment and its effects on seed size and seed quality in *Flourenzia cernua* DC. (Asteracea), *Journal of arid environments*, 63: 686-695.
- Vazquez, C.**, Orozco, A., Rojas, M., Sánchez, M.E. y V. Cervantes. 1997. La reproducción de las plantas: semillas y meristemas. *Fondo de cultura económica*. México. 168 pp.
- Vázquez-Yanes C.**, Batis-Muñoz A.I., Alcocer-M. I., Gual-Díaz M., y Sánchez-Dirzo C. 1995. Árboles y Arbustos Nativos Potencialmente Valiosos para la Restauración Ecológica y la Reforestación. CONABIO, México, D.F.
- Vilhar, U.**, Beuker, E., Mizunuma, T., Skudnik, M., Lebourgeois, F., Soudani, K. and M. Wilkinson. 2013. Tree phenology. *Developments in Environmental Science*, Vol. 12. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-08-098222-9.00009-1>
- Villagómez A. Y.** 1978. Pruebas de semillas forestales y su aplicación en vivero. Primera Reunión Nacional sobre Plantaciones Forestales. Memorias. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Dirección General de Investigación y Capacitación Forestal. Publicación Especial número 13: 103-109 pp.
- Werker, E.**, I. Marbach & A. Mayer. 1979. Relation between the anatomy of the testa, water

permeability and the presence of phenolics in the genus *Pisum*. *Ann. Bot.* 43: 765-771.

Williams, J.L. y J.M., Levine. 2003. Small-scale variation in growing season length affects size structure of scarlet monkeyflower. *Oikos* 106: 131-137.

Westoby, L., Jurado, E y M. Leishmann. 1992. Comparative evolutionary ecology seed size. *TREE* 7: 368-372.

WorldWideWattle, 2004. Distribution and Phylogeography of Acacia. En: <http://www.worldwidewattle.com/Jjnfogallery/distdbution> pho#Worldwide#Worldwide
Consulta Agosto 2013

Wulff, R. D. 1986. Seed size variation in *Desmodium paniculatum* II. Effects on seedling growth and physiological performance

Zavala, F. 2001. Introducción a la ecología de la regeneración natural de los encinos. Universidad Autónoma Chapingo. México. 94 p.