

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO



EFFECTO DE LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Acacia farnesiana* y *A. schaffneri* DE DIVERSAS PROCEDENCIAS, Y VARIACIÓN EN VAINAS Y SEMILLAS

Como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRÍA EN CIENCIAS FORESTALES

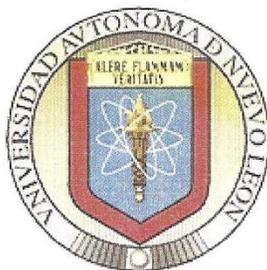
PRESENTA:

ING. HÉCTOR ENRIQUE CORTÉS CABRERA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO



EFFECTO DE LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE *Acacia farnesiana* y
A. schaffneri DE DIVERSAS PROCEDENCIAS, Y VARIACIÓN EN VAINAS Y
SEMILLAS

COMITÉ DE TESIS

Dr. Enrique Jurado Ybarra
DIRECTOR DE TESIS

Dr. Marco Aurelio González Tagle
ASESOR

Dr. Luis G. Cuellar Rodríguez
ASESOR

Dr. Joel David Flores Rivas
ASESOR EXTERNO

Declaro que la presente investigación es original y se desarrolló para obtener el título de Maestría en Ciencias Forestales. Donde se utiliza información de otros autores se otorgan los créditos correspondientes.



Ing. Héctor Enrique Cortés Cabrera

Julio 2013

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) y a la Facultad de Ciencias Forestales por el apoyo para la realización de los estudios de posgrado.

Al Dr. Enrique Jurado por su apoyo y guía en la realización de esta investigación, por sus comentarios y sugerencias que dieron forma a este trabajo, pero sobre todo por su disponibilidad y paciencia.

Al comité de tesis, Dr. Marco Aurelio González, Dr. Luis Gerardo Cuéllar y Dr. Joel Flores quienes con sus sugerencias y comentarios ayudaron de manera importante a mejorar la calidad de este trabajo.

A todos aquellos que me apoyaron en la escarificación de semillas, Deisy, Poly, Regina Pérez, Alma López y Juanito y en las horas de laboratorio Alma López y Regina Pérez.

A Juan Carlos Flores y Emmanuel Duran quienes ayudaron a hacer menos pesadas las horas de laboratorio y por apoyarme durante todo este tiempo.

A todos quienes de forma directa o indirecta fueron partícipes de esta investigación.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) y a la Facultad de Ciencias Forestales por el apoyo para la realización de los estudios de posgrado.

Al Dr. Enrique Jurado por su apoyo y guía en la realización de esta investigación, por sus comentarios y sugerencias que dieron forma a este trabajo, pero sobre todo por su disponibilidad y paciencia.

Al comité de tesis, Dr. Marco Aurelio González, Dr. Luis Gerardo Cuéllar y Dr. Joel Flores quienes con sus sugerencias y comentarios ayudaron de manera importante a mejorar la calidad de este trabajo.

A todos aquellos que me apoyaron en la escarificación de semillas, Deisy, Poly, Regina Pérez, Alma López y Juanito y en las horas de laboratorio Alma López y Regina Pérez.

A Juan Carlos Flores y Emmanuel Duran quienes ayudaron a hacer menos pesadas las horas de laboratorio y por apoyarme durante todo este tiempo.

A todos quienes de forma directa o indirecta fueron partícipes de esta investigación.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	i
ABSTRACT	ii
INTRODUCCIÓN	1
ANTECEDENTES	4
OBJETIVOS	7
OBJETIVOS GENERALES	7
OBJETIVOS PARTICULARES	7
MÉTODOS	8
DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIES	8
DE LAS SEMILLAS	12
TRATAMIENTOS EN ELEVACIONES	12
DESCRIPCIÓN DE LAS ELEVACIONES	14
FCF	14
Los Ángeles	15
Iturbide	15
ANÁLISIS DE LOS DATOS	17
Resultados	19
COMPARACIÓN DE SEMILLAS Y VAINAS	19
<i>Acacia farnesiana</i>	19
<i>Acacia schaffneri</i>	21
GERMINACIÓN EN ELEVACIONES	24
<i>Acacia farnesiana</i>	24
<i>Acacia schaffneri</i>	25
GERMINACIÓN EN INCUBADORAS	26
<i>A. farnesiana</i>	26
Porcentajes de germinación	26
Velocidad de germinación (t_{50})	27

<i>A. schaffneri</i>	29
Porcentajes de germinación.....	29
Velocidad de germinación (t_{50}).....	30
CRECIMIENTO INICIAL DE PLÁNTULAS	32
<i>A. farnesiana</i>	32
<i>A. schaffneri</i>	33
DISCUSIÓN	36
CONCLUSIONES	39
LITERATURA CITADA	41
ANEXOS	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Datos de Elevación, temperatura y precipitación de las diferentes procedencias así como del tipo de vegetación existente en el área de colecta.	11
Tabla 2. Temperaturas del suelo reales ocurridas en el mes de Septiembre del 2011.	47
Tabla 3. Temperaturas del suelo reales más 2°C..	47
Tabla 4. Temperaturas del suelo reales más 5°C..	47
Tabla 5. Temperaturas del suelo reales más 7°C..	48
Tabla 6. Temperaturas del suelo reales más 10°C..	48
Tabla 7. Temperaturas del suelo reales más 15°C..	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Contenedor de poliestireno expandido tipo styrobloc con 160, plántulas de <i>A. farnesiana</i> a una semana de iniciado el tratamiento, elevación FCF	13
Figura 2. Plántula de <i>A. schaffneri</i> a 2 semanas de iniciado el tratamiento, elevación FCF..	14
Figura 3. Plántulas en charolas de plástico de polietileno dentro de germinadora, a una semana de iniciado el tratamiento.	16
Figura 4. Plántulas de tratamiento 51°C a una semana de iniciado.	17
Figura 5. Plántulas de <i>A. farnesiana</i> tratamiento 43°C	18
Figura 6. Comparación del ancho, largo y peso de semillas de las diferentes procedencias de <i>A. farnesiana</i>	20
Figura 7. Comparación del peso y largo de las vainas de <i>A. farnesiana en las diferentes procedencias</i>	21
Figura 8. Comparación hecha entre el ancho, largo y peso de las semillas y las diferentes procedencias de <i>A. schaffneri</i>	22
Figura 9. Comparación del peso y largo de vainas para las diferentes procedencias de <i>A. schaffneri</i>	23
Figura 10. Porcentajes de germinación de <i>Acacia farnesiana</i> \pm error estándar en las elevaciones de cada procedencia.....	24
Figura 11. . Porcentajes de germinación \pm error estándar en las elevaciones de cada procedencia de <i>A. schaffneri</i>	25
Figura 12. Porcentajes de germinación \pm error estándar de los tratamientos para cada procedencia de <i>A. farnesiana</i>	27
Figura 13. Velocidad de germinación \pm error estándar de los tratamientos para cada procedencia de <i>A. farnesiana</i>	28
Figura 14. Porcentaje de germinación \pm error estándar de los tratamientos para cada procedencia de <i>A. schaffneri</i>	30
Figura 15. Velocidad de germinación \pm error estándar de los tratamientos para cada procedencia de <i>A. schaffneri</i>	31

Figura 16. Comparación para <i>Acacia farnesiana</i> de las proporciones de tallo/raíz de la longitud de las plántulas entre las procedencias.....	32
Figura 17. Comparación de las proporciones de tallo/raíz del peso de las plántulas de <i>Acacia farnesiana</i> entre las procedencias.....	33
Figura 18. Comparación de las proporciones de tallo/raíz del peso de las plántulas de <i>Acacia schaffneri</i> entre las procedencias.....	34
Figura 19. Comparación de las proporciones de Tallo/Raíz del peso de las plántulas de <i>Acacia schaffneri</i> entre las procedencias.....	35

RESUMEN

Se estudió la variación morfológica de semillas y vainas de 7 procedencias para *A. farnesiana* (de 350 a 2100 msnm) y 5 procedencias para *A. schaffneri* (de 350 a 2600 msnm). En ensayos de germinación se determinaron además los efectos del aumento de la temperatura provocada por los gases de efecto invernadero en la germinación. Las semillas fueron puestas a germinar a 350, 550 y 1500 msnm, para evaluar posibles desplazamientos de las especies en su distribución altitudinal ante un escenario de cambio climático. Además se evaluó el crecimiento inicial de las plántulas obtenidas. En otro experimento se simuló en germinadoras la variación de temperatura diaria del suelo en la época de mayor precipitación pluvia a temperatura actual (máxima 36°C) y temperaturas incrementadas (máximas de 38°C, 41°C, 43°C, 46°C y 51°C).

Se encontraron diferencias en el tamaño de semillas y vainas entre algunas procedencias. Las semillas de ambas especies germinaron por igual entre las elevaciones, aunque se presentaron algunas diferencias entre las procedencias. Las plántulas fueron en general más largas de tallo e igual de pesadas en la mayor elevación.

Los incrementos en la temperatura media del suelo resultaron en una menor germinación para los dos tratamientos con mayores temperaturas de manera independiente a las procedencias. Las diferencias de pesos de las semillas no influyeron en los porcentajes de germinación ni en los crecimientos iniciales de las plántulas. En este estudio se destaca la plasticidad de las especies para germinar y crecer en un amplio rango de temperaturas y elevaciones de manera independiente a su procedencia.

ABSTRACT

We studied the morphological variation of seeds and pods of 7 populations (locations) for *A. farnesiana* (350 to 2100 m) and 5 populations for *A. schaffneri* (350 to 2600 m). In germination tests also the effects of increased temperature caused by greenhouse gases germination was determined. The seeds were put to germinate at 350, 550 and 1500 m, to evaluate possible shifts in species altitudinal distribution in a scenario of climate change. We also evaluated the initial growth of the seedlings. In another experiment was simulated in a seed germinator the daily temperature variation of soil in the greatest rainfall season with the current temperature (maximum 36°C) and elevated temperatures (Max 38°C, 41°C, 43°C, 46°C and 51°C).

There were differences in the size of seeds and pods for some populations. The seeds of both species germinated equally between elevations, although there were some differences between populations. The seedlings were generally largest in stem and equal in weight in the highest elevation.

The increases in the average temperature of the soil resulted in a lower germination for the two treatments with higher temperatures independently of sources. Differences in seed weights did not influence in germination and initial growth in seedlings. In this study highlights the plasticity of the species to germinate and grow in a wide range of temperatures and elevations independently of their origin.

INTRODUCCIÓN

El aumento de las temperaturas provocadas por el incremento de CO₂ y otros gases de invernadero en la atmósfera, como resultado de actividades humanas, puede afectar los procesos de germinación de las semillas (Mann *et al.*, 1998; González *et al.*, 2003). Los pronósticos de cambio climático plantean un desplazamiento de las temperaturas del ecuador hacia los polos y de menores a mayores elevaciones (Meehl *et al.*, 2007). Así las semillas podrían enfrentar condiciones de mayores temperaturas en sus sitios de distribución actual.

Las concentraciones de CO₂ en la atmósfera han aumentado considerablemente en las últimas décadas, en 1800 se tenían 280 ppm, aumentando a 358 ppm a finales del siglo pasado y en la primer década de este siglo la concentración era de 382 ppm (Meehl *et al.*, 2007; Watson *et al.*, 1991). Se pronostica que las concentraciones de CO₂ lleguen de entre 730 a 1080ppm para el 2100 según diversos escenarios propuestos (Meehl *et al.*, 2007;). La media de la temperatura superficial de la tierra se incrementó en el siglo pasado alrededor de 0.6°C y se pronostica que para el año 2099 la temperatura media de la tierra sea de entre 1.79 y 3.13°C más alta que la que se registra actualmente (Meehl *et al.*, 2007; IPCC, 2001; Mann *et al.*, 1998).

Estudios recientes demuestran que el calentamiento global afecta sistemas relacionados con los glaciares de montaña, plataformas de hielo flotantes y continentales. En los Alpes, y en las montañas de la región autónoma de Xinjiang, China los glaciares han perdido el 50% de su extensión (Haeberli *et al.*, 2007; Rosenzweig *et al.*, 2007; Shiyin *et al.*, 2006).

Los seres vivos, pueden vivir y reproducirse dentro de rangos de condiciones climáticas específicos, por lo tanto las respuestas de estos seres vivos por el aumento de las temperaturas podrían ser: cambios fenológicos, cambios morfológicos, cambios en la distribución (del ecuador hacia los polos y de las partes bajas a las altas) y extirpación o extinción (Rosenzweig *et al.*, 2007).

La germinación como parte de la regeneración está comprendida dentro del ciclo natural de las poblaciones de cualquier especie, con un objetivo en específico, la obtención de nuevos individuos reproductores que mantienen el ciclo de vida (Harper, 1978). Este proceso implica la imbibición de las semillas, rápido aumento de la actividad respiratoria y movilización de reservas de nutrientes para iniciar el crecimiento del embrión (Fenner y Thompson, 2005). Las principales variables que están presentes en la germinación son la disponibilidad de agua, la temperatura adecuada y la aireación del suelo entre otros (Benech *et al.*, 2004; Fenner y Thompson 2005; Baskin y Baskin, 2001).

La germinación juega un papel importante en el desplazamiento de las especies, ya que este desplazamiento depende del éxito de la germinación y del establecimiento de las plántulas en los límites de su distribución (Holtmeier *et al.*, 2005). Uno de los principales promotores de los cambios de distribución de las especies vegetales es la germinación y el establecimiento de semillas, que son afectados de manera más temprana por el aumento de las temperaturas (Holtmeier *et al.*, 2005).

Algunos autores mencionan que por lo general se espera que la regeneración de las semillas se vea beneficiada por el aumento de las temperaturas, pero tal vez se deba a que su atención se ha centrado en las partes más frías del planeta (Fenner y Thompson, 2005).

La variación de tamaños y formas de las semillas es controlada por el ambiente, la genética y su interacción, y estas variaciones se relacionan con los requerimientos para germinar de las semillas (Baskin y Baskin, 2001). El tamaño de la semilla es considerado un factor importante dentro de la ecología de las especies, y este puede influir sobre la velocidad de la germinación y crecimiento inicial (Leishman *et al.*, 2000; Vásquez *et al.*, 2011; Fenner y Thompson, 2005). Aunque para otras especies diferencias en tamaño no se reflejan en diferencias en la germinación (Arteaga, 2007). El peso de las semillas puede afectar la supervivencia de las plántulas de diversas formas, las plántulas de semillas

grandes tienden a ser más grandes y/o pesadas que aquellas semillas de bajo peso (Leck *et al.*, 2008).

Acacia farnesiana y *A. schaffneri* son especies de gran importancia tanto económica como ecológica que pueden ser utilizadas para la recuperación de zonas degradadas, por su capacidad de retención de suelo, su resistencia a las altas temperaturas y a las prolongadas sequías (Rzedowski, 2003). Estas especies son ampliamente utilizadas como combustible, alimento para el ganado, fuente de aceites esenciales y curtientes (García-Winder *et al.*, 2009 y Rzedowski, 2003).

La distribución de estas especies difiere, mientras que *A. farnesiana* abarca casi toda América, África, Australia y partes de Europa cálidas por su gran capacidad invasiva (Arévalo *et al.*, 2010; Rzedowski, 2003). *A. schaffneri* presenta una distribución restringida y va desde el sur de Texas hasta el norte de Oaxaca, crece por lo general compartiendo hábitat con *A. farnesiana* y a diferencia de ésta, no presenta comportamiento invasivo (Valiente *et al.*, 2000).

Comprender mejor las relaciones entre el aumento de las temperaturas y los cambios que esto puede producir en la germinación de semillas y el establecimiento de plántulas podría ayudar a predecir desplazamientos latitudinales y altitudinales en la composición de especies vegetales (Smith *et al.*, 2009).

En este estudio se evaluó la germinación de semillas de diversas procedencias de *Acacia farnesiana* y *A. schaffneri* expuestas a diferentes temperaturas bajo la hipótesis de obtener un mayor porcentaje de germinación a temperaturas más elevadas. Se evaluó además el peso y forma de las semillas para determinar posibles diferencias entre las procedencias.

ANTECEDENTES

La dispersión y la geminación son los mecanismos por los cuales las especies vegetales se trasladan, germinando en aquellas áreas adyacentes que cuentan con las condiciones climáticas para que este proceso suceda (Holtmeier *et al.*, 2005).

Pequeñas anomalías en el clima como sequías o lluvias extraordinarias o fuera de temporada pueden anular los procesos locales de la dinámica de la vegetación, principalmente en la regeneración de las mismas (Savage *et al.*, 1996), así algunos estudios demuestran que la temperatura del suelo afecta la viabilidad de algunas semillas, dependiendo de la especie que esté expuesta a dichas temperaturas. La alternancia de temperatura, refleja mejor las condiciones naturales y se considera más favorable para la germinación que la temperatura constante (Baskin y Baskin, 2001). Algunas especies solo germinan con alternancia de temperaturas (Silva *et al.*, 2004).

Algunos estudios demuestran que la riqueza de especies se ha incrementado durante las últimas décadas en las elevaciones inferiores de los Alpes, lo cual sugiere un desplazamiento de las especies hacia elevaciones superiores (Grabherr *et al.* 1994). Hay una relación entre el aumento de la temperatura y el desplazamiento de los seres vivos, este impacto es perceptible y, aunado a la destrucción del hábitat podría causar grandes cambios en las comunidades, como extirpación y extinción de especies (Root *et al.* 2003).

El aumento de temperaturas, competencia, sombra, humedad y nutrientes del suelo, semillas bajo hojarasca y herbívora son consideradas como condiciones adversas para el establecimiento de semillas, de acuerdo a lo anterior especies con semillas más grandes son mejores bajo éstas condiciones (Fenner y Kitajima, 2000). Westoby, *et al* (1996) determinaron que esta ventaja solo se muestra en plántulas en etapa de cotiledón cuando se encuentran bajo sombra. En estudios realizados con el tamaño de las semillas de la misma especie, se detectó que este influye de manera significativa en la germinación, en el cual las semillas grandes germinaron el doble que las semillas más pequeñas (Tenorio-Galindo *et al.*, 2008; Quiroz *et al.* 1997). La caracterización morfológica y anatómica de las

semillas es una herramienta útil para su identificación, y proporciona elementos básicos para comprender el comportamiento en aspectos de dispersión y germinación de las semillas (Quiroz *et al.*, 1997).

En la mayoría de las especies de plantas, las semillas varían en el grado de germinación, entre las poblaciones y entre los individuos, esto es provocado principalmente por las condiciones locales bajo las cuales las semillas maduran. El estrés hídrico, las temperaturas y los nutrientes minerales ocurridos durante la maduración de las semillas pueden afectar la capacidad germinativa de las mismas (Fenner, 2000). En algunas especies se ha encontrado una relación entre el tamaño de las semillas y hábitats húmedos y secos, en el cual los hábitats secos tienen las semillas más grandes (Westoby *et al.*, 1992).

La masa de las semillas demuestra los recursos disponibles para la germinación, es un factor importante que afecta el alargamiento y crecimiento de las plántulas tanto en raíces como en tallos. El tamaño de la semilla también está relacionado con el tamaño de las plántulas, al menos en los primeros días después de la emergencia de la plántula. Semillas más grandes tienen mayor elongación de las plántulas, pero no se registra mejora en la supervivencia de las mismas bajo condiciones adversas (Cordazzo, 2002; Fenner y Kitajima, 2000).

Estudios realizados con *Pinus sylvestris*, *P. halepensis* y otras especies demostraron que semillas que fueron sometidas a altas temperaturas obtuvieron porcentajes de germinación similares a las que no fueron sometidas a estas (Albuquerque *et al.*, 1998; Martins *et al.*, 2008; Nuñez y Calvo, 2000). Neto *et al.* (2003) encontraron para *Acacia poliphilla* resultados similares en cuanto a germinación, pero una mayor velocidad de germinación a mayores temperaturas. Se detectó lo contrario con semillas de *Acacia schaffneri* y de otras especies del desierto chihuahuense que obtuvieron una mayor y más rápida germinación a mayores temperaturas (Demuner *et al.*, 2008; Dutra *et al.*, 2007; Ooi

et al., 2009; Pérez-Sánchez *et al.*, 2011). Mientras que para otras especies al haber un aumento de temperaturas los porcentajes de germinación disminuyen (Silva *et al.*, 2004)

Nogales y colaboradores (2008) mencionan que semillas puestas a germinar a mayores elevaciones disminuyen sus porcentajes de germinación. Coincidiendo con lo anterior, semillas de especies de Matorral Tamaulipeco se demostró que tienen la capacidad de germinar y crecer en áreas por encima de su distribución normal (Pérez *et al.*, 2007).

Especies con tres días de retraso en su germinación pueden disminuir la oportunidad de establecimiento de las semillas ante un escenario de cambio climático global, como el que se plantean por el aumento de las temperaturas del suelo (Pérez-Sánchez *et al.* 2011).

El porcentaje de germinación y el crecimiento inicial puede verse afectado por la elevación en la cual fueron colectadas las semillas (Vera, 1997). Viveros y Viveros (2009) demuestran que el crecimiento de las plántulas de *Pinus hartwegii* en menores elevaciones es mayor, lo que implicaría un porcentaje mayor de establecimiento de las plántulas, por ende el crecimiento de las plántulas es menor a mayores elevaciones (Viveros y Viveros, 2009). Plántulas grandes con grandes sistemas radiculares pueden obtener humedad del suelo a niveles más profundos (Jurado y Westoby, 1992)

HIPÓTESIS

- La germinación y crecimiento inicial de las semillas será mayor en ambientes con elevación semejante al de sus procedencias.
- La germinación y su velocidad aumentarán a temperaturas superiores a las actuales, como las planteadas ante un escenario de cambio climático.
- Las semillas y vainas de diferentes localidades difieren morfológicamente entre sí.

OBJETIVOS

OBJETIVOS GENERALES

- Determinar si el aumento de las temperaturas mejora o inhibe la germinación con pruebas en laboratorio bajo condiciones de temperatura controlada.
- Determinar si diferentes procedencias de semillas con condiciones de temperatura y precipitación variada responden de manera diferente ante un mismo evento, tanto en porcentaje de germinación como en crecimiento inicial de plántulas.
- Comprobar si existen diferencias en la morfología de semillas y vainas de las diferentes procedencias.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Determinar los porcentajes de germinación y la velocidad de germinación de cada una de las procedencias de las diferentes especies a temperaturas superiores a las que actualmente ocurren.
- Determinar los porcentajes de germinación y el crecimiento inicial de las plántulas de las diferentes procedencias de ambas especies puestas a germinar en tres elevaciones

MÉTODOS

DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIES

Las especies utilizadas en este estudio fueron *Acacia farnesiana* (huizache) y *Acacia schaffneri* (huizache chino), aunque de acuerdo con el cambio de género en el 2005 ahora son llamadas *Vachellia farnesiana* y *V. schaffneri* (McNeill y Turland, 2006; ASU, 2011), se toma la decisión de seguir llamándola *Acacia* ya que es la forma más conocida.



Acacia farnesiana también conocida como *Mimosa farnesiana* o *Vachellia farnesiana*, es un arbusto o árbol pequeño caducifolio y de tallos múltiples, caracterizado por una copa esparcida y densa, ramas espinosas y flores fragantes, conocido comúnmente como aroma o

huizache (Parrotta, 1992). Se caracteriza por las espinas cónicas, blanquecinas y persistentes, flores aromáticas y frutos glabros, casi negros (Valiente *et al.* 2000). Se encuentra distribuido desde el oeste de los Estados Unidos y las Antillas hasta Argentina, también naturalizada en muchas porciones cálidas del Viejo Mundo. En México se encuentra en todos los estados, preferentemente en altitudes sobre los 500m (Rzedowski, 2003) comprendiéndose el gradiente de elevación desde los 36 a 1,500 (2,500) msnm. Es abundante en la vegetación secundaria derivada de bosques tropicales y subtropicales, matorrales y otros tipos de vegetación, frecuente en parcelas de cultivo abandonadas y en otros ambientes perturbados, considerada especie indicadora de disturbio e invasora en muchos ecosistemas (Rzedowski, 2003). Esta especie tiene potencial para ocupar un rango

de distribución más amplio que el que tiene en la actualidad por su capacidad altamente invasiva, encontrándose principalmente en áreas agrícolas y ganaderas abandonadas, en las Islas Canarias se documenta el avance de la invasión de esta especie con la ayuda de especies introducidas que se alimentan de sus semillas (Arévalo *et al.*, 2010).

En un estudio realizado con ganado ovino se demostró que *Acacia farnesiana* es una alternativa para la alimentación de estos animales mostrando crecimiento moderado y pocos efectos en la digestión del animal (García-Winder *et al.*, 2009). Es utilizada para la conservación de los suelos, control de la erosión, recuperación de terrenos degradados y fijación de Nitrógeno dentro de los servicios de restauración que ofrece la planta, además de otros servicios y utilidades tales como barreras rompe vientos, cercos vivos, adhesivo,



Acacia schaffneri (S. Watson)

Seigler & Ebinger, al contrario que *farnesiana*, no tiene sinonimias (Seigler y Ebinger, 2005; ITIS, 2011), es una planta arbustiva o árbol de 1.5 a 6 m de altura, ramillas pilosas; estípulas espinosas de 1 a 4 cm de largo, tiene hojas con 4 a 6 pares de pinnas, folíolos de 12 a 20 pares

por pinna, de 1.5 (2) a 4 mm de largo y .5 a 1 de ancho, (Rzedowski, 2003). Es abundante principalmente en algunos matorrales crasicales con *Stenocereus*, *Opuntia*, *Zaluzania*, *Yucca*, *Eysenhardtia*, *Senna*, *Karwinskia*, *Condalia* y *Prosopis*, así como en ciertos pastizales, a menudo en vegetación secundaria y algunas veces entre cultivos, encontrándose en floración de enero a mayo y con fructificación hasta septiembre (Valiente *et al.* 2000). Sus frutos son de 4 a 11(15) cm de largo, 0.5 a 1.4 cm de ancho y de

6 a 10 mm de grosor, ligeramente curva y algo constreñida entre las semillas, café-rojiza, densamente tomentosa, indehisciente, semillas ampliamente elípticas a casi esféricas de 8 a 10 mm de largo, de 5 a mm de ancho y de 4.5 a 5 mm de grosor (Rzedowski, 2003). Su distribución en contraste con *Acacia farnesiana*, es estrecha, desde el Sur de Texas, Baja California, Sonora, Chihuahua y Durango, pasando por los estados de Nuevo León, Tamaulipas y Coahuila hasta el norte de Oaxaca, los estados de Nuevo León y Tamaulipas cuentan con las elevaciones más bajas en la distribución mientras que los estados de altiplano cuentan con la distribución de la mayor elevación (Valiente *et al.*, 2000; Rico-Arce, 2001).

DESCRIPCIÓN DE LAS PROCEDENCIAS DE LAS SEMILLAS

Con el fin de incluir la diversidad genética y para ver si existen diferencias en las diferentes procedencias ante un mismo evento se colectaron semillas de siete procedencias para *A. farnesiana* y de cinco procedencias para *A. schaffneri*.

Procedencias	Elevación msnm	Coordenadas	Temperatura promedio (°C)	Precipitación (mm)	Tipo de Vegetación
Facultad de Ciencias Forestales (Linares)	350	24°57'33"N 99°32'30"W	22.8 Max: Sep 32.8 Min: Sep 20.6 Oct 29.2 Oct 16.7	806.6 Sep 174.6 Oct 90.9	Matorral Espinoso Tamaulipeco:
450m (Linares)	450	24°46'51"N 99°40'03"W	21.3 Max: Sep 30.4 Min: Sep 18.1 Oct 27.0 Oct 15.4	989.4 Sep 260.8 Oct 127.2	Matorral submontano:
Los Angeles (Linares)	550	24°57'33"N 99°49'20"W	22.1 Max: Sep 31.7 Min: Sep 20.2 Oct 28.3 Oct 16.5	894.5 Sep 211.6 Oct 98.8	Matorral submontano:
Ej. Agua de la mula (Coahuila)	1250	25°29'33"N 101°23'49"W	27.0 Max: Sep 28.7 Min: Sep 15.1 Oct 26.6 Oct 12.2	347.1 Sep 59.2 Oct 26.3	Matorral desértico rosetofo
Ej. Puebla (Coahuila)	1430	25°25'52"N 101°17'53"W	27.0 Max: Sep 28.7 Min: Sep 15.1 Oct 26.6 Oct 12.2	347.1 Sep 59.2 Oct 26.3	Matorral desértico rosetofo y Matorral desértico microfo
Ej. 5 de Mayo (Coahuila)	1700	25°23'18"N 101°15'54"W	27.0 Max: Sep 28.7 Min: Sep 15.1 Oct 26.6 Oct 12.2	347.1 Sep 59.2 Oct 26.3	Matorral desértico rosetofo
Dgo1 (Durango)	1735	25°03'33.9"N 104°13'16"W	17.8 Max: Sep 29.6 Min: Sep 10.6 Oct 29.1 Oct 7.7	471.7 Sep 80.8 Oct 29.0	Matorral submontano y Matorral desértico rosetofo
Dgo2 (Durango)	1736	24°54'28"N 104°14'48"W	17.8 Max: Sep 29.6 Min: Sep 10.6 Oct 29.1 Oct 7.7	471.7 Sep 80.8 Oct 29.0	Matorral submontano y Matorral desértico rosetofo
SLP	1800	22°08'46"N 100°52'42"W	22.0 Max: Sep 29.8 Min: Sep 17.9 Oct 28.8 Oct 17.3	565.4 Sep 99.2 Oct 49.2	Matorral desértico microfo:
Chiapas (Chiapa de corso)	1880	16°47'15"N 92°51'07"W	16.7 Max: Sep 25.4 Min: Sep 12.0 Oct 24.0 Oct 09.0	665.7 Sep 86.9 Oct 46.9	Selva baja caducifolia
Alta cima (Tamaulipas)	2100	23°03'59"N 99°14'16"W	16.6 Max: Sep 23.6 Min: Sep 12.1 Oct 22.6 Oct 11.1	673.5 Sep 141.2 Oct 43.5	Bosque mesofo de montaña y Pastizal inducido
Toluca (Edo. De México)	2600	19°16'26"N 99°41'32"W	13.9 Max: Sep 21.6 Min: Sep 9.3 Oct 22.4 Oct 6.3	770.8 Sep 128.7 Oct 50.1	Bosque de Pino y Pastizales inducidos

Tabla 1. Datos de Elevación, temperatura y precipitación de las diferentes procedencias, así como del tipo de vegetación existente en el área de colecta (INEGI, 2013; CONAGUA, 2011).

DE LAS SEMILLAS

La colecta de semillas se llevó a cabo de frutos maduros en al menos 10 plantas madre con el fin de permitir la variación genética de las poblaciones. Dicha colecta se realizó durante el verano de 2011. Se seleccionaron semillas con apariencia sana que no mostraban daños físicos visibles, que no mostrara evidencia de hongos o de parasitismo por insectos.

Las semillas secas fueron separadas de sus frutos y conservadas a temperatura ambiente dentro de frascos con alcanforina para evitar daños por insectos. Las especies de Acacia tienen una testa dura e impermeable, éstas presentan latencia física (Martínez *et al.*, 2006) por lo cual previo a los ensayos de germinación se aplicó un tratamiento de escarificación mecánica manual a las semillas con lija fina, removiendo una parte de los tegumentos en el área por donde emerge la raíz (Flores y Jurado, 1998).

TRATAMIENTOS EN ELEVACIONES

Para determinar el efecto de la elevación en la germinación de las especies y sus procedencias se realizó un ensayo de germinación en tres elevaciones: a 350 msnm (Facultad de Ciencias Forestales UANL Linares), a 550 msnm (comunidad de Los Ángeles, Linares, N.L.) y a 1500 msnm (Bosque Escuela de la FCF UANL en Iturbide, N.L.).

Las semillas fueron puestas en contenedores de poliestireno expandido tipo styroblock con 160 cavidades, medidas estándar de 60*31cm (Figura 1), estas cavidades fueron puestas con una mezcla de suelo, con porciones de suelo de monte (MET), peat moss y vermiculita (6-3-1) respectivamente, con el fin de permitir la infiltración, pero a la vez mantener húmeda la tierra el mayor tiempo.



Figura 1. Contenedor de poliestireno expandido tipo styrobloc con 160 cavidades, plántulas de *A. farnesiana* a una semana de iniciado el tratamiento, elevación FCF.

Los contenedores fueron puestos en jaulas para evitar el daño a semillas y plántulas por mamíferos, aves e insectos, sobre las jaulas se puso una maya sombra de 40% para simular la incidencia solar dentro de la vegetación. Los contenedores se regaron para mantener el suelo húmedo durante un mes (Septiembre a Octubre de 2011). La emergencia de plántulas se midió diariamente. Transcurrido el mes se procedió a la extracción de las plántulas de las cavidades de los contenedores, para lo cual se sumergieron estos en agua, reblandeciendo la tierra y disminuyendo al máximo la pérdida de raíces durante la extracción.

Una vez extraídas las plántulas fueron medidas las longitudes de tallos y raíces (cm) desde el cuello de la plántula hasta la punta de raíz y tallo, posteriormente fueron puestas en bolsas de papel, tallos y raíces por separado, y se procedió a secar en estufa a 60°C hasta obtener un peso constante para su posterior pesado. Con esto se obtuvo el peso seco de raíces y tallos para su posterior análisis.



Figura 2. Plántula de *A. schaffneri* a 2 semanas de iniciado el tratamiento, elevación FCF.

DESCRIPCIÓN DE LAS ELEVACIONES

FCF

Ésta se encuentra al sur de Linares N. L. (cabecera) y cuenta con una elevación de 350 msnm. El clima es semicalido subhúmedo con lluvias en verano entre los meses de Abril a Noviembre (Gaia, INEGI 2013; García y Jurado, 2008). Tiene temperatura media de 22.8 con máximas de hasta 41 y 38° C en los meses de Septiembre y Octubre y mínimas de 8.5 y -0.5°C en los mismos meses, la precipitación media es de 806.6 mm con una evaporación de 1,582 mm, Septiembre es el único mes en el cual la precipitación supera la evaporación mientras que el mes de Octubre la evaporación es ligeramente superior (CONAGUA, 2011). Los suelos que predominan son de tipo Litosol con suelos secundarios de Vertisol y suelos terciarios de Regosol. El tipo de vegetación es de Matorral Espinoso Tamaulipeco y algunas de las especies predominantes en este son principalmente *Pithecellobium pallens*,

Acacia rigidula, *Pithecellobium flexicaule*, *Celtis pallida*, *Cordia boissieri*, *Lucophyllum frutescens*, *Forestiera angustifolia* y *Acacia spp.* (García y Jurado, 2008).

Los Ángeles

Con una elevación de 550 msnm la comunidad de Los Ángeles Localizada al Oeste de la cabecera de Hialahuises N. L. Su clima es semicalido subhúmedo con lluvias en verano entre los meses de Abril a Noviembre (Gaia INEGI, 2013). La temperatura media de esta área es de 22.1, con máximas en los meses de Septiembre y Octubre de 31.7 y 28.3 respectivamente mientras que las mínimas son de 20.2 y 16.5. Las precipitaciones son de 894 mm y una evaporación media de 1,609 mm, en el mes de Septiembre la precipitación supera la evaporación (CONAGUA, 2011). Los suelos predominantes son Lutisol, Regosol, Vertisol y Luvisol en menor medida. La vegetación es de Matorral submontano con especies predominantes de la zona como *Forestiera angustifolia*, *Condalia hoockeri*, *Acacia farnesiana*, *Randia rhagocarpa*, *Celtis pallida*, *Eysenhardtia texana*, *Croton cortesianus*, *Zanthoxylum fagara*, *Diospyros palmeri*, *Acacia rigidula*, *Havardia palens*, las últimas tres especies se presentan como dominantes (Gutiérrez, 2002)

Iturbide

Ubicado en el Bosque Escuela de la UANL con una elevación de 1500 msnm cuenta con una vegetación de Bosque de Pino Encino. El tipo de clima es Semiseco semicalido (gaia, INEGI, 2013). La temperatura media que se presenta en el área es de 17.3°C con una temperatura máxima en los meses de Septiembre y Octubre de 25.3 y 23.9 y una temperatura mínima de 12.9 y 9.7 respectivamente, La precipitación media es de 671 mm y una evaporación de 1,312 mm y al igual que en las elevaciones más bajas el mes de Septiembre presenta mayor precipitación que evaporación (CONAGUA, 2011). Los suelos predominantes son Regosol, Rendzina y Regosol en orden de importancia. Las especies predominantes en la zona son *Pinus cembroides* Zucc., *P. greggi* Engelm., *Juniperus fláccida* Schltdl., *J. deppeana* (García, 2006).

TRATAMIENTOS EN LABORATORIO



Figura 3. Plántulas en charolas de plástico de polietileno dentro de germinadora, a una semana de iniciado el tratamiento.

Los tratamientos de germinación en laboratorio se realizaron en una germinadora Lumistell, en la cual se pusieron las semillas en charolas de plástico de polietileno de 288 cavidades con medidas estándar (10.29 ml/cavidad) (Figura 3), se utilizaron porciones de suelo de monte (MET) peat moss y vermiculita 6-3-1 respectivamente.

Con el objetivo de simular las temperaturas en el día se tomó una base de datos de temperaturas de suelo ocurridas en el Mes de Septiembre de la estación meteorológica más cercana en la cual se tenían los datos por hora (www.wcc.nrcs.usda.gov). Dichos datos se muestran en el ANEXO (01). Se simuló la temperatura de las 8:00 AM hasta las 5:00 PM, el lapso del día en el cual ocurren las temperaturas más elevadas para dejar la germinadora con la temperatura nocturna estables.

Los tratamientos realizados durante 15 días fueron 5 y 1 tratamiento de control utilizando la temperaturas del suelo reales con una máxima de 36°C, los demás tratamientos fueron utilizados aumentando la temperatura 2, 5, 7, 10 y 15°C (ANEXOS, tablas 2, 3, 4, 5 y 6) los cuales tienen las temperaturas máximas de 38°C, 41°C, 43°C, 46°C y 51°C.



Figura 4. Plántulas de tratamiento 51°C a una semana de iniciado.

ANÁLISIS DE LOS DATOS

Las variables de respuesta fueron (i) peso y (ii) longitud de semillas, (iii) peso y (iv) longitud de vainas, (v) porcentajes de germinación, (vi) Velocidad de germinación, (vii) peso (viii) y longitud de raíces y tallos. Los datos fueron analizados con ANOVA's y con pruebas de Tukey para determinar diferencias entre las procedencias y tratamientos. En los datos que no resultaron normales fueron normalizados con raíz de arcoseno Los procedimientos fueron analizados con el programa estadístico R-Project, de libre acceso.



Figura 5. Plántulas de *A. farnesiana* tratamiento a 43°C.

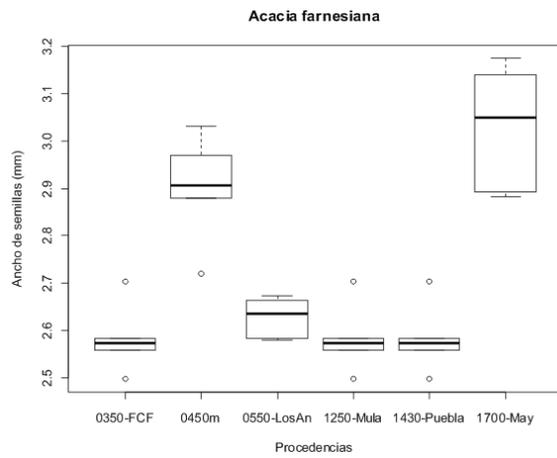
Resultados

COMPARACIÓN DE SEMILLAS Y VAINAS

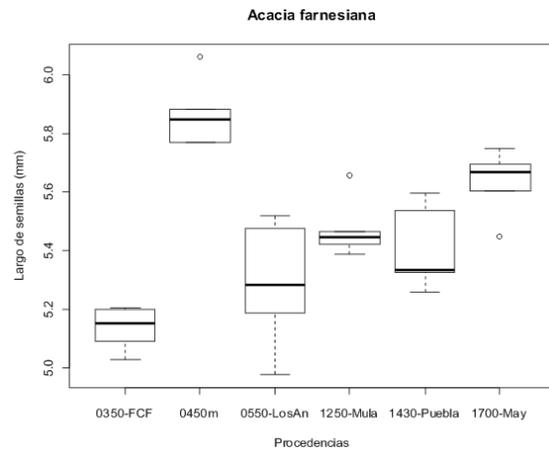
Acacia farnesiana

El ancho de semillas de *Acacia farnesiana* (Fig. 6 gráfica A) se divide en dos grupos, el primero está compuesto por los mayores anchos con las procedencias de 450m y Ej. Mayo, mientras que el resto de las procedencias conforman el segundo grupo con los menores anchos ($F = 22.59$, g.l. = 5, $p = < 0.001$). Los largos de las semillas difieren entre procedencias ($F = 17.35$, g.l. 5, $p = < 0.001$, Fig. 6 gráfica B), las procedencias con las semillas más cortas fueron FCF y Los Ángeles y con las más largas 450m y Ej. Mayo. Los pesos de las semillas difieren entre procedencias, las procedencias con los menores pesos fueron FCF y Los Ángeles, los mayores pesos Ej. Mayo, mula y 450m ($F = 23.72$, g.l. = 5, $p = < 0.001$, Fig. 6 gráfica C).

A)



B)



C)

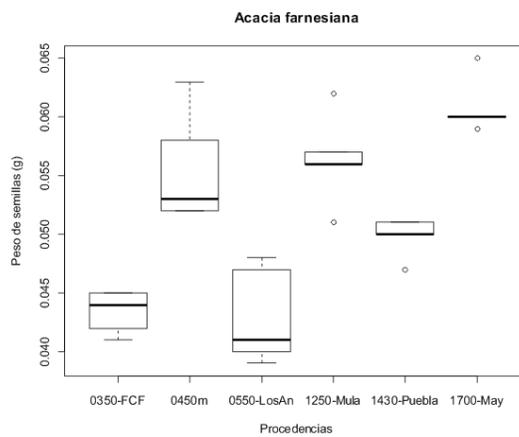
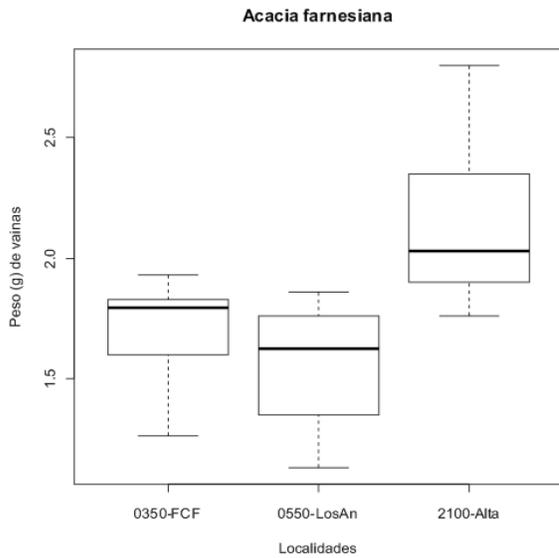


Figura 6. A) Comparación para *A. farnesiana* entre procedencias del ancho de semillas (A), largo de las semillas (B), peso de las semillas (C).

El peso de las vainas fue mayor para la procedencia de Alta Cima ($F = 11.31$, g.l. = 2, $p < 0.001$) con la mayor longitud de vaina ($F = 16.91$, g.l. = 2, $p < 0.001$, Fig. 7, gráfica A y B) esta procedencia es la de mayor elevación de las colectas de *A. farnesiana*.

A)



B)

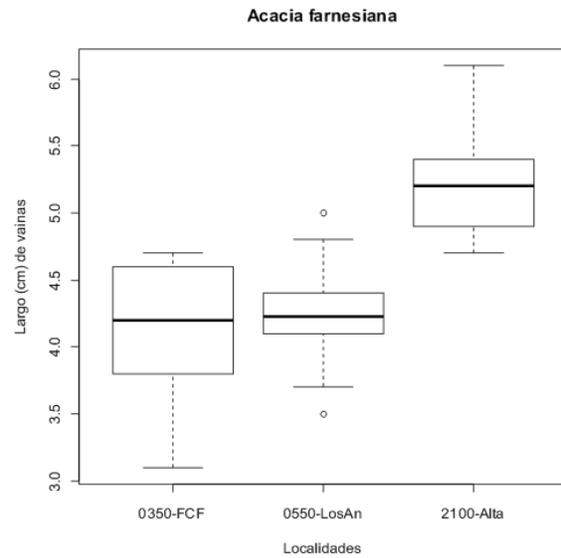
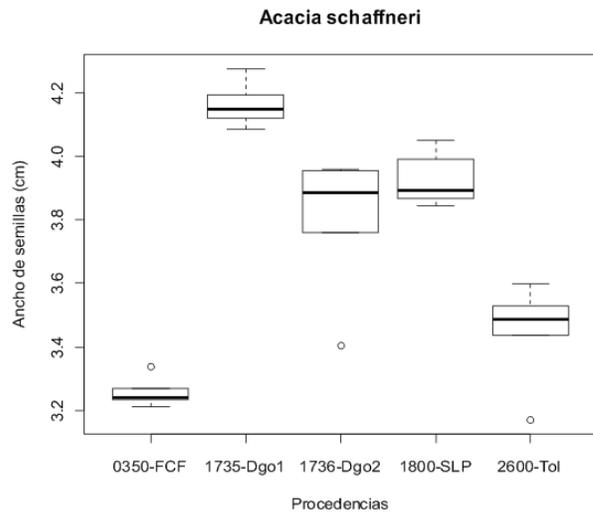


Figura 7. A) Comparación del peso de las vainas de *A. farnesiana* en las diferentes procedencias; B) Comparación de los largos de las vainas en las diferentes procedencias.

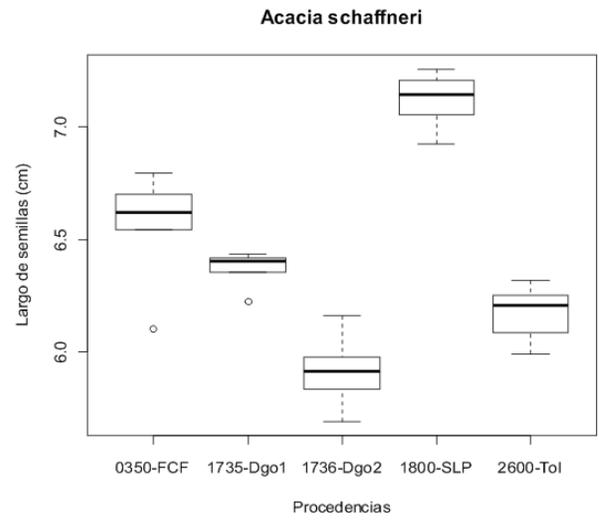
Acacia schaffneri

El ancho de las semillas fue mayor para la procedencia de Dgo1 seguida de SLP y Dgo2 ($F = 35.02$, g.l. = 4, $p < 0.001$, figura 8, gráfica A). Las semillas más largas provinieron de SLP seguidas de las de FCF, mientras que Dgo2 tuvo las más cortas ($F = 35.77$, g.l. = 4, $p < 0.001$, figura 8, gráfica B). Las semillas más ligeras fueron de FCF y Tol, las localidades de colecta de menor y mayor elevación para *A. schaffneri*, las semillas más pesadas fueron de SLP ($F = 48.95$, g.l. = 4, $p < 0.001$, Fig. 8, grafica C).

A)



B)



C)

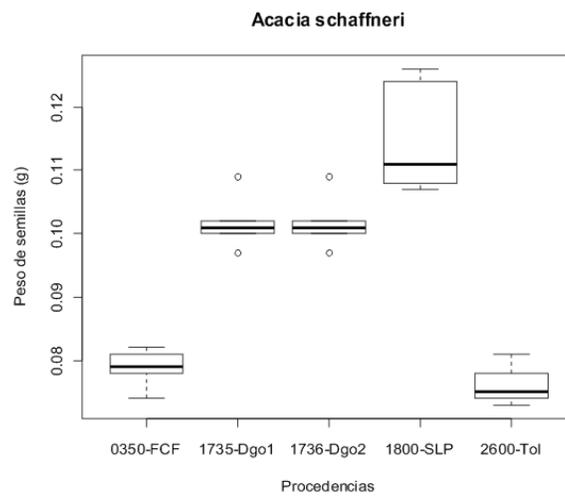


Figura 8. Comparación para *A. schaffneri* entre procedencias de ancho de semillas (A), largo de las semillas (B), peso de las semillas (C).

Los pesos de vaina de *A. schaffneri* dentro de las diferentes procedencias fueron semejantes ($F = 1.99$, g.l. = 3, $p = 0.132$, Fig. 9, gráfica A). Las vainas de la procedencia de FCF fueron más largas seguidas de las de SLP mientras que las procedencias de Dgo1 y Dgo2 tuvieron las vainas más cortas ($F = 14.37$, g.l. = 3, $p < 0.001$).

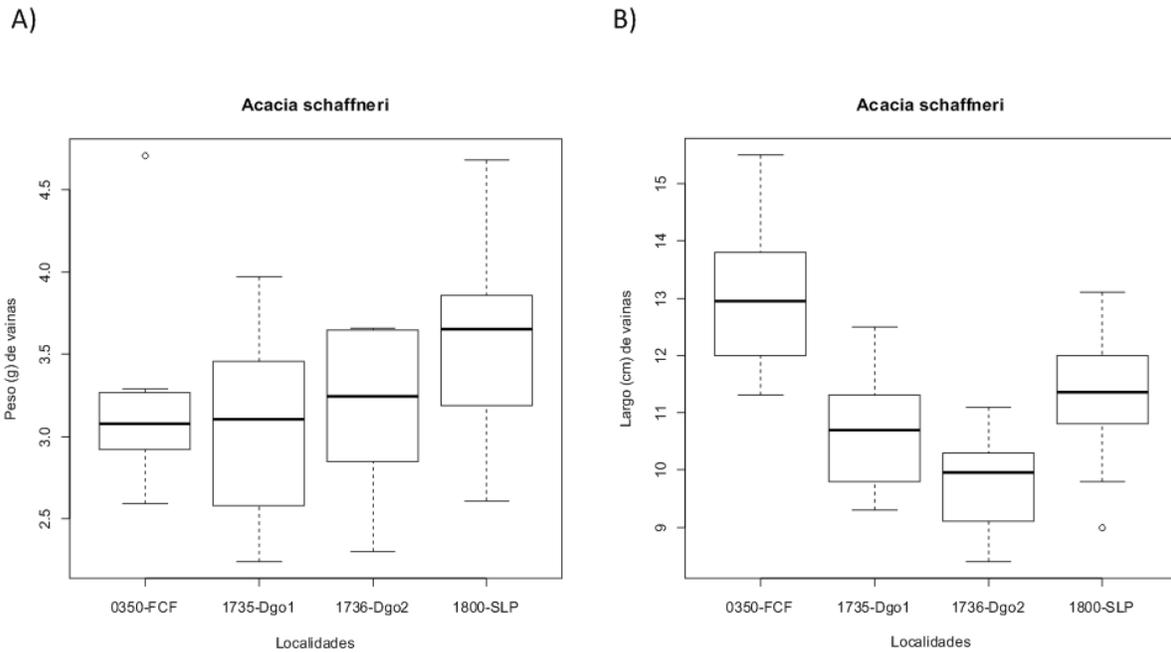


Figura 9. A) Comparación para *A. schaffneri* entre procedencias del peso de vainas (A). Largo de las vainas (B).

GERMINACIÓN EN ELEVACIONES

Acacia farnesiana

Las semillas procedentes de 450m y Puebla tuvieron la mayor germinación, mientras que las de Alta tuvieron las más bajas ($F= 3.36$, g.l.= 6, $p= 0.006$, Figura 10). No se encontró diferencia entre las elevaciones ($F= 1.387$, g.l. = 2, $p = 0.25$). La interacción no fue significativa ($F = 1.363$, g.l. = 12, $p = 1.207$) lo cual indica que las procedencias tuvieron un comportamiento similar ante las diferentes elevaciones.

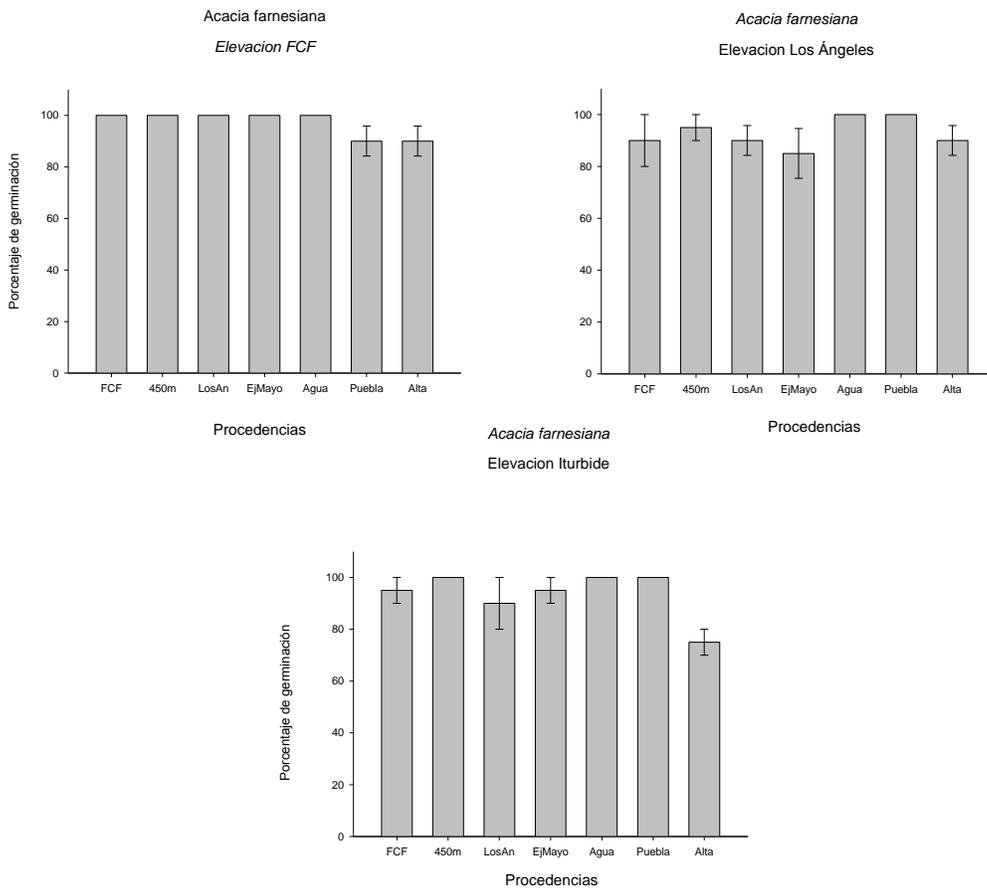


Figura. 10. Porcentajes de germinación de *Acacia farnesiana* \pm error estándar en las elevaciones de cada procedencia.

Acacia schaffneri

Los porcentajes de germinación de *A. schaffneri* fueron similares en las elevaciones ($F = 0.241$, g.l. = 2, $p = 0.786$, Figura 11). Todas las procedencias se comportan de manera similar en las diferentes elevaciones, con menores porcentajes para las semillas procedentes de Dgo2 y Tol ($F = 23.84$, g.l. = 4, $p < 0.001$) lo cual indica que para la especie las diferencias climáticas en los tratamientos de elevación no afectan de manera significativa los porcentajes de germinación. Las interacciones no fueron significativas ($F = 1.63$, g.l. = 8, $p = 0.14$) las procedencias se comportaron de manera similar en las diferentes elevaciones.

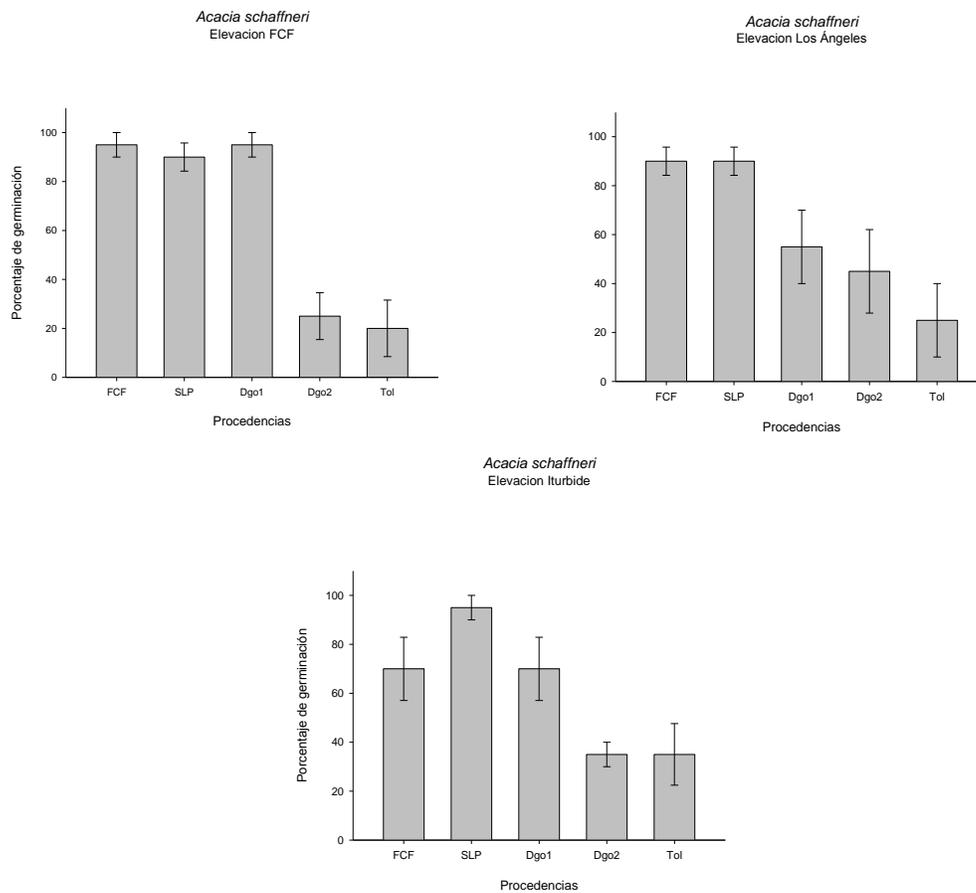


Figura 11. Porcentajes de germinación \pm error estándar en las elevaciones de cada procedencia de *A. schaffneri*.

GERMINACIÓN EN INCUBADORAS

A. farnesiana

Porcentajes de germinación.

La germinación fue mayor a las temperaturas intermedias (41°C y 43°C), que en las temperaturas inferiores (36°C y 38°C) y menor en las temperaturas más altas (46°C y 51°C) (F= 18.31, g.l.= 5, p = < 0.001 Figura 12). Los porcentajes de germinación fueron similares entre las procedencias con promedios de entre 77% y 88% (F= 1.32, g.l. = 6, p= 0.25). La interacción fue significativa (F= 1.67, g.l.= 30, p= 0.026) debido a que la germinación para las procedencias de 450m, Agua y Puebla fue menor.

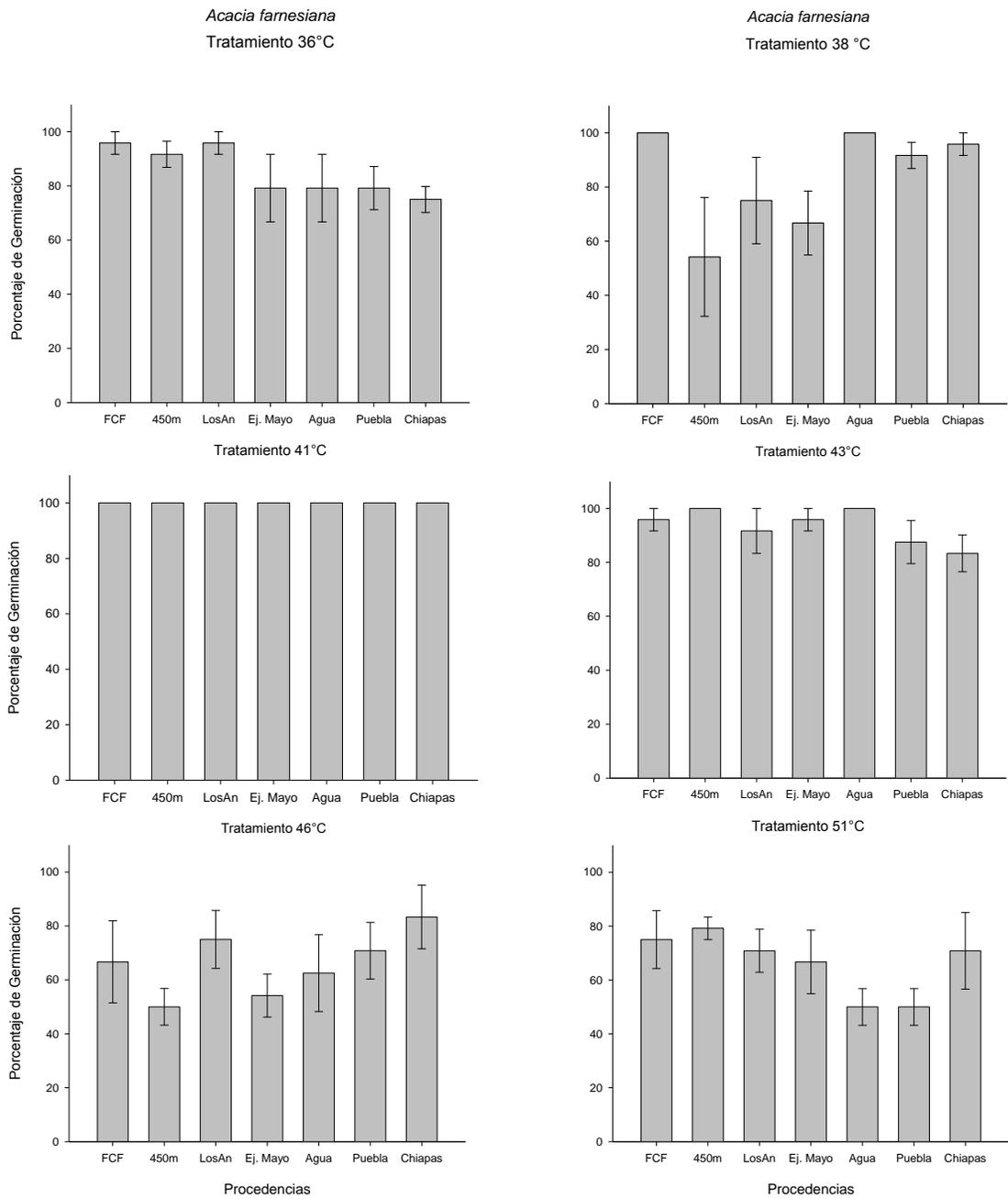


Figura 12. Porcentajes de germinación \pm error estándar de los tratamientos para cada procedencia de *A. farnesiana*.

Velocidad de germinación (t_{50}).

Las temperaturas en las cuales más pronto germinaron las semillas fueron las temperaturas medias (43°C seguida de 38°C y 41°C), y en las que más tardaron fueron las más altas (46°C y 51°C) ($F= 366.91$, g.l.= 5, $p= < 0.001$, Figura 13). La procedencia con

germinación más lenta fue Ej. Mayo (6 ± 0.55 días) y la más rápida FCF (5.3 ± 0.49 días) ($F=2.84$, g.l.= 6, $p= 0.01$). Las interacciones no fueron significativas ($F= 1.4$, g.l.= 30, $p= 0.1$) lo cual indica que las procedencias tuvieron un comportamiento similar ante las diferentes temperaturas.

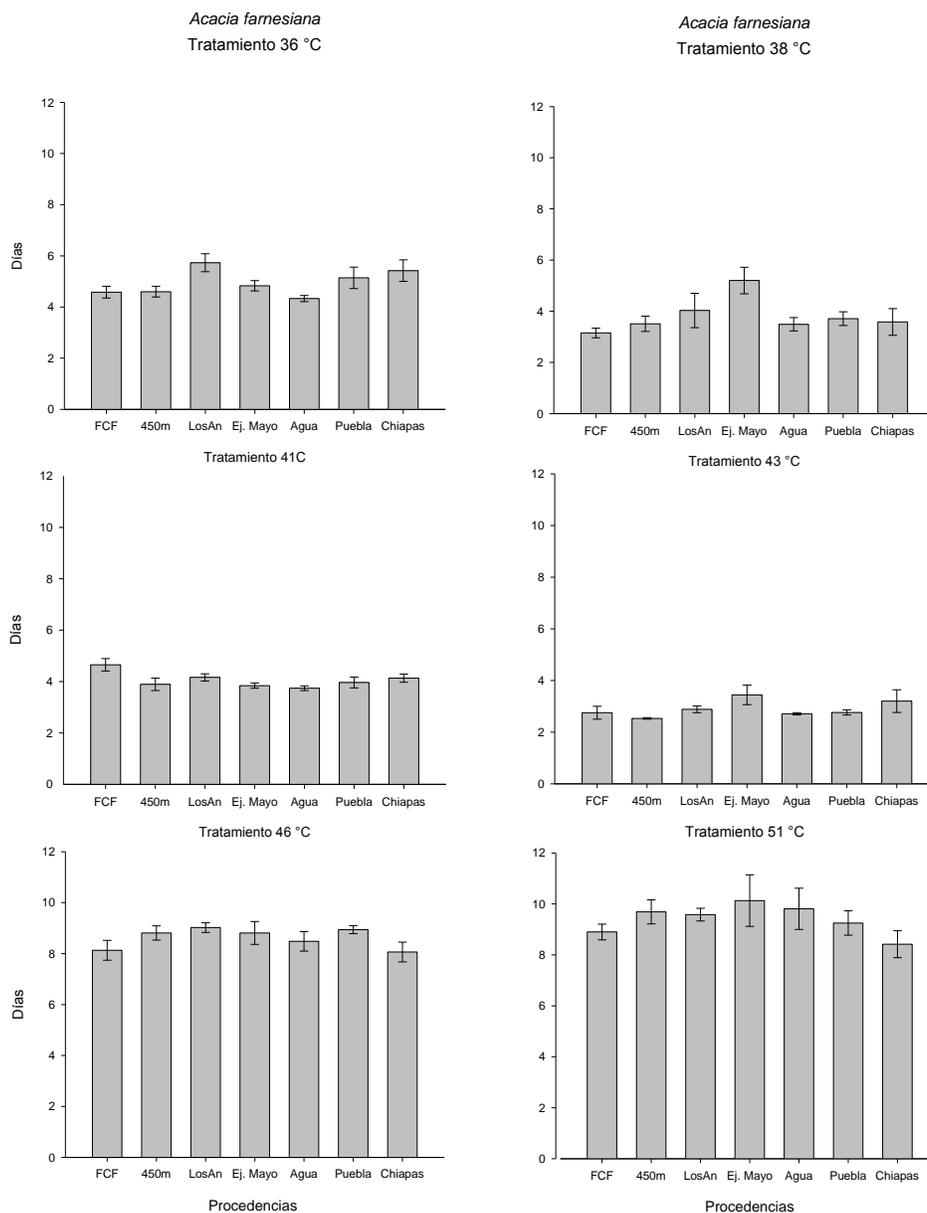


Figura 13. Velocidad de germinación \pm error estándar de los tratamientos para cada procedencia de *A. farnesiana*.

A. schaffneri

Porcentajes de germinación.

La germinación fue mayor en las temperaturas a 41°C con porcentajes de 91%, mientras que en el resto de las temperaturas la germinación fue inferior a 65%, a la temperatura 51°C se obtuvo la germinación más baja con un 34% ($F= 14.06$, g.l.= 5, $p= <0.001$, Figura 14). La germinación de todas las procedencias fue similar obteniendo valores de entre 57% y 62% ($F= 0.49$, g.l.= 2, $p= 0.6$). La interacción fue significativa ($F= 4.59$, g.l.= 10, $p= < 0.001$) pues la procedencia de FCF se comportó de manera diferente a las otras procedencias en la mayoría de las temperaturas.

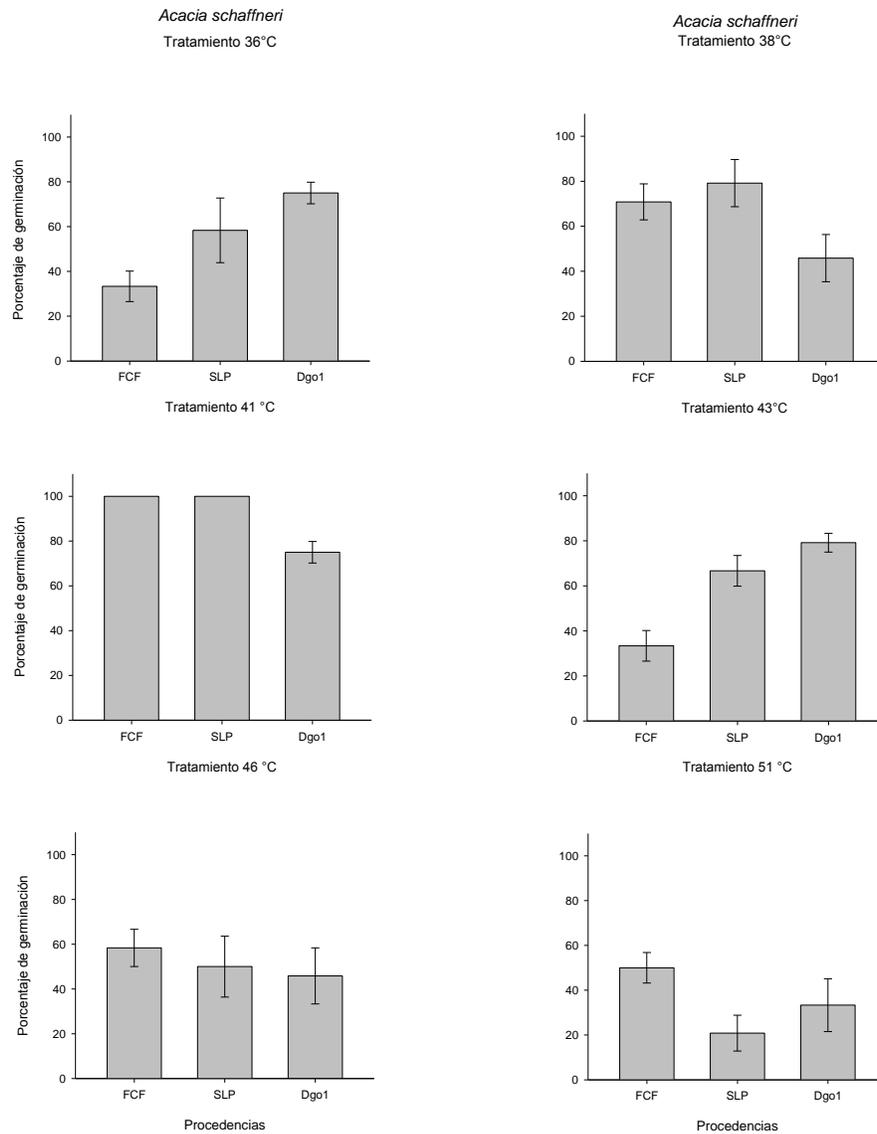


Figura 14. Porcentaje de germinación \pm error estándar de los tratamientos para cada procedencia de *A. schaffneri*

Velocidad de germinación (t_{50}).

Las semillas tardaron alrededor de 4 días más en germinar a temperaturas altas que a temperaturas intermedias, las semillas germinaron más pronto a 38°C ($F= 32.5$, g.l.= 5, $p=<0.001$, Figura 45). Las velocidades fueron iguales entre las procedencias, con medias de 5

días ($F= 1.24$, g.l.= 2, $p= 0.29$). Las interacciones no fueron significativas ($F= 1.83$, g.l.= 10, $p= 0.07$).

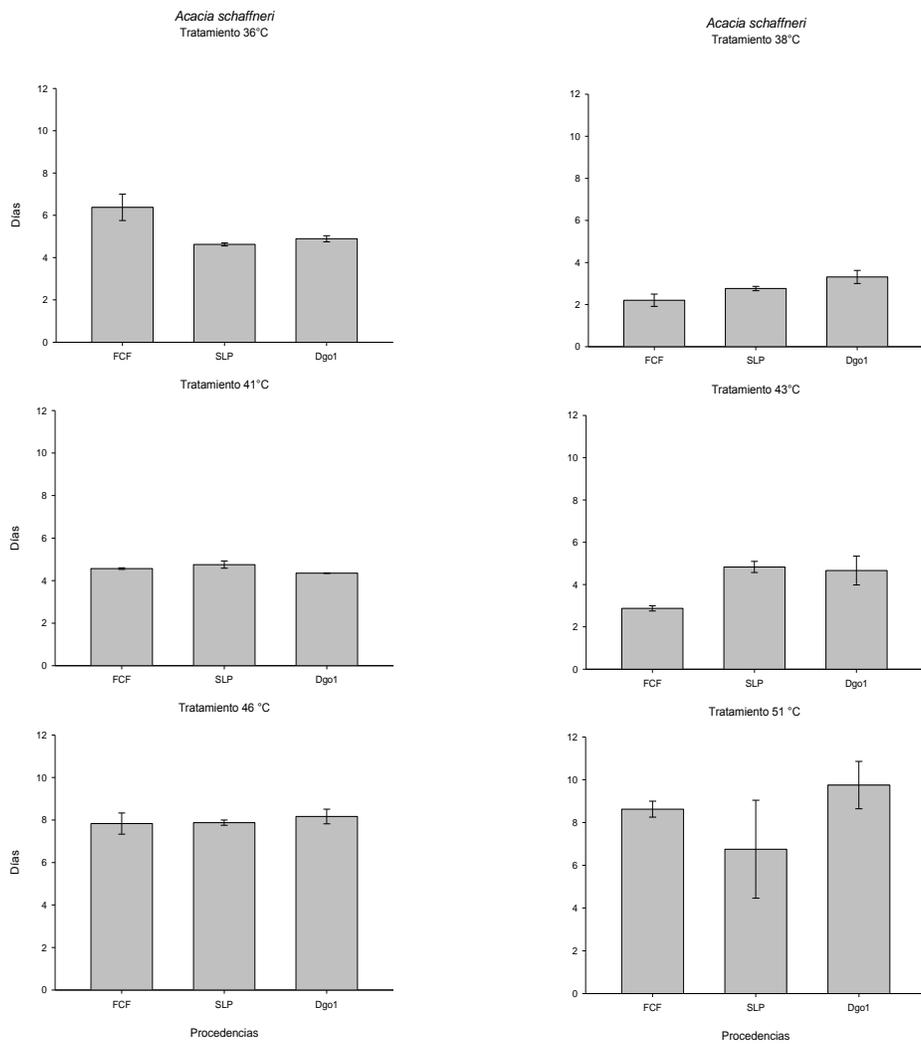


Figura 15. Velocidad de germinación \pm error estándar de los tratamientos para cada procedencia de *A. schaffneri*.

CRECIMIENTO INICIAL DE PLÁNTULAS

A. *farnesiana*

Las longitudes de los tallos fueron más grandes que las raíces, las procedencias fueron semejantes ($F = 0.19$, g.l. = 6, $p = 0.97$, Figura 18). La elevación de Iturbide tuvo los valores más bajos debido a una menor longitud de los tallos, mientras que la elevación FCF fue la más larga ($F = 81.66$, g.l. = 2, $p < 0.001$). La interacción no fue significativa ($F = 0.76$, g.l. = 12, $p = 0.67$), las procedencias se comportan de manera similar en las elevaciones.

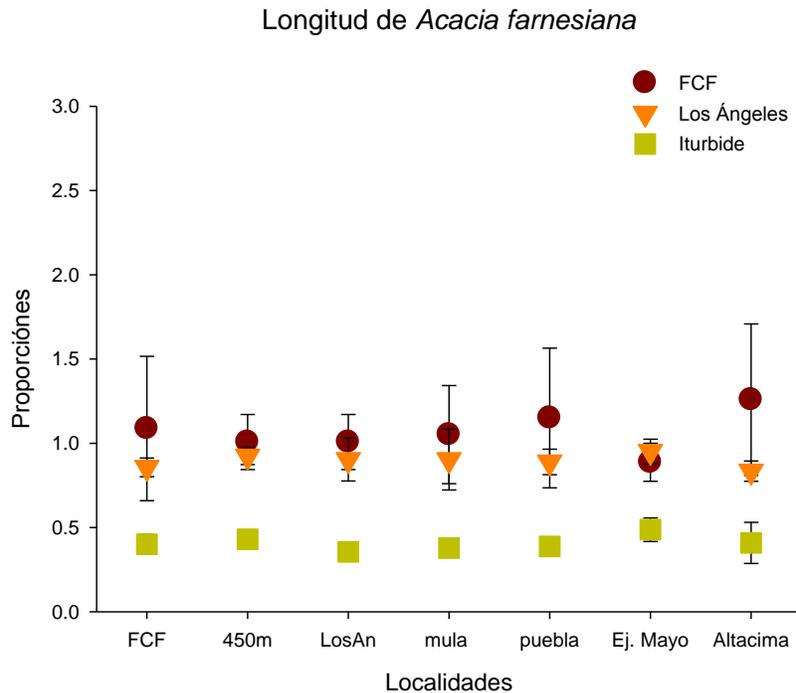


Figura 16. Comparación de las proporciones de tallo/raíz de la longitud de las plántulas de *Acacia farnesiana* para las diferentes procedencias. Los datos positivos representan una mayor longitud o peso de los tallos, mientras que los valores negativos representan una mayor longitud o peso de las raíces.

Los pesos de tallo en todas las procedencias fue más largo No se encontraron diferencias de peso entre las procedencias ($F = 0.53$, g.l. = 6, $p = 0.78$). El peso de tallo en la elevación de Iturbide fue ($F = 56.62$, g.l. = 2, $p < 0.001$, Figura 19). Las interacciones no

fueron significativas ($F = 0.55$, g.l. = 2, $p = 0.86$), todas las procedencias se comportaron de manera similar.

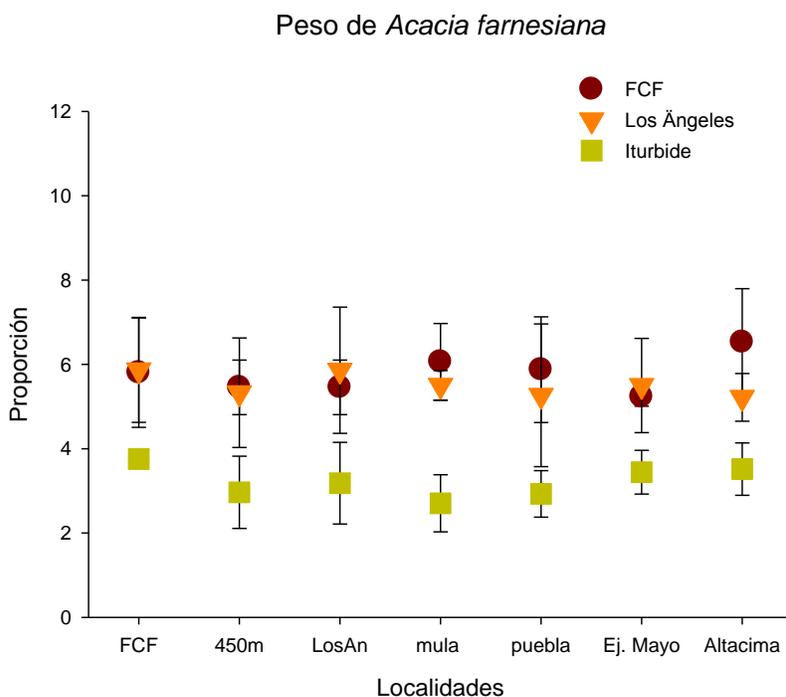


Figura 17. Comparación de las proporciones de Tallo/Raíz del peso de las plántulas de *Acacia farnesiana* entre las procedencias.

A. schaffneri

El largo de tallo en todas las procedencias fue considerablemente mayor que la raíz, la procedencia de Dgo2 fue la mayor (media = 1.1) mientras que la procedencia de Toluca fue la menor con 0.48 ($F = 3.99$, g.l. = 4, $p = 0.007$, Figura 16). El largo del tallo en la elevación de Iturbide estuvo por debajo de las otras elevaciones ($F = 13.66$, g.l. = 2, $p < 0.001$). La interacción no fue significativa ($F = 1.15$, g.l. = 8, $p = 0.34$) el comportamiento de las procedencias fue similar en las diferentes elevaciones.

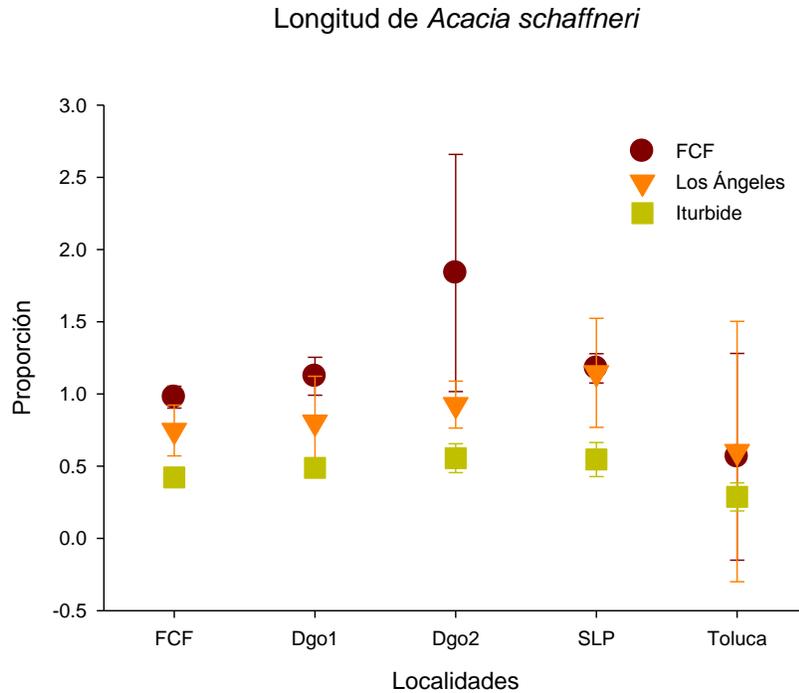


Figura 18. Comparación para *Acacia schaffneri* de las proporciones de tallo/raíz de la longitud de las plántulas entre las procedencias.

En todas las procedencias el peso del tallo es mayor al de la raíz, la procedencia de Dgo2 fue la más pesada (7.15 proporción) mientras que Toluca tuvo la menor (3.01 proporción) ($F = 8.69$, g.l. = 4, $p < 0.001$, Figura 17). No se encuentran diferencias entre las elevaciones, éstas tienen proporciones de entre 4.4 y 5.76 ($F = 2.81$, g.l. = 2, $p = 0.07$). La interacción no fue significativa ($F = 1.21$, g. l. = 8, $p = 0.31$) las procedencias se comportan de manera similar en las diferentes elevaciones.

Peso de *Acacia schaffneri*

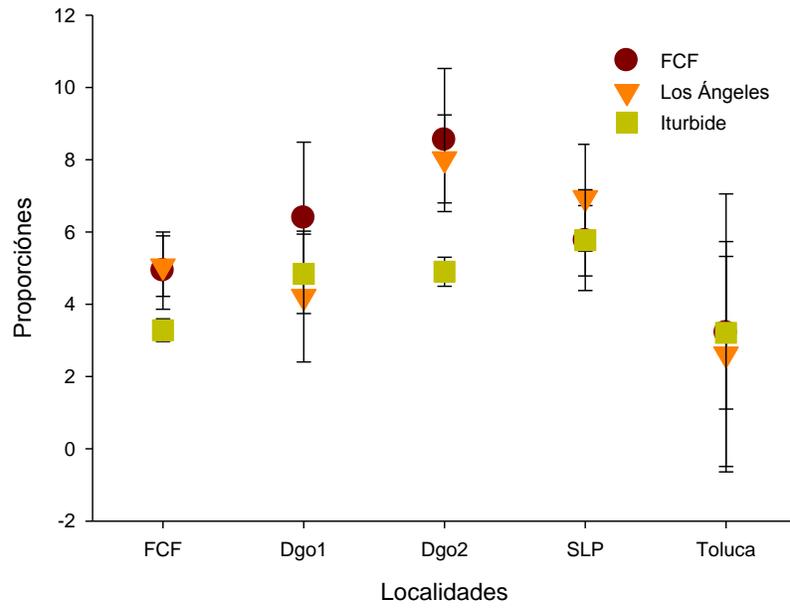


Figura 19. Comparación de las proporciones de tallo/raíz del peso de las plántulas de *Acacia schaffneri* entre las procedencias.

DISCUSIÓN

Se ha determinado que el tamaño de las semillas puede influir en los porcentajes de germinación, velocidad y tamaño de las plántulas (Leishman *et al.*, 2000; Vásquez *et al.*, 2011; Fenner y Thompson, 2005; Leck *et al.*, 2008). Lo anterior contrasta con los resultados obtenidos en este estudio, pues las semillas más pequeñas (de la procedencia FCF) de *A. schaffneri* germinaron igual que las semillas más grandes (del resto de las procedencias), y en *A. farnesiana* tampoco se encontró diferencia entre las procedencias. Lo anterior coincide con los resultados de Arteaga (2007) obtenidos para *A. farnesiana*. Tampoco se encontraron diferencias en el peso de las plántulas a 30 días de germinadas.

Las semillas que fueron colectadas en sitios con menores precipitaciones resultaron más grandes y pesadas, coincidiendo con los resultados de Westboy (1992) quien afirma que en zonas más secas las semillas son más grandes.

Semillas sembradas a menor elevación obtuvieron igual porcentaje de germinación en ambas especies que aquellas sembradas a mayores elevaciones. Nogales y colaboradores (2008) obtuvieron resultados diferentes, en los cuales la capacidad germinativa disminuye a mayores elevaciones. No todas las semillas responden de la misma manera a las altas temperaturas (Fenner y Thompson, 2005).

A pesar de encontrarse a solo 20 km de distancia, las procedencias de Dgo1 y Dgo2 presentaron porcentajes de germinación diferentes, de 95% y 45% respectivamente como máximas. Es posible que esta última presente algún tipo de dormancia causada por las condiciones locales bajo las cuales las semillas maduraron. La germinación de semillas con diferentes capacidades de germinación de una planta madre tiene una ventaja ecológica importante, especialmente en hábitats extremos (Fenner, 2000).

Las semillas colectadas a mayores elevaciones presentaron porcentajes de germinación más bajos y una menor velocidad de germinación en ambas especies. Contrario a lo

encontrado por Vera (1997) con mayores porcentajes y crecimiento para aquellas semillas colectadas a mayores elevaciones.

Silva *et al.*, (2004) encontraron una menor germinación y velocidad de germinación a mayores temperaturas, con tratamientos de temperaturas fluctuantes, ocurriendo lo mismo para los tratamientos de temperaturas 46°C y 51°C realizados en este estudio. Otros autores no encontraron diferencia al aumentar las temperaturas (Albuquerque *et al.*, 1998; Martins *et al.*, 2008; Neto *et al.*, 2003). Demuner (2008) y Dutra (2007) encontraron un mayor porcentaje de germinación para diferentes especies, mostrándose un comportamiento similar con los datos de este estudio a temperaturas 41°C y 43°C.

Pérez *et al.* 2011 encontraron que las semillas de *A. schaffneri* sometidas a mayores temperaturas obtuvieron valores más altos en germinación, incluso que los tratamientos control, pero un mayor tiempo de germinación, contrario a los datos de este trabajo que muestra una mayor velocidad de germinación a mayores temperaturas.

Un retraso en la germinación de 3 días puede disminuir la oportunidad de establecimiento de las plántulas en un escenario de cambio climático (Pérez-Sánchez *et al.*, 2011). Con lo anterior la oportunidad de establecimiento de las plántulas en este trabajo es menor a 46°C y 51°C para ambas especies, en los cuales hay una diferencia de tiempo de germinación de 3 y hasta 8 días con respecto a las temperaturas medias, por lo que se asume una probabilidad de establecimiento muy baja.

Plántulas con raíces más largas tienen la capacidad de obtener líquidos de mayores profundidades en el suelo (Jurado y Westoby, 1992), coincidiendo con lo anterior la elevación de Iturbide presenta una mayor proporción de raíz, sin embargo la razón por la cual se tenga tal proporción es por la falta de crecimiento del tallo y no por una elongación del sistema radicular. No se encontraron diferencias en las comparaciones de las raíces entre las elevaciones, pero sí en los tallos presentando menores longitudes en la elevación de Iturbide, en las comparaciones de los pesos de estas mismas no hubo diferencias entre tratamientos.

Diversos estudios demuestran que el crecimiento de las plantas en menores elevaciones es mayor (Viveros y Viveros, 2009), estos datos coinciden con los de este trabajo, no se encontró diferencia entre las procedencias pero sí se mostró un menor crecimiento en la mayor elevación.

CONCLUSIONES

En los tamaños de semillas y vainas de ambas especies se presentaron diferencias para la mayoría de las procedencias, los largos de vainas no presentaron diferencias pero si en los pesos para *A. schaffneri*, para *A. farnesiana* las procedencias de mayores elevaciones presentan mayores pesos y largos.

No se encuentra una relación entre el tamaño de las semillas y los porcentajes y velocidad de germinación y crecimiento inicial

Semillas provenientes de climas con bajas precipitaciones tienden a ser más grandes y pesadas que aquellas colectadas en áreas con mayores precipitaciones en la mayoría de los casos.

La germinación de *Acacia farnesiana* no cumple la hipótesis establecida, en la cual semillas de procedencias de elevaciones altas puesta a germinar a una menor elevación tienen mayor o igual porcentaje de germinación que aquellas de elevaciones inferiores, ya que no hubo diferencias significativas entre las elevaciones. Para *A. schaffneri* tampoco se cumplió con lo establecido ya que las procedencias de mayores elevaciones presentaron menores porcentajes de germinación y tampoco hay diferencias entre tratamientos.

Semillas puestas a germinar a temperaturas intermedias (41°C y 43°C) presentaron un mayor porcentaje de germinación y un menor tiempo en germinar, cumpliéndose con la hipótesis establecida. Mientras que las semillas puestas a germinar a elevadas temperaturas (46°C y 51°C) fueron las que más tardaron en hacerlo y las que menor porcentaje de germinación tuvieron, esto para ambas especies.

El crecimiento inicial de las raíces fue similar en las tres elevaciones para ambas especies, mientras que en los tallos se tuvo un menor crecimiento de los mismos a mayores elevaciones. Las procedencias de mayor elevación de *A. schaffneri* mostraron

menor crecimiento de tallo en las tres elevaciones, mientras que *A. farnesiana* no presento diferencias.

LITERATURA CITADA

- Albuquerque**, M. D. F., Rodríguez, T. J. D., Minohara, L., Tebaldi, N. D., & Silva, L. D. M. 1998. Influência da temperatura e do substrato na germinação de sementes de saguaraji (*Colubrina glandulosa* Perk.-Rhamnaceae). *Revista Brasileira de Sementes*, 20(2), 346-349.
- Arévalo**, J.R., Afonso, L., Naranjo, A., Salas, M., 2010. Invasion of the Gran Canaria ravines ecosystems (Canary Islands) by the exotic species *Acacia farnesiana*. *Plant Ecology* 206, 185-193.
- Arteaga**, L. L., 2007. El tamaño de las semillas de *Vismia glaziovii* Ruhl. (Guttifera) y su relación con la velocidad de germinación y tamaño de la plántula. *Rev. peru. Biol.* 14(1): 017-020.
- ASU**. (Arizona State University, Publicaciones) *Vachellia farnesiana*. <http://www.public.asu.edu/~camartin/plants/Plant%20html%20files/vachelliafarnesiana.html>. Fecha de consulta Enero 2013.
- Baskin**, C. C., y J. M., Baskin. 2001. Ecology, Biogeography and Evolution of Dormancy and Germination. *Academic Press. San Diego*. 667p.
- Benech-Arnold**, R. L., y R. A. Sanchez (eds.). 2004. Handbook of seed physiology: Applications to agriculture. New York: Food Products Press, Haworth Reference Press.
- CONAGUA**, 2011. Estación Iturbide; Estación La Iaja, Hualahuises; Estación Cabezones; Estación Camacho, Linares.
- <http://smn.cna.bob.mx/climatologia/normales/estacion/catalogos.html>
- Cordazzo**, C. V. 2002. Effect of seed mass on germination and growth in three dominant species in southern Brazilian coastal dunes. *Braz. J. Bot.* 62: 427-435.
- Demuner**, V. G., Adami, C., Mauri, J., Dalcolmo, S., & Hebling, S. A. (2008). Influência da luz e da temperatura na germinação de sementes de *Erythrina verna* (Leguminosae, Papilionoideae). *Museu de Biologia Professor Mello Leitão*, (24), 101-110.
- Dutra**, A. S., & Diniz, F. O. 2008. Dormência, substrato e temperatura para germinação de sementes de albízia (*Albizia lebeck* (L.)). *Revista Ciência Agronômica*, 38(3), 291-296.

- Fenner**, M. y Kitajima, K. (2000) Ecology of seedling regeneration. *Seeds: the Ecology of Regeneration in Plant Communities* (ed. M. Fenner), pp. 331–359. CABI Publishing, Wallingford.
- Fenner**, M. y K. Thompson. 2005. *The Ecology of Seeds*. Cambridge, U.K.: Cambridge University Press. 250 p.
- Flores**, J. y Jurado E. 1998. Germination and early growth traits of 14 plants species native to northern Mexico. *Southwestern Naturalist* 43:40-46.
- García-Hernández** J., E. Jurado. 2008. Caracterización del matorral con condiciones prístinas en Linares N. L., México. *Ra Ximhai*. 1-21
- García-Pérez** J. F. 2006. Influencia de altitud en germinación de semillas y establecimiento de plántulas de matorral en el Noreste de México. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias Naturales, UANL.
- García-Winder**, L.R., S. Goñi-Sedeño, P. A. Olguín-Lara, G. Díaz-Salgado y C. M. Arriaga-Jordán. 2009. Huizache (*Acacia farnesiana*) whole pods (flesh and seeds) as an alternative feed for sheep in México. *Trop Anim Health Prod*. 41:1615-1621.
- González**, E. M., E. Jurado, E. S. González, C. O. Aguirre, P. J. Jiménez y J. Navar. 2003. Cambio climático mundial: origen y consecuencias. *Ciencia UANL*. VOL. VI, No. 3.
- Grabherr**, G., M. Gotffried, H. Paull. 1994. Climate effects on mountain plants. *Nature* 369, 448.
- Gutiérrez** G. M. 2002. Comparación de los métodos en la estimación de erosión hídrica. Tesis de (Lic.) Facultad de Ciencias Forestales, UANL.
- Haeberli**, W., M. Hoelzle, F. Paul, M. Zemp. 2007. Integrated monitoring of mountain glaciers as key indicator of global climate change: the European Alps. *Annals of Glaciology*, 46,150-160.
- Harper**, J. L., 1978. *Population biology of plants*. London: Academic press.
- Holtmeier** F. K. y G. Broll. 2005. Sensitivity and response of northern hemisphere altitudinal and polar treelines to environmental change at landscape and local scales. *Global Ecol. Biogeogr.* 14, 395 – 410.
- INEGI**, mapa digital en línea. <http://gaia.inegi.org.mx/mdm5/viewer.html>. Fecha de consulta Enero 2012.

- IPCC 2001:** Climatic change 2001, the scientific basis. Contribution of working group 1 to the third assessment report of the intergovernmental panel on climate change (Houghton, J. T. et al.) Cambridge university press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 881p.
- IT IS,** 2011. (Integrated Taxonomic Information System). *Vachellia schaffneri* (S. Watson) Seigler & Ebinger.
http://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=81995
 1. Fecha de consulta Abril 2013.
- Jurado,** E. y Westoby, M. 1992. Seedling growth in relation to seed size among species of arid Australia. *Journal of Ecology*. 80, 407-416.
- Leck,** M., V. T. Parker, and R. Simpson, editors. 2008. Seedling ecology and evolution. Cambridge University Press, United Kingdom
- Leishman,** M. R., I. J. Wright, A. T. Moles y M. Westboy. 2000. The evolutionary ecology of seed size. En: M. Fenner, ed. Seeds: The Ecology of Regeneration in Plant Communities, 2nd edition CAB International, Redwood Press, Melksham. 31-57
- Mann,** M.E., R.S. Bradley, y M.K. Hughes. 1998. Global-Scale temperature patterns and climate forcing over the past six centuries. *Nature*, 392, pp.779-787.
- Martínez-Pérez,** G., A. Orozco-Segovia, y C. Martorell. 2006. Efectividad de algunos tratamientos pre-germinativos para ocho especies leñosas de la Mixteca Alta Oaxaqueña con características relevantes para la restauración. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 79: 9-20.
- Martins,** C. C., Machado, C. G., & Nakagawa, J. (2008). Temperature and substrate for germination test of *stryphnodendron adstringens* (Mart) Coville (Leguminosae). *Revista Árvore*, 32(4), 633-639.
- McNeill,** J. y Turland N. 2005. Synopsis of Proposals Botanical Nomenclature – Vienna 2005. A review of the proposals concerning the International of Botanic Nomenclature submitted to the XVII International Botanical Congress. *Taxon* 54 (1) 215 – 250.
- Meehl,** G.A., T.F. Stocker, W.D. Collins, P. Friedlingstein, A.T. Gaye, J.M. Gregory, A. Kitoh, R. Knutti, J.M. Murphy, A. Noda, S.C.B. Raper, I.W. Watterson, A.J. Weaver, and Z.-C. Zhao, 2007: Global climate projections. In: Climatic change 2007: The physical science basis. Contribution of working group I to the fourth assessment report of

the intergovernmental panel on climatic change. (Solomon S. *et al.* Cambridge university press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

- Neto**, J. C. A., Aguiar, I. B., & Ferreira, V. M. (2003). Efeito da temperatura e da luz na germinação de sementes de *Acacia polyphylla* DC. *Revista Brasil. Bot*, 26(2), 249-256.
- Nogales**, M., Padrón, B., Padilla, D. P., Nieves, C., y Marrero, P. 2009. Germination patterns throughout an insular altitudinal gradient: The case of the Macaronesian endemic plant *Rubia fruticosa* Ait.(Rubiaceae) in El Hierro (Canary Islands). *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 204(7), 543-548.
- Núñez**, M. R. y Calvo, R. 2000. Effect of high temperatures on seed germination of *Pinus silvestris* and *Pinus halepensis*. *Forest Ecology and Management*. 131: 183-190.
- Ooi**, M.K.J., Auld, T.D., Denham, A.J. 2009. Climate change and bet-hedging: interactions between increased soil temperatures and seed bank persistence. *Global Change Biology*, 15, 2375-2386.
- Parrotta**, J. A. 1992. *Acacia farnesiana* (L.) Wild. Aroma. Huizache. SO.ITF-SM-49. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, southern Forest Experiments Station. 6p.
- Pérez-Sánchez** R M, E Jurado, L Chapa-Vargas, J Flores. 2011. Seed germination of Southern Chihuahuan Desert plants in response to elevated temperatures. *J. Arid Environ.* 75:978-980.
- Pérez**, J., O. A. Calderón, E. Estrada, J. Flores, J. Jiménez, E. Jurado. 2007. Germinación y establecimiento de plantas nativas del matorral tamaulipeco y una especie introducida en un gradiente de elevación. *Madera y bosque*. 13(1): 99-117.
- Quiroz-Rodríguez**, L., Arce-Portugués, J. A. 1997. Influencia del tamaño de la semilla en la germinación y crecimiento inicial de plántulas de encino (*Quercus costaricensis* Liebmann). *Boletín Mejoramiento Genético y Semillas Forestales*. 18; 8-13.
- Rico-Arce**, M. L. 2001. El género acacia (Leguminosae, Mimosoideae) en el estado de Oaxaca, México. *Anales del Jardín Botánico de Madrid*. (Vol. 58, No. 2, pp. 251-302).
- Root**, T. L., J. T. Price, K. R. Hall, S. H. Schneider, C. Rosenzweig & J. A. Pounds. 2003. Fingerprints of global warming on wild animals and plants. *Nature*. 421, 57-60.

- Rosenzweig, C., G. Casassa, D.J. Karoly, A. Imeson, C. Liu, A. Menzel, S. Rawlins, T.L. Root, B. Seguin, P. Tryjanowski, 2007:** Assessment of observed changes and responses on natural and management systems: Climatic change 2007, Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of working group II to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University press, Cambridge U.K. 79-131.
- Rzedowski, J. y G. Calderón de Rzedowski (Eds.). 1991-2003.** Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes. Instituto de Ecología, A.C. Centro Regional del Bajío, Michoacán. 118 fascículos
- Savage, M.,P. M. Brown, and J. Feddema, 1996:** The role of climate in a pine forest regeneration pulse in the southwestern United States. *Ecoscience*, **3**, 310–318.
- Shiyin, L., D. Yongjian, S. Donghui, Z. Yong, L. Jing, H. Haidong, W. Jian, X. Changwei. 2006.** Glacier retreat as a result of climate warming and increased precipitation in the Tarim river basin, northwest China. *Annals of Glaciology*, **43** (1), 91-96(6).
- Seigler, D. S., J. Ebinger. 2005.** New combinations in the genus *Vachellia* (Fabace: *Mimosoideae*) from the new world. *Phytologia* **87** (3): 139-178.
- Silva, L. M. M.; AGUIAR, I. B. 2004.** Efeito dos substratos e temperaturas na germinação de sementes de *Cnidoscopus phyllacanthus* Pax & K. Hoffm. (faveleira). *Revista Brasileira de Sementes*, v. 26, n. 1, p. 9-14.
- Smith, K.W., M.J. Germino, D.M. Johnson, K. Reinhardt. 2009.** The altitude of alpine treeline: a bellwether of climatic change effects. *Bot. Rev.* **75**, 163-190.
- Tenorio-Galindo, G., D. A. Rodríguez-Trejo y G. López-Ríos. 2008.** Efecto del tamaño y color de la semilla en la germinación de *Cecropia obtusifolia* Bertol (Cecropiaceae). *Agrociencia*. **42**, 585-593.
- Valiente-Banuet, A., A. Casas, A. Alcántara, P. Dávila, N. Flores-Hernández, J. L. Villaseñor, et al. 2000.** La vegetación del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. *Bol. Soc. Bot. Méx.*, **67**, 25-74.
- Vázquez Díaz, Erasmo, García Nava, J. Rodolfo, Peña Valdivia, Cecilia B., Ramírez Tobías, Hugo M., & Morales Ramos, Victorino. (2011).** Tamaño de la semilla, emergencia y

desarrollo de la plántula de maguey (*Agave salmiana* Otto ex Salm-Dyck). *Revista fitotecnia mexicana*, 34(3), 167-173

Vera ML. 1997. Effects of altitude and seed size on germination and seedling survival of heathland plants in north Spain. *Plant Ecol.*, 133:101–106.

Viveros-Viveros, H. Sáenz-Romero, C., Vargas-Hernández, J.J., López-Upton, J., Ramírez-Valverde, G. y Santacruz-Varela, A. 2009. Altitudinal genetic variation in *Pinus hartwegii* Lindl. I. : height growth, shoot phenology, and frost damage in seedlings. *Forest Ecology and Management* 257, 836-842.

Watson R.T., H. Rodhe, H. Oeschger, U. Siegenthaler (1991). Green house gases and aerosols. In: Houghton J. T. et al. Climatic Change, the IPCC scientific assessment, Cambridge University press, Cambridge, 1-40.

NWCC , (National Water and Climate Center) sitio 2016. <http://www.wcc.nrcs.usda.gov/nwcc/site?sitenum=2016&state=tx>. Fecha de consulta Diciembre de 2011.

Westoby, M., Jurado, E. y Leishman, M. R. 1992. Comparative evolutionary ecology of seed size. *Trends in Ecology and Evolution* 7, 368-372.

Westoby, M., Leishman M. R. y Lord, J. 1996. Comparative ecology of seed size and dispersal. *Pilosophical Transactions of the Royal Society*, London, Series B 351, 1309-1318.

ANEXOS

Tabla 2. Temperaturas del suelo reales ocurridas en el mes de Septiembre del 2011.

DIAS/ TEMPERATURA NORMAL															
<i>Hora</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
07:00	28.8	30.1	28.8	30.1	31.3	32.6	32.6	32.6	32.6	31.3	30.1	31.3	30.1	30.1	30.1
08:00	29.0	30.3	29.0	30.3	31.5	32.7	32.7	32.7	32.8	31.5	30.3	31.5	30.3	30.3	30.3
09:00	29.5	30.6	29.5	30.6	31.8	32.9	32.9	32.9	33.3	32.0	30.8	32.0	30.8	30.8	30.6
10:00	30.4	31.0	30.1	31.0	32.2	33.1	33.1	33.1	33.8	32.6	31.7	32.7	31.5	31.7	30.9
11:00	31.7	31.4	30.7	31.4	32.6	33.3	33.3	33.3	34.3	33.2	33.0	33.8	32.6	33.0	31.2
12:00	33.2	31.7	31.4	31.7	32.9	33.5	33.5	33.5	34.9	33.9	34.3	34.9	33.7	34.3	31.5
13:00	34.4	32.1	32.0	32.1	33.2	33.6	33.6	33.6	35.4	34.5	35.5	36.0	34.8	35.5	31.8
14:00	35.3	32.5	32.6	32.5	33.6	33.7	33.7	33.7	35.6	34.7	36.5	36.8	35.6	36.5	32.0
15:00	35.8	32.8	32.8	32.8	33.8	33.8	33.8	34.8	35.8	33.8	35.8	35.8	34.8	35.8	30.8
16:00	35.6	32.6	32.6	32.6	33.6	33.6	33.6	34.6	35.6	33.6	35.6	35.6	34.6	35.6	30.6
17:00	30.6	27.6	27.6	27.6	28.6	28.6	28.6	29.6	30.6	28.6	30.6	30.6	29.6	30.6	25.6

Tabla 3. Temperaturas del suelo reales más 2°C.

DIAS/ TEMPERATURA NORMAL +2															
<i>Hora</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
07:00	30.8	32.1	30.8	32.1	33.3	34.6	34.6	34.6	34.6	33.3	32.1	33.3	32.1	32.1	32.1
08:00	31.0	32.3	31.0	32.3	33.5	34.7	34.7	34.7	34.8	33.5	32.3	33.5	32.3	32.3	32.3
09:00	31.5	32.6	31.5	32.6	33.8	34.9	34.9	34.9	35.3	34.0	32.8	34.0	32.8	32.8	32.6
10:00	32.4	33.0	32.1	33.0	34.2	35.1	35.1	35.1	35.8	34.6	33.7	34.7	33.5	33.7	32.9
11:00	33.7	33.4	32.7	33.4	34.6	35.3	35.3	35.3	36.3	35.2	35.0	35.8	34.6	35.0	33.2
12:00	35.2	33.7	33.4	33.7	34.9	35.5	35.5	35.5	36.9	35.9	36.3	36.9	35.7	36.3	33.5
13:00	36.4	34.1	34.0	34.1	35.2	35.6	35.6	35.6	37.4	36.5	37.5	38.0	36.8	37.5	33.8
14:00	37.3	34.5	34.6	34.5	35.6	35.7	35.7	35.7	37.6	36.7	38.5	38.8	37.6	38.5	34.0
15:00	37.8	34.8	34.8	34.8	35.8	35.8	35.8	36.8	37.8	35.8	37.8	37.8	36.8	37.8	32.8
16:00	37.6	34.6	34.6	34.6	35.6	35.6	35.6	36.6	37.6	35.6	37.6	37.6	36.6	37.6	32.6
17:00	32.6	29.6	29.6	29.6	30.6	30.6	30.6	31.6	32.6	30.6	32.6	32.6	31.6	32.6	27.6

Tabla 4. Temperaturas del suelo reales mas 5°C.

DIAS/ TEMPERATURA NORMAL +5															
<i>Hora</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
07:00	33.8	35.1	33.8	35.1	36.3	37.6	37.6	37.6	37.6	36.3	35.1	36.3	35.1	35.1	35.1
08:00	34.0	35.3	34.0	35.3	36.5	37.7	37.7	37.7	37.8	36.5	35.3	36.5	35.3	35.3	35.3
09:00	34.5	35.6	34.5	35.6	36.8	37.9	37.9	37.9	38.3	37.0	35.8	37.0	35.8	35.8	35.6
10:00	35.4	36.0	35.1	36.0	37.2	38.1	38.1	38.1	38.8	37.6	36.7	37.7	36.5	36.7	35.9
11:00	36.7	36.4	35.7	36.4	37.6	38.3	38.3	38.3	39.3	38.2	38.0	38.8	37.6	38.0	36.2
12:00	38.2	36.7	36.4	36.7	37.9	38.5	38.5	38.5	39.9	38.9	39.3	39.9	38.7	39.3	36.5
13:00	39.4	37.1	37.0	37.1	38.2	38.6	38.6	38.6	40.4	39.5	40.5	41.0	39.8	40.5	36.8
14:00	40.3	37.5	37.6	37.5	38.6	38.7	38.7	38.7	40.6	39.7	41.5	41.8	40.6	41.5	37.0
15:00	40.8	37.8	37.8	37.8	38.8	38.8	38.8	39.8	40.8	38.8	40.8	40.8	39.8	40.8	35.8
16:00	40.6	37.6	37.6	37.6	38.6	38.6	38.6	39.6	40.6	38.6	40.6	40.6	39.6	40.6	35.6
17:00	35.6	32.6	32.6	32.6	33.6	33.6	33.6	34.6	35.6	33.6	35.6	35.6	34.6	35.6	30.6

Tabla 5. Temperaturas del suelo reales mas 7°C.

DIAS/ TEMPERATURA NORMAL +7															
Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
07:00	35.8	37.1	35.8	37.1	38.3	39.6	39.6	39.6	39.6	38.3	37.1	38.3	37.1	37.1	37.1
08:00	36.0	37.3	36.0	37.3	38.5	39.7	39.7	39.7	39.8	38.5	37.3	38.5	37.3	37.3	37.3
09:00	36.5	37.6	36.5	37.6	38.8	39.9	39.9	39.9	40.3	39.0	37.8	39.0	37.8	37.8	37.6
10:00	37.4	38.0	37.1	38.0	39.2	40.1	40.1	40.1	40.8	39.6	38.7	39.7	38.5	38.7	37.9
11:00	38.7	38.4	37.7	38.4	39.6	40.3	40.3	40.3	41.3	40.2	40.0	40.8	39.6	40.0	38.2
12:00	40.2	38.7	38.4	38.7	39.9	40.5	40.5	40.5	41.9	40.9	41.3	41.9	40.7	41.3	38.5
13:00	41.4	39.1	39.0	39.1	40.2	40.6	40.6	40.6	42.4	41.5	42.5	43.0	41.8	42.5	38.8
14:00	42.3	39.5	39.6	39.5	40.6	40.7	40.7	40.7	42.6	41.7	43.5	43.8	42.6	43.5	39.0
15:00	42.8	39.8	39.8	39.8	40.8	40.8	40.8	41.8	42.8	40.8	42.8	42.8	41.8	42.8	37.8
16:00	42.6	39.6	39.6	39.6	40.6	40.6	40.6	41.6	42.6	40.6	42.6	42.6	41.6	42.6	37.6
17:00	37.6	34.6	34.6	34.6	35.6	35.6	35.6	36.6	37.6	35.6	37.6	37.6	36.6	37.6	32.6

Tabla 6. Temperaturas del suelo reales mas 10°C.

DIAS/ TEMPERATURA NORMAL +10															
Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
07:00	38.8	40.1	38.8	40.1	41.3	42.6	42.6	42.6	42.6	41.3	40.1	41.3	40.1	40.1	40.1
08:00	39.0	40.3	39.0	40.3	41.5	42.7	42.7	42.7	42.8	41.5	40.3	41.5	40.3	40.3	40.3
09:00	39.5	40.6	39.5	40.6	41.8	42.9	42.9	42.9	43.3	42.0	40.8	42.0	40.8	40.8	40.6
10:00	40.4	41.0	40.1	41.0	42.2	43.1	43.1	43.1	43.8	42.6	41.7	42.7	41.5	41.7	40.9
11:00	41.7	41.4	40.7	41.4	42.6	43.3	43.3	43.3	44.3	43.2	43.0	43.8	42.6	43.0	41.2
12:00	43.2	41.7	41.4	41.7	42.9	43.5	43.5	43.5	44.9	43.9	44.3	44.9	43.7	44.3	41.5
13:00	44.4	42.1	42.0	42.1	43.2	43.6	43.6	43.6	45.4	44.5	45.5	46.0	44.8	45.5	41.8
14:00	45.3	42.5	42.6	42.5	43.6	43.7	43.7	43.7	45.6	44.7	46.5	46.8	45.6	46.5	42.0
15:00	45.8	42.8	42.8	42.8	43.8	43.8	43.8	44.8	45.8	43.8	45.8	45.8	44.8	45.8	40.8
16:00	45.6	42.6	42.6	42.6	43.6	43.6	43.6	44.6	45.6	43.6	45.6	45.6	44.6	45.6	40.6
17:00	40.6	37.6	37.6	37.6	38.6	38.6	38.6	39.6	40.6	38.6	40.6	40.6	39.6	40.6	35.6

Tabla 7. Temperaturas del suelo reales mas 15°C.

DIAS/ TEMPERATURA NORMAL +15															
Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
07:00	43.8	45.1	43.8	45.1	46.3	47.6	47.6	47.6	47.6	46.3	45.1	46.3	45.1	45.1	45.1
08:00	44.0	45.3	44.0	45.3	46.5	47.7	47.7	47.7	47.8	46.5	45.3	46.5	45.3	45.3	45.3
09:00	44.5	45.6	44.5	45.6	46.8	47.9	47.9	47.9	48.3	47.0	45.8	47.0	45.8	45.8	45.6
10:00	45.4	46.0	45.1	46.0	47.2	48.1	48.1	48.1	48.8	47.6	46.7	47.7	46.5	46.7	45.9
11:00	46.7	46.4	45.7	46.4	47.6	48.3	48.3	48.3	49.3	48.2	48.0	48.8	47.6	48.0	46.2
12:00	48.2	46.7	46.4	46.7	47.9	48.5	48.5	48.5	49.9	48.9	49.3	49.9	48.7	49.3	46.5
13:00	49.4	47.1	47.0	47.1	48.2	48.6	48.6	48.6	50.4	49.5	50.5	51.0	49.8	50.5	46.8
14:00	50.3	47.5	47.6	47.5	48.6	48.7	48.7	48.7	50.6	49.7	51.5	51.8	50.6	51.5	47.0
15:00	50.8	47.8	47.8	47.8	48.8	48.8	48.8	49.8	50.8	48.8	50.8	50.8	49.8	50.8	45.8
16:00	50.6	47.6	47.6	47.6	48.6	48.6	48.6	49.6	50.6	48.6	50.6	50.6	49.6	50.6	45.6
17:00	45.6	42.6	42.6	42.6	43.6	43.6	43.6	44.6	45.6	43.6	45.6	45.6	44.6	45.6	40.6