



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

Estudio de germinación en *Mimosa
pigra*, una especie potencialmente
invasora en Los Tuxtlas, Veracruz,
México.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGA

P R E S E N T A:

GRECIA SOFÍA MUNGUÍA HERNÁNDEZ

DIRECTOR DE TESIS:

DR. EDUARDO MORALES GUILLAUMIN



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2019



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

Hoja de datos del jurado

1. Datos del alumno
Munguía
Hernández
Grecia Sofía
0445510111610
Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ciencias
Biología
308273944
2. Datos del tutor
Dr
Eduardo
Morales
Guillaumin
3. Datos del sinodal 1
M en C
Alfredo
López Caamal
4. Datos del sinodal 2
Dra
Mariana
Rojas
Aréchiga
5. Datos del sinodal 3
M en C
Roberto
Márquez
Huitzil
6. Datos del sinodal 4
Biól
Irma
Acosta
Calixto
7. Datos del trabajo escrito
Estudio de germinación en *Mimosa pigra*, una especie potencialmente invasora en
Los Tuxtlas, Veracruz, México.
46 p
2019

A mi madre

Rosa María por el apoyo, amor, cuidado, comprensión, paciencia y demás cosas brindadas a lo largo de mi vida para poder llegar a esta etapa.

A mi hermana

Greta Laura por ser un gran pilar, consejera, cómplice y uno de los mejores ejemplos a seguir, no podría haber escogido a otra persona para estar conmigo durante toda mi vida.

A mi padre

Miguel Ángel por todos los consejos recibidos, el apoyo y el cariño brindado para poder convertirme en la persona que soy en estos momentos.

A mí

Por todo lo que significa terminar esta etapa en mi vida.

Agradecimientos

Mi sincero agradecimiento al Dr. Eduardo Morales Guillaumin, por aceptar realizar este proyecto conmigo, por los conocimientos transmitidos y la paciencia a lo largo de todo este tiempo de trabajo.

A la Dra. Mariana Rojas Aréchiga por apoyarme y guiarme en este proceso, por permitirme utilizar las instalaciones de su laboratorio, así como facilitarme material y equipo para los experimentos, por preocuparse y aceptar ser parte de mi jurado.

A los miembros de mi jurado, el M. en C. Roberto Márquez Huitzil, a la Biól. Irma Acosta Calixto y al M. en C. Alfredo López Caamal por aceptar ayudarme, darme el tiempo de apoyarme y estar presentes durante el proceso de mi titulación.

A la Biól. Irma Acosta Calixto por su apoyo técnico en el uso de la cámara ambiental utilizada en el desarrollo de este trabajo.

Al M. en C. Delfino Álvaro Campos Villanueva por ayudarme en la Estación de Los Tuxtlas en poder determinar con qué especie trabajar y proporcionarme información. De igual forma agradezco al señor Domingo Velazco por darme el tiempo de acompañarnos en campo para la colecta de semillas y a todos los trabajadores de la Estación Biológica de Los Tuxtlas por las condiciones idóneas durante mi estancia.

A mis amigas Rosina y Ana Frida por ser unas increíbles personas y acompañarme a lo largo de toda la carrera, gracias por todos los momentos inolvidables, que buenos o malos siempre tratamos de llevarlos lo más fácil posible, siempre estaré agradecida por haberlas encontrado y tenerlas en mi vida.

La presente tesis fue financiada por el Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT IN205012 e IN206515) y el Instituto de Ecología (IE).

Agradezco a la Dra. Ma. Graciela García Guzmán por todo el apoyo logístico para la realización del trabajo de campo en la Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas y en el laboratorio, que facilitó la realización de este trabajo.

Índice

Resumen

1. Introducción.....	1
2. Antecedentes	3
2.1. Especies invasoras, características generales y consecuencias ecológicas	3
2.1.1. Especies invasoras en México	5
2.2. Aspectos generales de la germinación de semillas	6
2.3. Germinación de semillas de especies invasoras	9
2.3.1. Germinación de semillas de especies del género <i>Mimosa</i>	10
2.4. <i>Mimosa pigra</i> como especie invasora	11
2.4.1. Estudios de germinación de semillas de <i>Mimosa pigra</i>	13
3. Objetivo general.....	14
3.1. Objetivos particulares.....	14
4. Hipótesis	15
5. Material y métodos.....	15
5.1. Especie de estudio.....	15
5.2. Sitio de estudio y recolecta	16
5.3. Experimentos de germinación	17
5.4. Caracterización morfológica	21
5.5. Análisis estadísticos.....	21
6. Resultados	22
6.1. Peso y tamaño de las semillas de <i>Mimosa pigra</i>	22
6.2. Respuesta fotoblástica de las semillas de <i>Mimosa pigra</i>	23
6.3. Efecto de dos tratamientos pregerminativos en las semillas de <i>Mimosa pigra</i>	24
6.4. Relación entre el peso y tamaño de las semillas de <i>Mimosa pigra</i> y el tiempo de inicio de germinación.....	26
6.5. Viabilidad de las semillas de <i>Mimosa pigra</i>	26
6.6. Crecimiento de las plántulas obtenidas de los tratamientos de escarificación mecánica ...	27
Discusión	27
Conclusiones.....	37
Literatura citada	38

Resumen

La presente tesis es un estudio sobre algunos aspectos de la germinación de *Mimosa pigra*; una especie con potencial invasor en la región de Los Tuxtlas, Veracruz. Esta región es importante debido a la gran biodiversidad que alberga. Sin embargo, a causa del cambio en el uso de suelo, este lugar resulta idóneo para el establecimiento de plantas invasoras. *Mimosa pigra* es una especie invasora en otros sitios como África, Asia y Australia. Los aspectos de germinación abordados en esta tesis fueron: el tipo de fotoblastismo que presentan las semillas, el efecto de tratamientos pre-germinativos (remojo en agua y escarificación mecánica), el tamaño y el peso de las semillas, la viabilidad de las semillas, el crecimiento posterior a la germinación y la producción de semillas en el tiempo. Se obtuvo que: a) las semillas son fotoblásticas indiferentes, b) no existe un tratamiento pre-germinativo más eficaz que otro, c) el tamaño y peso de las semillas no influye en el tiempo que éstas tardan en germinar, d) el crecimiento posterior a la germinación no se ve afectado por ningún tratamiento pre-germinativo y e) las semillas colectadas en diferentes meses presentan las mismas capacidades germinativas, así como viabilidades similares. Por lo antes mencionado se concluye que *Mimosa pigra* es una especie que presenta atributos en la germinación que le confieren cierta capacidad para comportarse como una posible especie invasora en la región de los Tuxtlas, Veracruz.

1. Introducción

La Sierra de Los Tuxtlas, ubicada en el estado de Veracruz, México, presenta un ecosistema predominante de selva alta perennifolia en las zonas de baja elevación (Dirzo *et al.*, 1997). Dentro de esta región se encuentra la Estación Biológica Tropical de Los Tuxtlas establecida por la UNAM, la cual funciona como centro educativo y de investigación (Dirzo *et al.*, 1997). La expansión de la ganadería ha transformado el paisaje de la Sierra originando un mosaico de campos de cultivo, potreros, remanentes de selva y matorrales (Guevara *et al.*, 1997). Los potreros ubicados en los alrededores de la Estación Biológica de los Tuxtlas, UNAM presentan comunidades vegetales con alta riqueza que varían en su composición de acuerdo con el tipo e intensidad de manejo del sitio (Lira-Noriega *et al.*, 2007).

La región de Los Tuxtlas se considera de gran valor ecológico. Sin embargo, también es una de las áreas naturales más amenazadas por el cambio en el uso de suelo para actividades agrícolas y ganaderas (Dirzo y García, 1992). Lo anterior tiene como consecuencia una reducción de más del 80% en su cubierta forestal (Challenger *et al.*, 2009) provocando la pérdida de biodiversidad y una alteración en la composición y diversidad de las plantas y animales (Herrerías y Benítez-Malvido, 2005).

Guevara *et al.* (1997) indican que el cambio de uso de suelo en la región de Los Tuxtlas, da inicio en el siglo XVI, siendo la ganadería y la producción azucarera un factor importante para este proceso. En la década de los 20, la ganadería se expandió por la región y para finales de los años 40 había numerosos tipos de ganado, para lo cual se tuvieron que introducir nuevos tipos de forraje, lo que incrementó una demanda en el cambio de uso de suelo. Durante la década de los 50 se dio una expansión de la ganadería en la región de Los Tuxtlas, incrementando dramáticamente en las últimas tres décadas, debido a que se transforma en una actividad primaria. En los alrededores de la Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas, los predios tienen entre uno y 40 años de haber sido abiertos (tumba de la selva), aunque el promedio está por arriba de los 20 años.

El cambio en el uso de suelo trae consigo, además de la reducción en la extensión de la vegetación original, un cambio marcado en la configuración espacial del paisaje, de manera que la vegetación remanente queda constituida por una serie de fragmentos más o menos aislados, inmersos en una matriz de terrenos antrópicos, a lo cual se le conoce como fragmentación (Challenger *et al.*, 2009). Debido a que la fragmentación es un proceso llevado a cabo principalmente por el hombre, éste no se da de forma aleatoria; las áreas accesibles, de topografía poco accidentada y con alta productividad son las primeras en ser alteradas para utilizar la tierra en agricultura, asentamientos humanos o extracción forestal (ECOTONO, 1996).

Hernández (2014) indica que la superficie y el grado de aislamiento de un fragmento influyen en la emigración, colonización y pérdida de individuos/especies en los fragmentos. Asimismo, el autor sugiere que el efecto de la fragmentación sobre las especies invasoras y nativas es variable, sin embargo, se puede presentar un extremo en el cual ambas pueden verse beneficiadas. Las especies nativas o invasoras tolerantes a la fragmentación se caracterizan por presentar ciclos de vida cortos, una alta fecundidad y como consecuencia, un mayor número de descendientes, amplia distribución y una alta tolerancia a condiciones ambientales estresantes (Hernández, 2014).

Se ha determinado que las comunidades más susceptibles a las especies invasoras contienen pocas especies o están altamente perturbadas por la acción humana (Primack *et al.*, 2001). Por otra parte, se ha constatado que la fragmentación del paisaje provoca un mayor incremento de las especies invasoras (Gurrutxaga y Lozano, 2006).

Tomando en cuenta las consecuencias del cambio en el uso de suelo y las características que presentan las especies invasoras o nativas tolerantes a la fragmentación. El presente trabajo plantea el estudio de aspectos germinativos de una especie vegetal localizada en la región de Los Tuxtlas, con la finalidad de determinar si presenta atributos en la germinación para ser considerada potencialmente invasora.

2. Antecedentes

2.1. Especies invasoras, características generales y consecuencias ecológicas

Después de la destrucción de los hábitats, la invasión de especies exóticas es el segundo factor asociado con la extinción de especies en el mundo (Everett, 2000). La mayoría de las introducciones de especies no nativas a nuevas áreas son el resultado directo o indirecto de las actividades humanas siendo los intereses socioeconómicos un factor crítico para esta introducción (Sakai *et al.*, 2001). Las introducciones de especies constituyen un fenómeno natural; sin embargo, la expansión del Hombre sobre la Tierra ha acelerado el proceso a un ritmo exponencial (Castro-Díez *et al.*, 2004).

Las introducciones pueden ser accidentales o deliberadas (Ríos y Vargas, 2003). Entre las introducciones deliberadas se encuentra la utilización de especies como forraje, fibra, medicinas, plantas ornamentales o mascotas exóticas (Sakai *et al.*, 2001). El transporte accidental ocurre, entre otras razones, cuando las semillas son sembradas fortuitamente con las semillas comerciales, cuando los barcos transportan numerosas especies adheridos a sus cascos (Primack *et al.*, 2001), y por la adhesión de semillas a los animales domésticos y a los seres humanos (Sakai *et al.*, 2001).

Es importante hacer la distinción entre especies exóticas e invasoras, siendo las últimas un subconjunto de las primeras. Las especies exóticas son todas aquellas que han sido introducidas, y que son ajenas a la biota nativa original. El concepto de invasora implica la capacidad agresiva de las especies para colonizar, al igual que para dispersarse en diferentes hábitats naturales (Ríos y Vargas, 2003). En ciertos sitios la especie puede presentar un comportamiento invasor, mientras que en otros lugares puede no presentarlo (Sakai *et al.*, 2001). Las especies que persisten en el medio, pero no se han logrado propagar son consideradas potencialmente invasoras (González *et al.*, 2009).

El comportamiento invasivo no es restrictivo de las especies exóticas, algunas especies nativas pueden volverse invasoras cuando son introducidas a otra región ecológica distinta a su área de distribución en el mismo país (traslocación), o incluso en su sitio de origen cuando se altera la dinámica ecológica del lugar (Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras, 2010). Un ejemplo de lo antes mencionado es *Digitaria abyssinica* (Poaceae), la cual es una especie presente de forma natural en sitios del territorio africano. Sin embargo, en otros sitios del mismo continente representa un problema para las plantaciones de diversos cultivos (Invasive Species Compendium, 2016).

La forma en que cada especie es capaz de ampliar su rango de distribución y su persistencia como invasora es el resultado de interacciones complejas (Martínez-Ghersa *et al.*, 2000). Las plantas invasoras aprovechan la mayor cantidad de luz para colonizar rápidamente el suelo desnudo (Mehltreter, 2014). También tienen una mayor capacidad que las especies nativas para explotar los recursos locales (Sakai *et al.*, 2001) y una vez establecidas, pueden inhibir la germinación de semillas y el desarrollo de nuevas plántulas de otras especies (Mehltreter, 2014). Las plantas invasoras alteran la estructura y funcionamiento del ecosistema receptor causando daños ecológicos y socioeconómicos (Castro-Díez *et al.*, 2004).

Para que una especie vegetal se pueda considerar invasora deben cumplirse una serie de etapas (Castro-Díez *et al.*, 2004), las cuales van desde la dispersión de las semillas hasta la persistencia de las poblaciones viables. Las etapas por las que debe pasar son: 1) arribo, 2) establecimiento, 3) colonización y 4) dispersión (Ríos y Vargas, 2003). El arribo comienza cuando individuos o semillas de una especie son transportados con éxito desde su área de origen hasta un nuevo sitio. En este momento la especie será catalogada como exótica (Castro-Díez *et al.*, 2004). Cuando los individuos de una especie sobreviven entran a la fase de establecimiento, la cual requiere la producción de gran cantidad de propágulos (Ríos y Vargas, 2003) que generarán individuos capaces de aumentar la población de la especie establecida.

Una vez que se establece definitivamente, los individuos pueden emigrar desde el sitio inicial hasta otro sitio y formar una nueva población, logrando así la colonización (Ríos y Vargas, 2003). Cuando los organismos se establecen exitosamente (Sakai *et al.*, 2001) y superan todas las restricciones ecológicas, como el disturbio y el estrés (Ríos y Vargas, 2003), los individuos podrán formar poblaciones por sus propios medios; en este momento la especie exótica se ha naturalizado (Castro-Díez *et al.*, 2004).

Los efectos negativos que pueden ocasionar las especies invasoras en un ecosistema son diversos, entre ellos encontramos: 1) desplazamiento de especies nativas, 2) hibridación y contaminación genética y 3) alteraciones de las redes de interacción entre especies de la comunidad (Castro-Díez *et al.*, 2004).

Entre las características generales que se le han atribuido a las especies invasoras están las siguientes: tener una alta tasa reproductiva, ser generalistas, tener alta capacidad de dispersión, propagarse vegetativamente, asociarse con los seres humanos (Primack *et al.*, 2001), presentar frutos con múltiples semillas, ser de rápido crecimiento desde la germinación hasta la madurez sexual, presentar alta fecundidad, que el tiempo entre generaciones sea corto y que se adapten al estrés ambiental (Sakai *et al.*, 2001).

El conocimiento de la historia de vida permite predecir el riesgo de que una especie se convierta en invasora (Ríos y Vargas, 2003). De igual manera ayuda a identificar estados críticos durante los cuales puede ser más exitoso el control y la erradicación de la invasibilidad (Sakai *et al.*, 2001).

2.1.1. Especies invasoras en México

En México, se registran 681 especies de plantas exóticas que se distribuyen en 355 géneros y 87 familias. Las familias con mayor número de especies son Poaceae (171), Fabaceae (57), Asteraceae (56) y Brassicaceae (45) (Villaseñor y Espinosa-García, 2004). De acuerdo con el monitoreo del estado de las invasiones biológicas de las plantas en México (Monitoreo del estado de las invasiones

biológicas de plantas en México, 2016) realizado por el Instituto Nacional de Ecología A.C., Instituto de Ecología, UNAM y el Instituto de Biología, UNAM, Veracruz es el segundo estado con mayor número de especies invasoras registradas.

Algunas de las especies vegetales reconocidas como invasoras en Veracruz son *Rhynchelytrum repens* (Poaceae), *Muntingia calabura* (Elaeocarpaceae), *Casuarina equisetifolia* (Casuarinaceae), *Nectandra ambigens* (Lauraceae), *Eichhornia crassipes* (Pontederiaceae), *Cynodon plectostachyus* (Poaceae), *Tecoma stans* (Bignoniaceae). No obstante, no existen estudios científicos sobre el impacto de las especies exóticas invasoras en la Reserva de los Tuxtlas (Andrade *et al.*, 2009). Tomando en cuenta las características actuales de la región de Los Tuxtlas, se considera un área propensa a ser invadida por diversas especies vegetales.

2.2. Aspectos generales de la germinación de semillas

La semilla desempeña una función fundamental en la renovación, persistencia y dispersión de las poblaciones vegetales. Las reservas energéticas de la semilla son principalmente: grasas, carbohidratos y proteínas. La madurez de la semilla se presenta cuando ésta ha alcanzado su completo desarrollo desde el punto de vista morfológico y fisiológico (Doria, 2010).

Para la germinación de algunas semillas es importante el efecto inductor de la luz,. A la germinación regulada por la luz se le denomina fotoblastismo (Hernández *et al.*, 2009). Si la luz estimula la germinación se conoce con el nombre de fotoblastismo positivo. Si la germinación es inhibida en presencia de la luz, entonces se habla de fotoblastismo negativo. Las semillas no fotoblásticas o fotoblásticas indiferentes son aquellas cuya germinación es indiferente a la presencia de luz (Pérez, 2007). Los mecanismos de percepción de la luz que poseen las semillas, les permiten detectar las condiciones lumínicas para germinar o bien para incorporarse a un banco de semillas (Rojas-Aréchiga y Batis, 2001).

De acuerdo con Doria (2010) la viabilidad de las semillas es el periodo de tiempo durante el cual las semillas conservan su capacidad para germinar, este es un periodo variable y depende de muchos factores y del tipo de semilla. De esta manera puede haber semillas que germinan después de decenas de años, con una testa dura, como las leguminosas. También se menciona que una semilla es más longeva cuando su metabolismo es menos activo.

Un gran número de semillas presentan mecanismos de latencia (Pérez, 2007). La latencia es una característica de la semilla que define las condiciones que deben cumplirse para que pueda germinar (Vleeshouwers *et al.*, 1995). Se considera como una estrategia adaptativa, debido a que es un mecanismo que evita que las pequeñas plántulas emerjan cuando las condiciones ambientales son inadecuadas para su establecimiento exitoso (Figueroa y Jaksic, 2004).

Baskin & Baskin (1998, 2004) han propuesto un sistema de clasificación de la latencia en semillas el cual incluye cinco tipos:

- I. Latencia Fisiológica (PD): es la forma más común de latencia, para que se rompa la semilla debe cambiar su estado fisiológico.
- II. Latencia Morfológica (MD): se observa en semillas que presentan un embrión subdesarrollado en términos de tamaño.
- III. Latencia Morfofisiológica (MPD): es una combinación entre el tipo I y II. Las semillas presentan un embrión subdesarrollado y además poseen una limitante fisiológica.
- IV. Latencia Física (PY): es causada por una barrera compuesta por las láminas de las células de la semilla o la cubierta las cuales controlan la absorción del agua.
- V. Latencia combinada (PY + PD): es aquella que presenta en semillas que poseen latencia física combinada con una latencia fisiológica.

De acuerdo con el tipo de latencia que presentan las semillas existen métodos artificiales utilizados en el laboratorio para poder romperla. Para romper la latencia fisiológica se utilizan factores como la temperatura, el potencial hídrico, la luz, los nitratos y giberelinas (hormonas vegetales) (Reyna, 2008). Entre los

métodos de escarificación mecánica que se pueden utilizar para romper la latencia física está el tratamiento con agua caliente (remojo en agua), el cual consiste en sumergir las semillas en agua caliente por diversos periodos de tiempo (Doria, 2010). Las semillas que presentan latencia MPD y PY requieren tratamientos de escarificación mecánica o química (Reyna, 2008). Para estos últimos dos tipos de latencia se pueden utilizar los tratamientos de: 1) un tipo de escarificación mecánica que consiste en pasar las semillas por superficies abrasivas, con el fin de causar daño en la testa sin tocar el embrión y 2) escarificación química en la cual se sumergen las semillas en ácido sulfúrico o ácido clorhídrico, luego se lavan con agua corriente y se dejan secar (Doria, 2010).

El rompimiento de la latencia física implica aumentar la permeabilidad de la testa de la semilla para facilitar la entrada de agua y otros componentes para la germinación (Reyna, 2008). La germinación es el reinicio del crecimiento del embrión, que se encuentra en reposo durante las fases finales de la maduración (Doria, 2010). Es un proceso que consiste en la absorción de agua, la reactivación del metabolismo y la iniciación del crecimiento del embrión (Pérez, 2007). Para que la germinación ocurra, deben satisfacerse determinadas condiciones: 1) la semilla debe ser viable, 2) las condiciones ambientales para la semilla deben ser favorables, como el agua, la temperatura, el oxígeno y la luz y 3) las condiciones de la semilla deben ser favorables para la germinación (libre de latencia) (Doria, 2010). La primera manifestación para que la germinación sea considerada como exitosa es la emergencia de la radícula (Vázquez *et al.*, 1997).

Se ha considerado que la latencia es un mecanismo para aumentar la probabilidad de sobrevivencia de los individuos bajo diversas condiciones. Esta estrategia puede representar un factor determinante en la permanencia de las semillas en el sitio, la germinación y la posterior colonización de nuevos hábitats (Fonseca y Jacobi, 2011).

2.3. Germinación de semillas de especies invasoras

Un objetivo importante en la ecología de las invasiones biológicas es poder identificar rasgos que promuevan el establecimiento y la capacidad de invasión de las especies. Entre estos rasgos se encuentran una germinación rápida y abundante y la capacidad de germinar bajo condiciones ambientales contrastantes (Chrobock *et al.*, 2011). La capacidad de germinar en una amplia diversidad de condiciones ambientales aumenta las posibilidades de establecimiento e invasión (Fonseca y Jacobi, 2011).

Se tiene reportado que con frecuencia, las especies invasoras germinan más rápido y más abundantemente que las especies nativas (Chrobock *et al.*, 2011). Daehler (2003) recopila la información de 79 comparaciones independientes sobre el rendimiento de las especies invasoras y las nativas, determina que las especies invasoras no tienen mayores tasas de crecimiento, capacidad competitiva o fecundidad que las especies nativas, más bien el rendimiento depende de las condiciones de crecimiento (nutrientes, luz y agua) o de los regímenes de perturbación específicos. De igual manera indica que es más probable que las especies invasoras tengan una mayor área foliar, menores costos de construcción de tejidos y una mayor plasticidad fenotípica, lo cual le confiere una ventaja sobre las especies nativas.

Algunos factores que pueden contribuir positivamente al éxito de la invasión están íntimamente relacionados con ciertas características de la semilla. (Fonseca y Jacobi, 2011). Estas características son: 1) que germinen en muchos ambientes, 2) que presenten germinación en diversos periodos de tiempo, 3) que la producción de semillas sea continua, 4) que la producción de semillas sea alta en circunstancias ambientales favorables y 5) que la producción de semillas ocurra en una amplia gama de condiciones ambientales (Baker, 1974).

Las invasiones biológicas afectan no solo la composición y abundancia de especies en la comunidad vegetal sino también la de los bancos de semillas. El banco de semillas puede constituir una fuente de especies potencialmente

invasoras (Diaz *et al.*, 2016). La existencia de un banco de semillas y los mecanismos de quiescencia y de latencia reducen los riesgos de una germinación no exitosa y pueden aumentar la presión del propágulo (Martínez-Ghersa *et al.*, 2000).

De acuerdo con Mendoza y Koleff (2014), la presión del propágulo se refiere al número de propágulos que se han liberado en una región y la cantidad de liberaciones que se presentan en la misma. La presión variara dependiendo del número de liberaciones y el número de propágulos, lo cual puede favorecer las posibilidades de establecimiento y expansión de las poblaciones exóticas; la liberación repetida de un gran número de semillas, permite que las poblaciones exóticas aumenten su capacidad en supervivencia y reproducción. La presión del propágulo es identificado como una de las características significativas para diagnosticar el éxito de invasión (Fonseca y Jacobi, 2011).

La germinación por sí sola no garantiza el éxito de la invasión, sino que depende de una suma de atributos. Algunos de estos pueden ser la tasa de crecimiento de las plántulas, la capacidad competitiva de los individuos adultos, la presión del propágulo y la modificación de ambientes resultante de las actividades humanas (Fonseca y Jacobi, 2011).

2.3.1. Germinación de semillas de especies del género *Mimosa*

Las semillas de las especies del género *Mimosa*, tienen latencia física, presentan una testa dura, impermeable, resistente a la abrasión y cubierta de una capa de cera brillante (Camargo-Ricalde y Grether, 1998). La impermeabilidad está asociada con la desecación de las semillas durante el proceso de su maduración (Pavón *et al.*, 2011). Camargo-Ricalde y Grether (1998) consideran que es necesaria la escarificación química, por inmersión en agua hirviendo o mecánica para romper la latencia y promover la germinación. Montaña-Arias *et al.* (2015) reportan que las leguminosas producen semillas con una capa impermeable (latencia física) lo cual restringe la germinación en condiciones naturales, por lo que se considera necesaria la escarificación para promover la germinación de las

semillas. El tratamiento de escarificación se considera la técnica más apropiada para romper la latencia física de semillas de las especies de *Mimosa*. De acuerdo con Pavón *et al.* (2011), al no tener evidencia de que las semillas de leguminosas sean consumidas por animales, la escarificación química no es recomendable. Ellos, reportan que un tratamiento previo de lijado de semillas estimula la germinación a las 72 horas en un 80%, indicando la eficacia de la escarificación mecánica. Pérez (2007), también señala que la escarificación mecánica es uno de los métodos más eficaces para las semillas de las leguminosas, ya que permite incrementar la germinación al hacer permeable la testa y hace este proceso más homogéneo. De manera natural las semillas de *Mimosa* pueden perder su dureza y ser permeables al agua después de la abrasión mecánica por partículas del suelo o después de la descomposición de la testa de las semillas debida a la interacción entre la temperatura y la acción microbiana (Pavón *et al.*, 2011).

Las semillas de las especies de este género se caracterizan por la persistencia de su viabilidad durante largo tiempo; se ha registrado que las semillas son viables después de 50 años de almacenamiento (Camargo-Ricalde y Grether, 1998). Pavón *et al.* (2011) indican que las semillas son fotoblásticas indiferentes, pueden germinar tanto a la sombra del dosel como en sitios desnudos con alta luminosidad y reporta que una vez que germinan las semillas de especies del género *Mimosa*, la disminución de la intensidad de luz tiene un efecto desfavorable en la sobrevivencia de las plántulas.

Se indica que la temperatura ideal para la germinación de estas especies fluctúa entre 20°C y 35°C (Pavón *et al.*, 2011). Sin embargo, se ha encontrado que presentan un amplio intervalo de tolerancia a la temperatura entre los 10°C - 30°C (Camargo-Ricalde y Grether, 1998).

2.4. *Mimosa pigra* como especie invasora

Se ha observado recientemente que *Mimosa pigra* (Fabaceae) es una especie muy abundante en la región de Los Tuxtlas, Veracruz. No obstante, no se encuentra catalogada como invasora en la región. Sin embargo, *Mimosa pigra* se

encuentra dentro de la lista de las 100 especies exóticas invasoras más dañinas del mundo (Lowe *et al.*, 2004). Es nativa de América tropical (Beilfuss, 2007) y se distribuye en el sureste de Estados Unidos (Florida), México (Campeche, Colima, Chiapas, Estado de México, Guerrero, Jalisco, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Quintana Roo, Sinaloa, Tabasco y Veracruz), Centroamérica y Sudamérica (Argentina) (Martínez-Bernal *et al.*, 2008). Ha invadido ecosistemas de todo el mundo incluyendo África, Asia, Islas del Pacífico y Australia (Beilfuss, 2007).

Mimosa pigra es una especie introducida en Indonesia en 1947 desde América del Sur y se ha establecido localmente a lo largo del tiempo. Los lugares existentes conocidos donde se observa la presencia de *M. pigra* son Java, Sumatra y Kalimantan, siendo la separación de las islas un factor en la prevención de la propagación (Tjitrosoedirdjo, 1989). Fue introducida en el territorio norte de Australia antes de la década de 1890 a través del Jardín Botánico Darwin (Walden *et al.*, 2002). Se introdujo en Vietnam, probablemente antes de la década de 1970. La invasión de *M. pigra* presenta diversos impactos negativos. En primer lugar, ésta tiene un impacto en la economía al aumentar los costos debido a su control y al obstruir las prácticas agrícolas. En la biodiversidad, la presencia de esta planta ha provocado un descenso en el tamaño poblacional y el número de especies de plantas y animales nativos (Hong Son *et al.*, 2004).

Se ha observado que en Mozambique, África, los matorrales de *M. pigra* reducen significativamente las áreas de pastoreo para los herbívoros, pueden eliminar la mayoría de las otras especies de gramíneas y herbáceas, así como colonizar los recursos como el agua (reduciendo su flujo), aumentando los niveles de limo (Beilfuss, 2007). Asimismo, *M. pigra* tiene la capacidad de desplazar a las especies nativas y convertir los pastizales en monocultivos de esta especie debido a su alta capacidad competitiva por la luz, la humedad y los nutrientes. Se considera una amenaza para la conservación debido a que reduce la biodiversidad y minimiza el hábitat disponible para las aves y los animales. Particularmente, reduce el número de especies de aves acuáticas y rapaces a las cuales el bosque húmedo favorece para su anidación (Australian Government, 2009). Puede

interferir con el cultivo de otras plantas económicamente importantes (Somporn *et al.*, 2001).

En Australia, *M. pigra* ha sido identificada como una amenaza, ya que sus poblaciones invaden las tierras productivas y obstaculizan las actividades en el turismo y recreación. Las actividades culturales indígenas se pueden ver afectadas ya que las poblaciones de *M. pigra* pueden impedir la caza, la pesca y la recolección de alimentos (Australian Government, 2009).

Braithwaite *et al.* (1989) mencionan que *M. pigra* no solo afecta a las comunidades vegetales con la competencia por los recursos y el posible desplazamiento, de igual forma se puede ver un efecto negativo sobre la fauna. Las poblaciones de anfibios pueden verse disminuidas por la reducción en la disponibilidad de alimento. Se ha observado que distintas especies estacionales se han visto afectadas por el establecimiento de *M. pigra*, ya que se eliminan sitios de anidación, forrajeo y descanso. Por el contrario, los pequeños mamíferos se ven favorecidos, ya que la densa copa de *M. pigra* les aporta un microclima favorable, protección contra depredadores y un sitio de anidación

2.4.1. Estudios de germinación de semillas de *Mimosa pigra*

La germinación de *Mimosa pigra* ha sido estudiada desde hace tiempo. Dillon y Forcella (1985), reportan experimentos en los cuales se contrasta la germinación de las semillas (recolectadas en Darwin, Territorio Norte, Australia, entre los años 1980 y 1982) no escarificadas de *M. pigra* al ser colocadas en temperaturas constantes y temperaturas fluctuantes. Registraron la germinación de las semillas a temperaturas constantes en un gradiente de 2 a 44 °C, de los cuales determinaron que las semillas no germinan o germinan pobremente al estar en una temperatura constante. Por otra parte, indican que las semillas requieren una fluctuación de temperatura de 20/40°C con el fin de romper la latencia y lograr la máxima germinación (93%). De igual manera, indican que los valores de germinación en las semillas de *Mimosa pigra* presentan un 98% cuando éstas son sumergidas previamente en agua hirviendo y no se presenta germinación en

temperaturas menores a los 7°C. Creager (1992) reporta para sus experimentos un 75% a 94% de germinación de semillas de *M. pigra* escarificadas por lijado. Lonsdale *et al.* (1988) indica que la pérdida de viabilidad de las semillas es más rápida en la superficie del suelo, lo que sugiere que la causa más importante para la pérdida de la latencia es el calentamiento y enfriamiento diurno. Asimismo, el tipo de suelo, la profundidad de enterramiento de la semilla y la cantidad de agua afectan la germinación de esta especie (Dillon y Forcella, 1985).

Considerando la importancia biológica de la Región de Los Tuxtlas, la presencia de *Mimosa pigra* en sitios aledaños a la zona conservada y teniendo en cuenta que la germinación en un amplio rango de condiciones ambientales promueve el establecimiento y la invasión, se plantea un estudio de germinación de semillas de la especie *Mimosa pigra*, con el fin de identificar si presenta ciertas características en su comportamiento germinativo que le confieran una capacidad de invasión.

3. Objetivo general

Analizar el comportamiento de las semillas de *Mimosa pigra* con el fin de identificar la capacidad de invasión de la especie en la región de los Tuxtlas, Veracruz.

3.1. Objetivos particulares

- Determinar el tamaño y peso de las semillas de *Mimosa pigra*.
- Determinar la respuesta fotoblástica en las semillas de *Mimosa pigra*.
- Determinar el efecto de dos tratamientos de escarificación mecánica en la germinación de las semillas de esta especie.
- Determinar si el tiempo de inicio de la germinación está influenciado por el tamaño y/o peso de las semillas de *Mimosa pigra*.
- Determinar la viabilidad de las semillas de *Mimosa pigra*.
- Determinar el crecimiento de las plántulas obtenidas después de someter a las semillas a diferentes tratamientos de escarificación.

4. Hipótesis

El estudio de algunos aspectos germinativos de las semillas de *Mimosa pigra* podrá indicarnos si la especie presenta estrategias para considerarse potencialmente invasora en la Región de Los Tuxtlas, Veracruz.

5. Material y métodos

5.1. Especie de estudio

Mimosa pigra L. pertenece a la familia Fabaceae, en el orden Fabales de la clase Magnoliopsida (CONABIO, 2016). La descripción dada por Creager (1992) indica que esta especie es conocida con varios nombres comunes como “mimosa gigante”, “planta sensitiva gigante”, “planta sensitiva espinosa”, “zarza negra”, “mimosa negra” o “mimosa uña de gato”. Es un arbusto leñoso de rápida expansión con un tallo principal abundantemente espinoso. Se clasifica a veces como planta terrestre o como una maleza acuática y tiene la capacidad de crecer hasta 4 metros. Presenta hojas compuestas bipinnadas con un raquis central espinoso de 20 a 25 cm de largo con 15 pares de folíolos compuestos de 5 cm, cada uno de estos sensibles al caer la noche o al movimiento. La inflorescencia es un cóndilo globoso rodeando la cabeza de la flor la cual mide de 10 a 20 mm de diámetro. Consiste en numerosas flores pequeñas de color rosa. Cada cóndilo produce de 10 a 20 vainas, las cuales se vuelven marrones a la madurez y se rompen en segmentos (de 9 a 24). Cada uno de estos segmentos contiene una semilla oblonga de color verde oliva, que mide de 4 a 6 mm de largo por 2 mm de ancho.

La fructificación y la floración se registra durante todos los meses del año en el estado de Veracruz, México (Martínez-Bernal *et al.*, 2008). La remoción de semillas puede ser mediante roedores u hormigas (Lonsdale *et al.*, 1988).

Beilfuss (2007) indica que las vainas presentan pelos los cuales al adherirse a la piel de los animales le ayudan a una fácil dispersión. Señala que los segmentos

que contienen a las semillas tienen la capacidad de pasar ilesos a través del tracto digestivo de algunos roedores o algún otro tipo de mamífero. Las vainas son ligeras lo cual le permite dispersarse por inundaciones y corrientes de agua. Naturalmente algunas semillas son capaces de germinar al estar presentes las condiciones adecuadas, mientras que otras pueden permanecer latentes durante 15 años o más en función del entorno. Presenta una mayor reproducción en clima tropical húmedo-seco, con al menos 750 mm de precipitación anual.

En Córdoba, Veracruz, esta especie es utilizada con fines medicinales. Las flores hervidas con miel rosada son utilizadas en diversos problemas de garganta. En la comunidad de Plan del Río, municipio Emiliano Zapata, Veracruz los agricultores la utilizan como melífera, mientras que en San Fernando Sotepan, Veracruz se utilizan las ramas con fines mágico-religioso (Martínez-Bernal *et al.*, 2008).

5.2. Sitio de estudio y recolecta

La Sierra de Los Tuxtlas, ubicada en el estado de Veracruz, México, está conformada por una serie de montañas de origen volcánico, localizadas aproximadamente entre los 18°10' y 18°45' de latitud Norte y los 94°42' y 95°27' de longitud Oeste (Dirzo *et al.*, 1997). Se origina a partir de los 200 m s.n.m. y se eleva hasta un poco más de 1700 m s.n.m. La temperatura media anual varía entre los 22°C y 26°C. Las temperaturas máximas registradas se encuentran entre los 33°C y los 36°C presentes durante el mes de mayo. En el mes de enero se presentan las temperaturas más bajas, las cuales se encuentran entre los 10°C y los 16°C. La precipitación anual varía entre los 1000 a los 4000 mm o más (Soto y Gama, 1997).

La recolección de vainas de *M. pigra* se realizó en dos áreas cercanas a la Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas, ubicada en la Sierra de Los Tuxtlas, Veracruz. La primera localidad lleva por nombre Carrucho, cuyas coordenadas son 18°37'16.9'' N, 95°05'24.9'' O, con una altitud de 25 m s.n.m. La segunda localidad tiene el nombre de Villa Cariño, con coordenadas de 18°37'32.0'' N, 95°05'35.2'' O, con una altitud de 9 m s.n.m. Al no observar ningún ejemplar de

esta especie dentro del bosque de la Reserva Los Tuxtlas, se eligieron estas localidades debido a que son las más cercanas a la zona conservada y tienen presencia de individuos adultos con semillas de *M. pigra*.

Se recolectaron aproximadamente 200 vainas de 30 ejemplares que contenían semillas maduras. Para ello se recolectaron todas las vainas y se colocaron en bolsas de papel estraza y se transportaron al Instituto de Ecología, UNAM. Las condiciones en las que se mantuvieron fueron a temperatura ambiente con las bolsas de papel estraza dentro de bolsas de plástico negras.

Se realizaron dos recolectas, la primera hecha el 30 de abril de 2014 y la segunda el 13 de noviembre de 2014. Los experimentos se realizaron 5 meses después de cada recolecta, debido a la disponibilidad de la cámara ambiental.

5.3. Experimentos de germinación

Para los experimentos se realizó la extracción de las semillas, para lo cual se abrió cada uno de los segmentos de las vainas. Se utilizaron únicamente semillas viables en todos los experimentos. Se consideraron viables a las semillas que no presentaron hongos ni brúquidos en su interior.

Las semillas colectadas en el mes de abril se sembraron en el mes de septiembre de 2014, los experimentos realizados con esta colecta se denominaron como E1. Las semillas colectadas en el mes de noviembre de 2014 se sembraron en el mes de abril de 2015, a los experimentos realizados con esta colecta se denominaron E2.

Se utilizó un termoperiodo de 15/35°C, 14/10h respectivamente, ya que la temperatura óptima para la germinación se logra con una fluctuación de 20°C (Dillon y Forcella, 1985). Los valores corresponden con la temperatura máxima y mínima registrada para la Región de Los Tuxtlas (Soto y Gama, 1997), con lo cual se abarcan las condiciones presentes en el sitio de estudio.

Para determinar el tamaño y peso de las semillas de *Mimosa pigra* se extrajeron 1,200 semillas viables de la localidad Carrucho, y 1,200 semillas viables de la localidad Villa Cariño. Las semillas se pesaron individualmente en una balanza Denver Instrument M-220D y se midió el largo de cada semilla con un vernier.

Para determinar la respuesta fotoblástica se utilizaron 100 semillas por cada condición. Se colocaron 10 semillas en cada caja de Petri con agar al 1 %, lo cual dio un total de 10 cajas por tratamiento. Los tratamientos fueron:

- Luz (L): las semillas se sembraron en cajas de Petri con agar al 1% y se envolvieron en bolsas de plástico transparente para evitar la pérdida de agua.
- Oscuridad (O): las semillas sembradas en cajas de Petri con agar al 1% se envolvieron con doble capa de papel aluminio para no permitir la entrada de luz y también se envolvieron en bolsas de plástico transparente para evitar la pérdida de agua.

Las cajas se colocaron en una cámara ambiental (Lab-Line 844L) a condiciones de temperatura fluctuante (15°C/14hrs y 35°C/10hrs) y un fotoperiodo de 14 hrs en oscuridad y 10 hrs en luz. Las semillas en condición Luz se revisaron cada dos días durante un mes. Las semillas en condición Oscuridad fueron revisadas hasta el término del experimento (un mes), obteniendo solo el número total final de semillas germinadas, ya que si se registraba la germinación cada dos días como en el tratamiento Luz las semillas entrarían en contacto directo con la luz pudiendo disparar la respuesta germinativa.

Se realizaron pruebas iniciales para germinación de las semillas, en las cuales la semilla no presentó un tratamiento pregerminativo, estas fueron sembradas directamente en cajas de Petri con agar al 1% y se introdujeron en bolsas de plástico transparentes para evitar la pérdida de agua. Se colocaron en una cámara ambiental (Lab-Line 844L) en condiciones de temperatura fluctuante (15°C/14hrs y 35°C/10hrs) y un fotoperiodo de 14 hrs en oscuridad y 10 hrs en luz.

La escarificación mecánica y el remojo en agua para romper la latencia física de las semillas se realizaron conforme a Pavón *et al.* (2011), Pérez (2007) y Dillon y Forcella (1985) que son los métodos en los que se registran valores altos de germinación. No se consideró la escarificación ácida debido a, que de acuerdo con Pavón *et al.* (2011), no existe registro de que las semillas sean consumidas por animales. Para determinar el efecto de estos dos tratamientos en las semillas de *M. pigra* se utilizaron 100 semillas para cada tratamiento, colocando 10 semillas por cada caja de Petri, teniendo un total de 10 cajas. Los tratamientos que se realizaron fueron:

- Remojo en agua (RA): las semillas se introdujeron en agua a temperatura de ebullición y se dejaron dentro de ésta hasta que el agua se enfrió. Posteriormente se sembraron en cajas de Petri con agar al 1% y se introdujeron en bolsas de plástico transparentes para evitar la pérdida de agua. Se colocaron en una cámara ambiental (Lab-Line 844L) en condiciones de temperatura fluctuante (15°C/14hrs y 35°C/10hrs) y un fotoperiodo de 14 hrs en oscuridad y 10 hrs en luz.
- Escarificación (E): las semillas se lijaron por ambos costados con la ayuda de una lija para agua teniendo cuidado de no dañar el embrión. Posteriormente se sembraron en cajas de Petri con agar al 1% y se introdujeron en bolsas de plástico transparentes para evitar la pérdida de agua. Se colocaron en una cámara ambiental (Lab-Line 844L) en condiciones de temperatura fluctuante (15°C/14hrs y 35°C/10hrs) y un fotoperiodo de 14 hrs en oscuridad y 10 hrs en luz.

Para determinar si existe una relación entre el peso/tamaño de las semillas de *Mimosa pigra* y el tiempo de inicio de germinación se obtuvieron 60 semillas viables a las cuales se les asignó un número. Para la determinación del peso estas semillas se pesaron individualmente en una balanza analítica (Denver Instrument M-220D) y para la relación del tamaño se midió el largo de las mismas semillas con un vernier. Las 60 semillas se colocaron en cajas de Petri con agar al 1% y se envolvieron en bolsas de plástico transparente para evitar la pérdida de

agua; cada caja de Petri fue dividida en 6 secciones y a cada sección se le asignó un número. Se sembraron 6 semillas por caja teniendo un total de 10 cajas. El número de la semilla correspondía al número asignado a la sección de la caja. Se colocaron en una cámara ambiental (Lab-Line 844L) en condiciones de temperatura fluctuante (15°C/14hrs y 35°C/10hrs) y un fotoperiodo de 14 hrs en oscuridad y 10 hrs en luz. Se registró la germinación de las semillas cada dos días hasta cumplir un mes. Se anotó el número de la semilla germinada y la fecha en la que se presentó la germinación.

Aunado a que se descartaron las semillas con hongos e infestadas de brúquidos, se realizó un experimento para determinar la viabilidad de las semillas mediante la técnica de flotación. Se obtuvieron 100 semillas por cada colecta y 100 por cada localidad, teniendo un total de 400 semillas. Se utilizó un vaso de precipitado de 1000 ml lleno de agua al cual se le agregaron las semillas y se esperó cinco minutos. Las semillas que flotaban se consideran semillas no viables, mientras que las que se precipitaron se consideraron como semillas viables. Este experimento fue único, no se realizaron repeticiones.

Las plántulas que se obtuvieron de los tratamientos remojo en agua y escarificación se trasplantaron una por una en charolas con tapa transparente de 15x14x9 cm con sustrato de tierra negra. Las plántulas se separaron de acuerdo con el tratamiento al que fueron sometidas. Después de la emergencia de la radícula, y una vez que aparecieron los cotiledones (aproximadamente 1 semana), se realizó la medición de la longitud del hipocótilo con un vernier, (esta se considera la medición al cotiledón). Posterior a la emergencia del primer par de hojas (aproximadamente 2 semanas) se midió, con un vernier, el hipocótilo y el epicótilo, (considerada la medida al primer par de hojas). Lo anterior se realizó con el fin de determinar el crecimiento de las plántulas de las semillas de *Mimosa pigra* después de ser sometidas a diferentes tratamientos de germinación.

Todos los experimentos antes descritos se realizaron para las dos localidades descritas anteriormente (Carrucho y Villa Cariño), con el fin de determinar si existen diferencias entre las poblaciones presentes en cada localidad, ya que la

primera se encuentra a las orillas de la carretera y la segunda es un potrero cercado.

5.4. Caracterización morfológica

Para determinar la distribución del peso y tamaño de las semillas se realizaron histogramas descriptivos con base en la propuesta de Sturges (Umanzor, 2016), con ayuda de la hoja de cálculo del programa Excel. El primer histograma se realizó para el peso de las semillas y el segundo para el tamaño. En los resultados del peso se obtuvieron 10 clases con un valor mínimo de 0.0061 gramos y el máximo 0.0260 gramos. Para el tamaño se obtuvieron siete clases, el valor mínimo fue 0.35 centímetros y el máximo 0.70 centímetros.

5.5. Análisis estadísticos

La determinación del tipo de fotoblastismo se realizó con pruebas de t de Student en las cuales se analiza el total de las semillas germinadas en condiciones de luz y oscuridad. Para determinar el efecto de dos tratamientos de escarificación mecánica en las semillas de *Mimosa pigra* se realizó una prueba de t de Student, con lo cual se determinará si hay diferencias entre los tratamientos. Ambas pruebas se realizaron con ayuda del programa estadístico GraphPad Prism 6.

Con el fin de determinar si existe correlación entre el peso de las semillas y el tiempo de inicio de germinación y el tamaño de las semillas y el tiempo de inicio de germinación se realizó un análisis de correlación empleando el programa estadístico GraphPad Prism 6.

La diferencia en el crecimiento de las plántulas a la medida cotiledón y posteriormente a la medida primer par de hojas, obtenidas de los tratamientos Remojo en agua y Escarificación, se determinó con la realización de pruebas de t de Student con la ayuda del programa estadístico GraphPad Prism 6.

6. Resultados

6.1. Peso y tamaño de las semillas de *Mimosa pigra*

En la Figura 1 se muestra la distribución del peso de las 1,200 semillas de *M. pigra*, en donde se puede apreciar que tanto en la localidad Carrucho como en la de Villa Cariño, las clases que contienen mayor número de semillas son las clases 6 y 7 (0.0161 gramos - 0.0180 gramos, 0.0181 gramos - 0.0200 gramos, respectivamente), casi no se observan diferencias entre las clases 5 y 8 (0.0141 gramos - 0.0160 gramos, 0.0201 gramos - 0.0220 gramos, respectivamente)

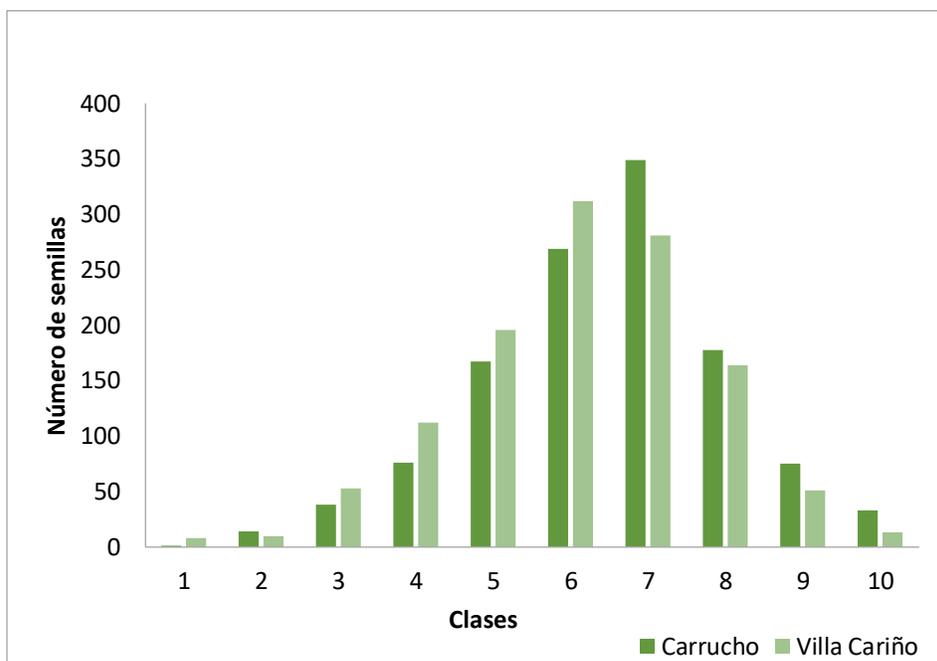


Figura 1.- Peso de las semillas de *Mimosa pigra* para las Localidades Carrucho ($\bar{x} = 0.0181$ gramos ± 0.0069) y Villa Cariño, Veracruz. ($\bar{x} = 0.0173$ gramos ± 0.0035), Veracruz. El intervalo del peso es de 0.0061 a 0.0260 gramos.

En la Figura 2 se muestra la distribución de los tamaños de las semillas en ambas localidades. En la localidad de Carrucho, la clase con mayor número de semillas fue la 3 (0.46 cm - 0.50 cm), se puede observar que las clases 4 y 5 (0.51 cm - 0.55 cm, 0.56 cm - 0.60 cm, respectivamente) no presentan diferencias. En la

localidad Villa Cariño, la clase 5 (0.56 cm – 0.60 cm) es la que presenta el mayor número de semillas.

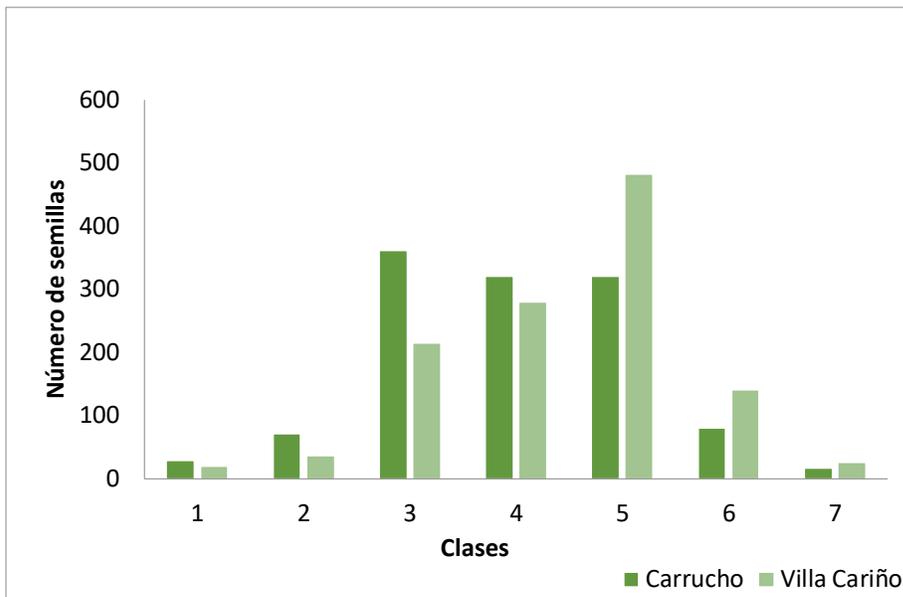


Figura 2.- Tamaño de las semillas de *Mimosa pigra* para las localidades Carrucho ($\bar{x} = 0.54 \text{ cm} \pm 0.059$) y Villa Cariño, Veracruz ($\bar{x} = 0.57 \text{ cm} \pm 0.058$). El intervalo del tamaño es 0.35 – 0.70 cm.

En las Figuras 1 y 2 que muestran el peso y tamaño de las semillas para ambas localidades, se puede observar que éstas tienen una distribución de tipo normal. El mayor número de semillas se encuentra en el centro de la distribución y disminuye conforme nos acercamos a los extremos. El peso de las semillas de *M. pigra* muestra un valor medio de 0.0181 gramos para la localidad Carrucho, y 0.0173 gramos para la localidad Villa Cariño; los tamaños obtenidos muestran un valor medio de 0.54 cm para Carrucho y 0.57 cm para Villa Cariño.

6.2. Respuesta fotoblástica de las semillas de *Mimosa pigra*

No se obtuvo una diferencia significativa de las semillas germinadas en condición de luz y oscuridad para ninguna de las localidades. Para la localidad de Carrucho se obtuvo un valor $t = 0.47$, g.l. = 2, n.s. y para la localidad de Villa Cariño se obtuvo un valor $t = 3.39$, g.l. = 2, n.s. En la Figura 3 se observan las diferencias físicas que presentan las semillas germinadas en condiciones de Luz y aquéllas

germinadas en condiciones de Oscuridad. En las primeras se puede observar un crecimiento normal de las plántulas; por el contrario, las semillas germinadas en oscuridad muestran una coloración diferente y la presencia de hongos.



Figura 3.- Plántulas de *Mimosa pigra*, obtenidas bajo las diferentes condiciones de Luz (izq.) y Oscuridad (der.).

6.3. Efecto de dos tratamientos pregerminativos en las semillas de *Mimosa pigra*

No se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas entre los dos tratamientos pregerminativos (escarificación mecánica y remojo en agua caliente) ni entre localidades. Para la localidad de Carrucho en el tratamiento Agua/Escarificado de las semillas sembradas en septiembre se obtuvo un valor $t = 0.33$, g.l. = 26, n.s. y para las semillas sembradas en abril se obtuvo un valor $t = 0.041$, g.l. = 26, n.s. En la localidad Villa Cariño en el tratamiento Agua/Escarificado de las semillas sembradas en septiembre se obtuvo un valor $t = 0.31$, g.l. = 26, n.s. y para las semillas sembradas en abril se obtuvo un valor $t = 0.012$, g.l. = 26, n.s.

En las Figuras 4 y 5 se muestra el porcentaje de las semillas germinadas en el tratamiento Remojo en Agua y Escarificado para las dos localidades. Se observa que el mayor porcentaje de germinación para ambos tratamientos se presenta entre el segundo y sexto día del experimento.

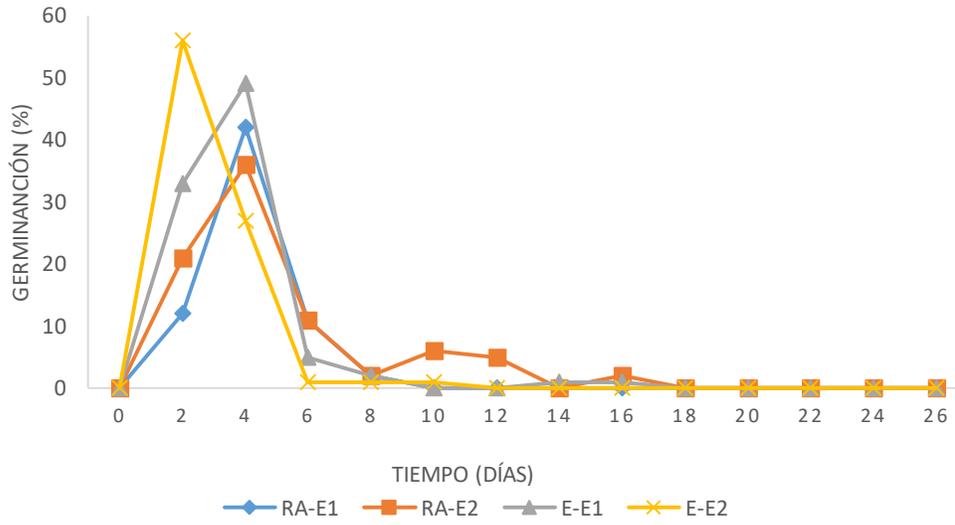


Figura 4.- Porcentaje de semillas germinadas de la localidad Carrucho, Ver. para los tratamientos Remojo en agua (RA) y Escarificación (E) para las semillas sembradas en septiembre (E1) y las semillas germinadas en abril (E2).

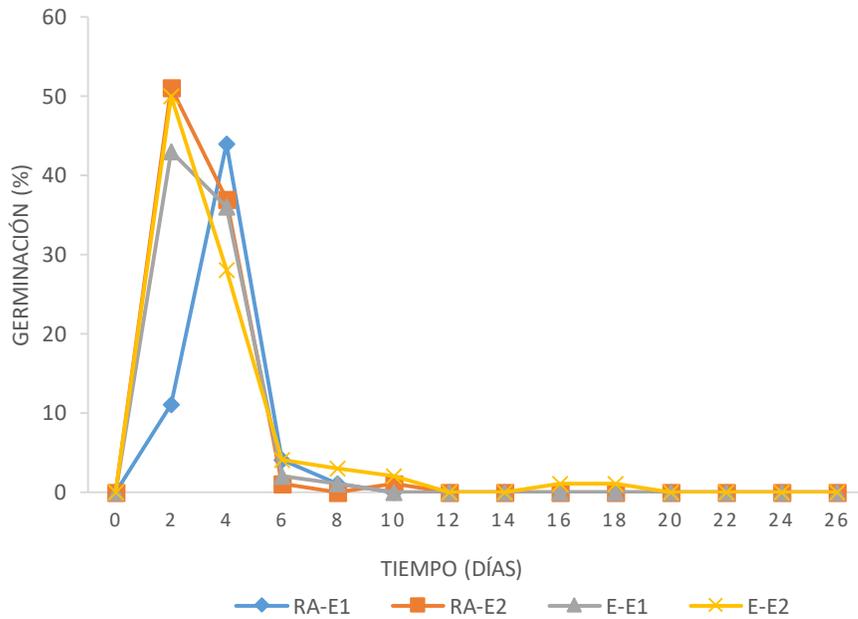


Figura 5.- Porcentaje de semillas germinadas de la localidad Villa Cariño, Ver. para los tratamientos Remojo en agua (RA) y Escarificación (E) para las semillas sembradas en septiembre (E1) y las semillas germinadas en abril (E2).

Las semillas que no tuvieron un tratamiento pregerminativo, germinaban de forma casi constante durante el mes que fueron revisadas, la germinación se dio poco a

poco durante todo el periodo de tiempo, es decir, no presentaron picos de germinación como en el caso de los tratamiento pregerminativos, el máximo total de semillas germinadas sin tratamiento pregerminativo fueron de 57 semillas y el mínimo fueron 17 semillas germinadas.

6.4. Relación entre el peso y tamaño de las semillas de *Mimosa pigra* y el tiempo de inicio de germinación

Para la localidad de Carrucho no se obtuvieron correlaciones estadísticamente significativas entre el peso y el tiempo de inicio de germinación para las semillas sembradas en septiembre (E1) ($r = 0.22$, g.l. = 58, n.s.), así como para las semillas sembradas en abril (E2) ($r = 0.030$, g.l. = 58, n.s.). En la misma localidad para el tamaño y el tiempo de inicio de germinación no se obtuvieron correlaciones estadísticamente significativas para las semillas sembradas en septiembre (E1) ($r = 0.017$, g.l. = 58, n.s.) y para las semillas sembradas en abril (E2) ($r = -0.17$, g.l. = 58, n.s.).

Para la localidad Villa Cariño no se obtuvieron correlaciones estadísticamente significativas entre el peso y el tiempo de inicio de germinación para las semillas sembradas en septiembre (E1) ($r = 0.11$, g.l. = 58, n.s.), así como para las semillas sembradas en abril (E2) ($r = 0.15$, g.l. = 58, n.s.). En la misma localidad para el tamaño y el tiempo de inicio de germinación no se obtuvieron correlaciones estadísticamente significativas para las semillas sembradas en septiembre (E1) ($r = 0.012$, g.l. = 58, n.s.) y para las semillas sembradas en abril (E2) ($r = 0.061$, g.l. = 58, n.s.).

6.5. Viabilidad de las semillas de *Mimosa pigra*

Los resultados de las pruebas de viabilidad de la colecta del 30 de abril de 2014 (E1) muestran que, para la localidad Carrucho el porcentaje de viabilidad fue de 97%. Para E1 en la localidad de Villa Cariño se obtuvo un porcentaje del 91%. La

colecta del día 13 de noviembre de 2014 (E2) en Carrucho y Villa Cariño mostró una viabilidad del 100% para ambas localidades.

6.6. Crecimiento de las plántulas obtenidas de los tratamientos de escarificación mecánica

En la localidad de Carrucho no se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas para el tamaño al cotiledón para las semillas sembradas en septiembre (E1) ($t = 1.25$, g.l. = 128, n.s.), así como las semillas sembradas en abril (E2) ($t = 0.038$, g.l. = 150, n.s.). De igual manera, para la misma localidad y el crecimiento al primer par de hojas, no se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas para las semillas sembradas en septiembre (E1) ($t = 0.74$, g.l. = 63, n.s.) y para las semillas sembradas en abril (E2) ($t = 0.97$, g.l. = 120, n.s.).

En la localidad de Villa Cariño no se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas para el tamaño al cotiledón para las semillas sembradas en septiembre (E1) ($t = 1.69$, g.l. = 118, n.s.), así como las semillas sembradas en abril (E2) ($t = 1.93$, g.l. = 167, n.s.). De igual manera, para la misma localidad y el crecimiento al primer par de hojas, no se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas para las semillas sembradas en septiembre (E1) ($t = 0.61$, g.l. = 52, n.s.) y para las semillas sembradas en abril (E2) ($t = 0.43$, g.l. = 107, n.s.).

Discusión

Se puede observar que los resultados obtenidos en este trabajo para el peso y tamaño de las semillas (0.0173 - 0.0181 g, 0.54 - 0.57 cm, respectivamente) presentan valores similares a los reportados en otros estudios. Por ejemplo, Lonsdale *et al.* (1988) encontraron que el peso aproximado de las semillas (recolectadas en el Territorio Norte, Australia) de *M. pigra* es de 0.01 g y el tamaño de 0.5 cm y Marambe *et al.* (2004) reportaron un peso de 0.0089 +/- 0.0004 g con un tamaño de 0.42 +/- 0.02 cm para semillas de esta misma especie, recolectadas

en la región de Sri Lanka; ambos estudios expresan datos de semillas de *M. pigra* donde se comporta como una especie invasora.

Las semillas de *M. tenuiflora* presentan un rango de tamaños de 0.41 – 0.47 cm de largo, lo que las hace menos susceptibles a la desecación, gracias a lo cual, es más probable que germinen en hábitats abiertos (Camargo-Ricalde y Grether 1998). Por su parte Orozco-Almanza *et al.* (2003) reportan las siguientes longitudes para cuatro especies del género *Mimosa*: 0.38 cm para *M. depauperata*, 0.37 cm para *M. lacerata*, 0.48 cm para *M. texana* y 0.35 cm para *M. similis*. De igual forma, los autores indican que estas especies pueden reproducirse y crecer en condiciones de perturbación, teniendo la capacidad de germinar bajo el dosel y en zonas abiertas. Las semillas de *M. pigra* podrían comportarse de manera similar a las de otras especies del mismo género ya que presentan semejanzas en la longitud de sus semillas.

Dalling (2002) indica que los individuos invierten la misma cantidad de recursos en cada semilla para producir semillas del mismo tamaño, y en caso de que ocurra un cambio ambiental, lo que variaría sería el número de semillas producidas, no su tamaño. En este trabajo se encontró que las semillas de *Mimosa pigra* de los Tuxtlas presentan pesos y tamaños similares, sugiriendo que tienen la misma cantidad de recursos y por lo tanto, la misma posibilidad de germinar.

Durante la recolecta de semillas en campo se observó que *M. pigra* presenta una alta producción de semillas por individuo, y de acuerdo con Arteaga (2007) y Snow (1971), se ha observado que aquellas especies que generan mayor cantidad de semillas aseguran una mayor dispersión y estarían mejor adaptadas a la colonización de nuevos espacios. Por su parte, Ayala *et al.* (2004), proponen que la producción elevada de semillas es una estrategia reproductiva, debido a que, de miles de semillas, es posible que solo una se establezca en sitios favorables para su germinación. Tomando en cuenta lo antes mencionado, *M. pigra* podría establecerse fácilmente y de forma favorable en los sitios propios para su germinación y posterior colonización, dada su alta producción de semillas.

Camargo-Ricalde y Grether (1998) indican que la especie *M. tenuiflora* presenta semillas fotoblásticas indiferentes (la germinación es indiferente a la presencia de luz). De igual forma, nuestros resultados para *M. pigra* indican que no existe una diferencia significativa entre las semillas germinadas en condición de luz y las germinadas en condición de oscuridad, es decir, las semillas son fotoblásticas indiferentes teniendo las mismas posibilidades de germinar en presencia o en ausencia de luz.

El tipo de fotoblastismo presente en *M. tenuiflora* amplía sus posibilidades de germinación en sitios diversos y confirman un carácter oportunista (Camargo-Ricalde y Grether, 1998). Al presentar el mismo tipo de fotoblastismo las semillas de *M. pigra* podrían comportarse de manera similar a las de *M. tenuiflora*, al ser capaces de germinar en sitios con diferente intensidad y calidad de luz y comportarse como una especie oportunista, lo cual la puede conducir a una posterior invasión, ya que, de acuerdo con la Comisión para la Cooperación Ambiental (2018), las especies invasoras presentan un carácter oportunista, por lo que el cambio en el uso del suelo puede favorecer la invasión biológica.

En este estudio se puede observar (Fig. 3) que la luz no es un requerimiento necesario para la germinación de las semillas de *M. pigra*, sin embargo, es un factor importante para la supervivencia de las plántulas. Al finalizar el experimento se observó que al retirar el aluminio en la condición de oscuridad, las plántulas germinaron, pero la mayoría no logró sobrevivir. Por el contrario, en la condición luz, las semillas germinaron y las plántulas lograron sobrevivir y continuar su crecimiento. Los resultados obtenidos en este estudio coinciden con los reportados de Pavón *et al.* (2011), donde describen que las plántulas de *M. aculeaticarpa var. Biuncifera* presentan un mejor crecimiento bajo tratamientos sin sombra, lo cual es una característica importante durante la sequía dado que el desarrollo temprano de la raíz posibilita la tolerancia al estrés hídrico, y la condición de sombra tuvo un efecto negativo en la supervivencia de las plántulas, debido a la etiolación (crecimiento deficiente de las plántulas debido a la falta de clorofila, causando palidez en tejidos).

Montaño-Arias *et al.* (2015) reportan que las leguminosas producen semillas con una capa impermeable (latencia física) lo cual restringe la germinación en condiciones naturales, por lo que se considera necesaria la escarificación para promover la germinación de las semillas. El tratamiento de escarificación se considera la técnica más apropiada para romper la latencia física de semillas de las especies de *Mimosa*. Los resultados obtenidos en este estudio para *M. pigra*, indican que no importa el tratamiento pre-germinativo (remojo en agua o escarificación) que presenten las semillas, la germinación es similar.

Asimismo la ruptura de la testa en semillas de *M. tenuiflora* permite que germinen en un periodo de cuatro días (Camargo-Ricalde y Grether, 1998). Con los tratamientos realizados a las semillas en este estudio, se observa entre el segundo y cuarto día del experimento una germinación del 70 al 90% (Fig. 4 y 5). Posterior a esos días, la germinación fue casi nula, obteniendo resultados similares a *M. tenuiflora*.

Sanhueza y Zalba (2014) mencionan que el porcentaje de semillas germinadas por día, es un parámetro importante. Si el porcentaje de semillas germinadas por día es alto puede resultar en una mayor capacidad de colonización, sobre todo en especies que se ven favorecidas por las perturbaciones, como es el caso de la mayoría de las plantas exóticas invasoras. Tomando en cuenta lo mencionado por Sanhueza y Zalba (2014), los tratamientos pre-germinativos confieren a *M. pigra* la capacidad de colonizar ambientes con perturbaciones, debido al alto número de semillas germinadas en un periodo de tiempo corto; por ejemplo, en la Figura 5, se muestra una germinación del 50% de las semillas en el segundo día del experimento para el tratamiento escarificado (E) de las semillas sembradas en abril (E2), indicando un alto porcentaje de germinación de semillas por día.

La fluctuación de la temperatura se considera otro factor importante para la pérdida de latencia física (Lonsdale *et al.* 1988). Dillon y Forcella (1985) indican que la semilla no escarificada de *M. pigra* requiere una fluctuación de temperatura de 20°C para romper la latencia física y lograr la máxima germinación. En este estudio se utilizó esta fluctuación con la finalidad de obtener una germinación

elevada, se observa que esta temperatura propició la germinación en las semillas hasta en un 90%, indicando que esta condición es de vital importancia. Como se puede observar las semillas que no presentaron un tratamiento pregerminativo, presentaron una baja germinación, lo cual indica que la fluctuación de temperatura no es el único factor que influye en la pérdida de latencia, si no, los tratamientos pregerminativos juegan un papel importante en este aspecto de la germinación de las semillas de *Mimosa pigra*.

En condiciones naturales la escarificación se puede presentar por mecanismos como la depredación incompleta por brúquidos, daños causados por microorganismos del suelo y abrasión por partículas del suelo (Montaño-Arias *et al.*, 2015). Los tratamientos empleados en este experimento se pueden utilizar para predecir el comportamiento de las semillas en condiciones naturales de la región de Los Tuxtlas. La gran capacidad de germinación que presentaron indica que los ejemplares aquí estudiados pueden comportarse como invasoras potenciales, ya que de acuerdo con Primack *et al.* (2001) la alta tasa reproductiva es una característica atribuida a las especies invasoras.

Ayala *et al.* (2004) mencionan que las semillas grandes pueden presentar una mayor viabilidad, germinación y velocidad de emergencia, y sobreviven mejor que las semillas pequeñas a condiciones adversas. Los resultados obtenidos en este estudio muestran que las semillas con tamaño y peso bajo tienen la capacidad de germinar al mismo tiempo que las semillas con valores mayores, indicando que la germinación ocurre sin importar el tamaño y peso de las semillas. Harper *et al.* (1970) menciona que el tamaño de las semillas parece ser poco importante cuando los individuos de la misma población generan semillas con tamaños similares, ya que el crecimiento de los individuos provenientes de semillas pequeñas o grandes es el mismo. Por lo antes mencionado se puede inferir que al no tener relación la germinación con el peso o el tamaño de las semillas de *Mimosa pigra*, los individuos provenientes de estas semillas tendrán las mismas oportunidades de sobrevivir y desarrollarse, si se encuentran en el lugar y momento adecuado.

Arteaga (2007) reporta para *Vismia glaziovii* (Clusiaceae), una especie que presenta semillas pequeñas, que es probable que la variación existente en el tamaño de las semillas no exprese una diferencia significativa en la cantidad de recurso almacenado que pueda influir en la velocidad de germinación, ya que es probable que no exista correlación del tamaño de la semilla y las cantidades de materiales de reserva (factores que influyen en la germinación). Los resultados obtenidos para las semillas de *M. pigra*, pueden indicar un comportamiento similar al de las semillas de *Vismia glaziovii*, es decir, que el tamaño de la semilla no influye en la capacidad de germinación.

La ausencia de correlación entre el peso y el tamaño de la semilla con el tiempo de inicio de germinación, puede sugerir que las semillas de *M. pigra* tienen la capacidad de germinar dependiendo de las condiciones ambientales, es decir, si existe un ambiente favorable éstas podrán emerger. Por el contrario, si se encuentran en un ambiente no propicio pueden entrar a un estado de latencia sin importar el peso y/o tamaño de éstas.

En cuanto a la comparación del crecimiento de las plántulas obtenidas a partir de semillas con diferentes tratamientos pre-germinativos (remojo en agua y escarificación mecánica), los resultados indican la ausencia de diferencias estadísticamente significativas, lo cual sugiere que el crecimiento de las plántulas no está relacionado con el tratamiento pre-germinativo que experimentan las semillas ni por el tiempo de inicio de germinación.

Dalling (2002) menciona que es posible que, durante el establecimiento de las plántulas, aquellas provenientes de semillas que presentan una mayor cantidad de reservas deban invertir menos, desde el punto de vista metabólico en la toma de nutrientes, que las que provienen de semillas con menores reservas alimenticias. Tomando en cuenta el crecimiento que se observó en las plántulas de *M. pigra* en este estudio, se infiere que puede no existir una diferencia en la cantidad de nutrientes en las semillas, es por ello que no presentan una diferencia en el crecimiento las plántulas.

Las semillas de *M. pigra* empleadas en este estudio germinaron en tiempos similares con ambos tratamientos pregerminativos (Figs. 5 y 6), lo cual puede indicar que el área fotosintética de los cotiledones se desarrolla en tiempos similares para todas las plántulas. De acuerdo con Harper *et al.* (1970), el área fotosintética de los cotiledones es de suma importancia para las plántulas emergidas, ya que una vez que se ha producido la emergencia y se agotan las reservas alimenticias de la semilla, los cotiledones empiezan a fotosintetizar para el crecimiento de las plántulas. Se puede inferir que, el tratamiento con el que germinaron las semillas de *M. pigra* no determina el crecimiento de la plántula, sino que el crecimiento, está relacionado con la emergencia de los cotiledones y la actividad fotosintética de éstos.

Los resultados obtenidos para los tratamientos pregerminativos y la relación del peso/tamaño al tiempo de inicio de germinación no mostraron diferencia en ninguna de las colectas. Esto indica que no existe una diferencia en las semillas colectadas en el mes de abril y las colectadas en el mes de noviembre. Los ejemplares de las localidades aquí estudiadas producen semillas en épocas distintas del año, sin embargo, estas semillas no presentan diferencias en su comportamiento germinativo. La viabilidad de las semillas fue similar en las colectas y las localidades. Estas características le permiten tener una ventaja sobre las especies con las cuales tiene que competir, ya que, sus semillas son aptas para la germinación y el crecimiento, independientemente de la época del año en que sean producidas.

Australia Government (2009) describe el ciclo de vida de *M. pigra*, indicando que en el mes de abril se da el inicio de la maduración de las vainas para la liberación de semillas y la germinación y el mes de noviembre se describe como el inicio de la floración hasta la presencia de vainas no maduras. Por su parte Martínez-Bernal *et al.* (2008) reportan que, el tiempo de floración y fructificación para *M. pigra* se presenta durante todo el año en el estado de Veracruz, México. Las observaciones en campo durante este trabajo, concuerdan con lo citado por Martínez-Bernal *et al.* (2008), ya que se logró la recolecta de semillas en distintas épocas del año, es

decir, los individuos de *M. pigra* presentes en Los Tuxtlas, Veracruz, tienen la capacidad de producir semillas viables y con capacidad germinativa alta durante todo el año.

Lonsdale *et al.* (1988) mencionan que *M. pigra* tiene la capacidad de formar bancos de semillas, en los cuales el comportamiento depende de la estacionalidad y las características del ambiente. De igual manera registraron los valores más altos del tamaño del banco de semillas en campos agrícolas de clima templado, mientras que los valores más bajos en los suelos de los bosques tropicales, sugiriendo que la composición de la flora influye en el tamaño del banco de semillas. Al conocer que el banco de semillas puede constituir una fuente de especies potencialmente invasoras (Díaz *et al.*, 2016) y reduce el riesgo de una germinación no exitosa (Martínez-Ghersa *et al.*, 2000). Se puede inferir que los individuos presentes en la región de los Tuxtlas, Veracruz, tienen la capacidad de generar bancos de semillas, lo cual incrementa sus posibilidades de invasión.

De acuerdo con Mendoza y Koleff (2014) la presión del propágulo se refiere al número de propágulos que se han liberado en una región y la cantidad de liberaciones que se presentan en la misma. A medida que el número de liberaciones y el número de propágulos aumenta, la presión también se incrementa. La presión del propágulo acrecienta las posibilidades de establecimiento y expansión de las poblaciones exóticas; la liberación repetida de un gran número de semillas, permite que las poblaciones exóticas aumenten su capacidad en supervivencia y reproducción. La capacidad de los individuos de *M. pigra* de producir semillas durante todas las épocas del año, puede influir en la presión del propágulo, indicando que existe una fuerte presión que determinará un posible éxito en la invasión de nuevos sitios.

La invasibilidad es la característica que identifica aquellos hábitats susceptibles de ser invadidos, los cambios ecológicos, biológicos, químicos y físicos cambian la susceptibilidad de las regiones, lo cual puede implicar la expansión del área de distribución de las especies nativas hacia áreas previamente inhabitables (Mendoza y Koleff, 2014). Por lo anterior mencionado y dado que la región de Los

Tuxtlas es una zona amenazada por el cambio de uso de suelo, es posible que tenga gran susceptibilidad a ser invadida y *M. pigra* sea una especie que pueda tener ventaja sobre otras especies, expandir su área de distribución y colonizar nuevos ambientes.

Blossey y Notzold (1995) mencionan que las especies invasoras al ser liberadas de la presión de los enemigos naturales de sus hábitats nativos, reasignan la biomasa usada para la defensa en estrategias de reproducción y crecimiento. Estos dos rasgos adquieren su máxima expresión en nuevos hábitats ricos en recursos, en donde las especies invasoras adquieren con rapidez la capacidad de generar poblaciones estables y crecientes. En este trabajo se puede observar que *M. pigra* presenta atributos (alta capacidad germinativa, semillas fotoblásticas indiferentes, alta viabilidad de semillas y producción de semillas durante todo el año) que le pueden conferir cierta ventaja sobre otras especies. Sin embargo, se debe tomar en cuenta que la especie aquí estudiada es originaria de México y se encuentra de forma natural en el estado de Veracruz, lo cual puede indicar ciertas limitaciones en su establecimiento exitoso.

Una de las limitaciones para *M. pigra* es la presencia de depredación por brúquidos que presentan las semillas. Se ha observado que factores como la depredación de las semillas restringen la distribución de estas especies (Fonseca y Jacobi, 2011). La germinación puede disminuir hasta menos del 10% o incluso hasta 0%, cuando las semillas son depredadas por brúquidos que ocasionan la muerte de las semillas (Pavón *et al.*, 2011). Los brúquidos reducen el número de semillas viables y, en consecuencia, el número de plántulas para la colonización (Montaño-Arias *et al.*, 2015). Los géneros de brúquidos más importantes como herbívoros de *Mimosa* son *Acanthoscelides* y *Stator* (Pérez, 2007). Dentro de las semillas recolectadas en la región de Los Tuxtlas, se encontró la presencia de brúquidos (Fig. 6), por lo cual se considera importante determinar el efecto que tienen estos insectos en las poblaciones de *M. pigra*.

Marko (1999) menciona diversos mecanismos probados en el control biológico de *Mimosa pigra*, en la región de Australia, con la finalidad de reducir su propagación

y reproducción. Han realizado pruebas con nueve especies de insectos diferentes y dos hongos patógenos, menciona a los escarabajos *Acanthoscelides quadridentatus* y *A. puniceus*, como los primeros insectos introducidos desde México en el año 1983, sin embargo estas especies no han alcanzado altas densidades poblacionales en Australia, lo que dificulta su aplicación.

Al ser ambas especies, tanto *Mimosa pigra* como los brúquidos *Acanthoscelides*, nativos de México, será importante determinar el papel que juegan estos dentro del control biológico de la especie. Posiblemente los escarabajos no pudieron establecerse exitosamente en Australia, ya que no es su rango de distribución natural, sin embargo, al ser la región de Los Tuxtlas un sitio propicio, los efectos que pueda tener sobre las semillas de *M. pigra* sean diferentes y hasta exitosas en el ámbito del control.



Figura 6.- Foto que muestra el orificio producido por los insectos encontrados en las semillas de *Mimosa pigra* en la región de Los Tuxtlas, Veracruz.

Otra limitación que se puede considerar importante es que *Mimosa pigra* no se reproduce vegetativamente de forma natural (Invasive Species Compendium, 2017), sino que su reproducción es únicamente semillas (Creager, 1992). Al no tener reproducción vegetativa los fragmentos que puedan romperse de una planta

ya establecida no producirán otro ejemplar, limitando de esta forma el ingreso de nuevos individuos capaces de generar más semillas a la población.

Otros estudios realizados en especies del género *Mimosa*, las identifican como especies potenciales para la restauración ecológica. Se consideran útiles ya que enriquecen el suelo con materia orgánica y nutrientes, son reservorios de esporas de hongos micorrícicos arbusculares y bacterias fijadoras de nitrógeno (Montaño-Arias *et al.*, 2015). Forman islas de fertilidad y pueden ser nodrizas de diversas especies de cactáceas, impulsando la sucesión (Pavón *et al.*, 2011). Tomando en cuenta lo antes citado, posiblemente el aumento de las poblaciones de *M. pigra* en lugares aledaños a la selva conservada, ya que no se encontraron individuos dentro de la selva, se deba a que puede de ser una especie que promueve la sucesión y considerando que es una especie propia de la región, puede tener un efecto benéfico. Sin embargo, eso se puede determinar con otros estudios, donde se pueda observar si esta especie es capaz de desplazar a otras especies de la zona o si ayuda al proceso de sucesión.

Las características aquí estudiadas dan indicios para inferir que *Mimosa pigra*, es una especie que presenta atributos en la germinación que le confieren cierta capacidad para comportarse como una posible invasora en la Región de Los Tuxtlas, Veracruz, sin embargo, se debe tomar en cuenta que la especie es propia de la región, lo cual, puede modificar este comportamiento.

Conclusiones

- La mayoría de las semillas de *Mimosa pigra* presentan tamaños y pesos similares.
- Las semillas de *Mimosa pigra* son fotoblásticas indiferentes.
- Los dos tratamientos pregerminativos promueven de igual manera la germinación de las semillas.
- No existe una relación entre el peso/tamaño y el tiempo de inicio de germinación.

- La viabilidad de las semillas de *Mimosa pigra* es alta y fue similar para ambas localidades y colectas.
- No existe una diferencia en el crecimiento de las plántulas obtenidas con los dos tratamientos pregerminativos.
- Las semillas que se colectaron en el mes de abril presentaron el mismo comportamiento en la germinación que las colectadas en el mes de noviembre.

Literatura citada

Andrade E. K., Coates R., Gómez M. F. J. y Campos V. A. (2009). *México, Los Tuxtlas*. pp. 217 – 221. En: Schüttler E. y Karez C. S. (eds.). *Especies exóticas invasoras en las Reservas de Biosfera de América Latina y el Caribe*. Un informe técnico para fomentar el intercambio de experiencias entre las Reservas de Biosfera y promover el manejo efectivo de las invasiones biológicas. Oficina Regional de Ciencia de la UNESCO para América Latina y el Caribe, Montevideo, Uruguay.

Arteaga L. L. (2007). *El tamaño de las semillas de Vismia glaziovii Ruhl. (Guttiferae) y su relación con la velocidad de germinación y el tamaño de la plántula*. Revista Peruana de Biología 14: 17 - 20.

Australian Government (2009). Capítulo 1. *Biology, distribution and impacts*. pp. 7 - 17. En: Australian Government. (ed.). *Mimosa pigra, National best practice management manual*. Australia.

Ayala C. G., Terrazas T., López M. L. y Trejo C. (2004). *Variación en el tamaño y peso de la semilla y su relación con la germinación en una población de Stenocereus beneckeii*. Interciencia 29: 692 - 697.

Baker H. G. (1974). *The Evolution of Weeds*. Annual Review of Ecology and Systematics 5: 1 - 24.

- Baskin C. C. y Baskin J.M. (1998). *Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination*. Academic Press: San Diego, CA. pp. 665.
- Baskin C.C. y Baskin J.M. (2004). *A Classification System for Seed Dormancy*. *Seed Science Research* 14: 1 - 16.
- Beilfuss R. (2007). *Adaptive management of the invasive shrub Mimosa pigra at Gorongosa National Park*. *Parque Nacional Gorongosa*. Parque Nacional da Gorongosa. pp.19.
- Blossey B. y Notzold R. (1995). Evolution of increased competitive ability in invasive nonindigenous plants: a hypothesis. *Journal of Ecology* 83: 887 - 889.
- Braithwaite R. W., Lonsdale W. M. y Estbergs J. A. (1989). *Alien vegetation and native biota in tropical Australia: the impact of Mimosa pigra*. *Biological Conservation* 48: 189 - 210.
- Camargo-Ricalde S. L. y Grether R. (1998). *Germinación, dispersión y establecimiento de plántulas de Mimosa tenuiflora (Leguminosae) en México*. *Revista de Biología Tropical* 46: 1 - 12.
- Castro-Díez P., Valladares F. y Alonso A. (2004). *La creciente amenaza de las invasiones biológicas*. *Ecosistemas* 13: 61 - 68.
- Challenger A., Dirzo R., López Acosta J. C., Lira-Noriega A., Mendoza E., Cruz I., Flores M. A. y González E. M. (2009). *Factores de cambio y estado de la biodiversidad*. pp. 54 – 56. En: CONABIO (ed.). *Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio*. México.
- Chrobock T., Kempel A., Fischer M. y Kleunen M. (2011). *Introduction bias: Cultivated alien plant species germinate faster and more abundantly than native species in Switzerland*. *Basic and Applied Ecology* 12: 244 - 250.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). *Enciclopedia*. [en línea]. Disponible:

<http://bios.conabio.gob.mx/especies/6072651> [Fecha de consulta: 20 de octubre de 2016].

Comisión para la Cooperación Ambiental. Especies invasoras. El mosaico de América del Norte: panorama de los problemas ambientales más relevantes. [en línea]. Disponible: <http://www3.cec.org/islandora/es/item/988-north-american-mosaic-overview-key-environmental-issues-es.pdf> [Fecha de consulta: 26 de febrero de 2018].

Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras (2010). *Estrategia nacional sobre especies invasoras en México, prevención, control y erradicación*. pp. 9- 11. En: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México.

Creager R. A. (1992). *Seed Germination, Physical and Chemical Control of Catclaw Mimosa (Mimosa pigra var. pigra)*. Weed Technology 6: 884 - 891.

Daehler C.C. (2003). *Performance comparisons of co-occurring native and alien invasive plants: implications for conservation and restoration*. Annual Review of Ecology and Systematics 34:183 - 211.

Dalling J. W. (2002). *Ecología de semillas*. pp. 345 - 375. En: Guariguata M. y Kattan G. (eds.). *Ecología y conservación de bosques Neotropicales*. Libro Universitario Regional. Cartago, Costa Rica.

Diaz V. M. V. E., Madanes N., Cristiano P. M. y Goldstein G. (2016). *Composición del banco de semillas e invasión de Ligustrum lucidum en bosques costeros de la provincial de Buenos Aires, Argentina*. Bosque 37: 581 - 590.

Dillon S. y Forcella F. (1985). *Fluctuating Temperatures Break Seed Dormancy of Catclaw Mimosa (Mimosa pigra)*. Weed Science 33: 196 - 198.

- Dirzo, R. y García M. C. (1992). *Rates of deforestation in Los Tuxtlas, a Neotropical area in southeast Mexico*. Conservation Biology 6: 84 - 90.
- Dirzo, R., González, S. E. y Vogt, R. C. (1997). *Introducción general*. pp. 3 - 6. En: González, S. E., Dirzo, R. y Vogt, R. C. (eds.). *Historia natural de los Tuxtlas*, Instituto de Biología, UNAM, México.
- Doria J. (2010). Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. Cultivos Tropicales 31: 74 - 85.
- ECOTONO (1996). *Fragmentación y Metapoblaciones* [en línea]. Centro para la biología de la conservación. Boletín del Programa de Investigación Tropical. Disponible: <http://www.ecovivero.org/fragmentacion> [Fecha de consulta: 21 de enero de 2017].
- Everett R. A. (2000). *Patterns and pathways of biological invasions*. Trends in Ecology and Evolution 15: 177- 178.
- Figueroa J. A. y Jaksic F. M. (2004). *Latencia y banco de semillas en plantas de la región mediterránea de Chile central*. Revista Chilena de Historia Natural 77: 201 - 215.
- Fonseca N. G. da y Jacobi C. M. (2011). *Desempenho germinativo da invasora Leucaena leucocephala (Lam.) de Wit. E comparacao com Caesalpinia férrea Mart. Ex Tul. E Caesalpinia pulcherrima (L.) Sw. (Fabaceae)*. Acta Botanica Brasilica 25: 191 - 197.
- González G. P. A., Suárez T. S. I., Hechavarria S. L. y Oviedo R. (2009). *Plantas exóticas invasoras o potencialmente invasoras que crecen en ecosistemas naturales y seminaturales de la provincia Holguín, región nororiental de Cuba*. Botanica Complutensis 33: 89 - 103.
- Guevara, S., Laborde, J., Liesenfeld, D. y Barrera, O. (1997). *Potreros y ganadería*. pp. 43 – 57. En: González, S. E., Dirzo, R. y Vogt, R. C. (eds.). *Historia natural de los Tuxtlas*, Instituto de Biología, UNAM, México.

- Gurrutxaga S. V. M. y Lozano V. P. J. (2006). *Efectos de la fragmentación de hábitats y pérdida de conectividad ecológica dentro de la dinámica territorial*. *Polígonos, Revista de Geografía* 16: 35 - 54.
- Harper J. L., Lovell P. H. y Moore K. G. (1970). *The shapes and sizes of seeds*. *Annual review of ecology and systematics* 1: 327 - 356.
- Hernández M. I., Lobo A. M., Medina C. C. I., Cartagena V. J. R. y Delgado P. O. A. (2009). *Comportamiento de la germinación y categorización de la latencia en semillas de mortiño (Vaccinium meridionale Swartz)*. *Agronomía Colombiana* 27: 15 - 23.
- Hernández R. A. M. (2014). *En el umbral de la extinción*. CONABIO. *Biodiversitas* 113: 1 - 7.
- Herrerías D., y Benitez-Malvido J. (2005). *Las consecuencias de la fragmentación de los ecosistemas. Diplomado en Restauración Ecológica*. pp. 113 – 126. En: Sánchez O., Peters E., Márquez-Huitzil R., Vega E., Portales G., Valdez M. y Azuara D. (eds.). *Temas sobre restauración ecológica*. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, United States Fish and Wildlife Service, Unidos para la Conservación A.C.
- Hong Son N., Van Lam P., Van Cam P., Thi Thanh D. V., Van Dung N., Duc Khanh L. y Forno I. W. (2004) *Preliminary studies on control of giant sensitive Mimosa pigra in Vietnam*. pp. 110 – 116. En: Julien M., Flanagan G., Heard T., Hennecke B., Paynter Q. y Wilson C. (eds.). *Research and Management of Mimosa pigra*. CSIRO Entomology, Canberra, Australia.
- Invasive Species Compendium. *Digitaria abyssinica (East African couchgrass)*. [en línea]. Disponible: <http://www.cabi.org/isc/datasheet/18917> [Fecha de consulta: 4 de septiembre de 2016].
- Invasive Species Compendium. *Mimosa pigra (catclaw mimosa)*. [en línea]. Disponible: <http://www.cabi.org/isc/datasheet/34199> [Fecha de consulta: 31 de enero de 2017].

- Lira-Noriega A., Guevara S., Laborde J. y Sánchez-Ríos G. (2007). *Composición florística en potreros de los Tuxtlas, Veracruz, México*. Acta Botánica Mexicana 80: 59 - 87.
- Lonsdale W. M., Harley K. L. S. y Gillett J. D. (1988). *Seed Bank Dynamics in Mimosa pigra, an Invasive Tropical Shrub*. Journal of Applied Ecology 25: 936 - 967.
- Lowe S., Browne M., Buodjelas S., De Poorter M. (2004). *100 de las Especies Exóticas Invasoras más dañinas del mundo. Una selección del Global Invasive Species Database*. Grupo Especialista en Especies Invasoras (GEEI), Comisión de Supervivencia de Especies (CSE) de la Unión Mundial para la Naturaleza (UINC), pp. 12.
- Marambe B., Amarasinghe L., Silva K., Gamage G., Dissanayake S. y Seneviratne A. (2004). *Distribution, biology and management of Mimosa pigra in Sri Lanka*. pp. 85 – 90. En: Julien M., Flanagan G., Heard T., Hennecke B., Paytner Q. y Wilson C. (eds.). *Research and Management of Mimosa pigra*. CSIRO Entomology, Canberra, Australia.
- Marko M. (1999). *Controlling invasion of the exotic shrub (Mimosa pigra) in tropical Australian wetlands*. Restoration and Reclamation Review 4: 1 - 10.
- Martínez-Bernal A., Grether R. y González-Amaro R.M. (2008). *Leguminosae I, Mimosidae: Mimosa, en Flora de Veracruz*, fascículo 147. Instituto de Ecología A.C. Xalapa, Veracruz, México, pp. 2 - 129.
- Martínez-Ghersa M. A., Ghersa C. M., Benech-Arnold R. L., Donough R. M. y Sánchez R. A. (2000). *Adaptive traits regulating dormancy and germination of invasive species*. Plant Species Biology 15: 127 - 137.
- Mehltreter K. *Plantas invasoras: la nueva amenaza*, INECOL. [en línea]. Disponible: <http://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/ct-menu-item-25/ct-menu-item-27/142-plantas-invasoras> [Fecha de consulta: 21 de agosto de 2014].

- Mendoza R. y Koleff P. (2014). *Introducción de especies exóticas acuáticas en México y en el mundo*. pp. 17 - 41. En: Mendoza R. y Koleff P. (coords.). *Especies acuáticas invasoras en México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Montaño-Arias S. A., Camargo-Ricalde S.L., Grether R. y Díaz-Pontones D. (2015). *Effect of scarification and temperatura on seed germination of two Mexican species of Mimosa (Leguminosae-Mimosoideae)*. *Botanical Sciences* 93: 649 - 659.
- Monitoreo del estado de las invasiones biológicas de plantas en México*. Instituto Nacional de Ecología, UNAM, Instituto de Ecología UNAM e Instituto de Biología UNAM [en línea]. Disponible: <http://www.unibio.unam.mx/invasoras/#especiesxestado> [Fecha de consulta: 15 de febrero de 2016].
- Orozco-Almanza M. S., León-García L. P. de, Grether R. y García-Moya E. (2003). *Germination of four species of the genus Mimosa (leguminisae) in a semi-arid zone of Central Mexico*. *Journal of Arid Environments* 55: 75 - 92.
- Pavón N. P., Ballato-Santos J. y Pérez-Pérez C. (2011). *Germinación y establecimiento de Mimosa aculeaticarpa var. Biuncifera (Fabaceae-Mimosoideae)*. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82: 653 - 661.
- Pérez P. C. J. (2007). *Germinación de semillas de Mimosa aculeaticarpa var. Biuncifera (Benth) Barneby (Fabaceae)* (Tesis de Licenciatura). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería. Pachuca de Soto Hidalgo, México.
- Primack R., Rozzi R., Feinsinger P. y Massardo F. (2001). *Capítulo 7. Especies exóticas, enfermedades y sobreexplotación*. pp. 234 – 236. En: Primack R. Rozzi R. (eds.). *Fundamentos de Conservación Biológica, perspectivas latinoamericanas*.

- Reyna LL. I. A. (2008). *El papel del estrés oxidativo durante el endurecimiento (Priming) en semillas de Dodonaea viscosa (L). Jacq. – Sapindaceae* (Tesis Licenciatura). Facultad de Ciencias, UNAM. México.
- Ríos H. F. y Vargas O. (2003). *Ecología de las especies invasoras*. Perez-Arbelaezia 14: 119 - 148.
- Rojas-Aréchiga M., y Batis A. I. (2001). *Las semillas de cactáceas... ¿forman bancos en el suelo?*. Cactáceas y Suculentas Mexicanas XLVI: 76 - 82.
- Sakai A. K., Allendorf F. W., Holt J. S., Londge D. M., Molofsky J., With K. A., Baughman S., Cabin R. J., Cohen J. E., Ellstrand N. C., McCauley D. E., O'Neil P., Parker I. M., Thompson J. N. y Weller S. G. (2001). *The population biology of invasive species*. Annual Review of Ecology and Systematics 32: 305 - 332.
- Sanhueza C. y Zalba S. (2014). *Banco de semillas, germinación y longevidad de semillas de retama (Spartium junceum, Fabaceae): implicancias para su control*. Boletín dela Sociedad Argentina de Botánica 49: 67 - 76.
- Snow D. W. (1971). *Evolutionary aspects of fruit eating by birds*. Ibis 113: 194 - 202.
- Somporn I., Praneetvatakul S., Sangkapituk C., Sattarasart A., Singhaprecha C. y Sirisupluxana P. (2001). *Impact assessments of forty-nine Thailand/Australia collaborative projects funded by ACIAR during 1983 - 1995*. Working Paper Series 38: 11 - 13.
- Soto, M. y Gama, L. (1997). *Climas*. pp. 7 - 18. En: González, S. E., Dirzo, R. y Vogt, R. C. (eds.). *Historia natural de los Tuxtlas*, Instituto de Biología, UNAM, México.
- Tjitrosoedirdjo. (1989). *The distribution and potential problems of Mimosa pigra L. in Indonesia*. BIOTROPIA-The Southeast Asian Journal of Tropical Biology 2: 18 - 24.

- Umanzor B. D. J. (2016). *Cuantificación de carbono almacenada en árboles de sombra en tres lotes en un sistema de café, en el Centro Experimental ICIDRI – Masatepe de UPOLI*. Universidad Nacional Agraria. Facultad de recursos naturales y del ambiente, Nicaragua, pp. 44.
- Vázquez Y. C., Orozco A., Rojas M., Sánchez M. E. y Cervantes V. (1997). *Capítulo I. Las semillas*. pp., 167. En: Vázquez Y. C., Orozco A., Rojas M., Sánchez M. E. y Cervantes V. (eds). *La reproducción de las plantas: semillas y meristemos*. México, Distrito Federal.
- Villaseñor J. L. y Espinosa-García F. J. (2004). *The alien flowering plant of México*. Diversity and Distributions 10: 113 - 123.
- Vleeshouwers L. M., Bouwmeester H. J. y Karssen C. M. (1995). *Redefining seed dormancy: an attempt to integrate physiology and ecology*. Journal of Ecology 83: 1031 - 1037.
- Walden D., Dam R., Finlayson M., Storrs M., Lowry J. y Kriticos D. (2002). *A risk assessment of the tropical wetland weed Mimosa pigra in northern Australia*. pp. 4 – 21. En: Research and management of Mimosa pigra: papers presented at the 3rd International Symposium on the Management of Mimosa pigra, Darwin, Australia, 22 - 28 September 2002.