



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
"ZARAGOZA"



**Persistencia de la reserva de semillas de tres  
especies de la Familia Leguminosae, en el  
suelo de matorrales xerófilos del Valle del  
Mezquital, Hidalgo.**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE**

**B I O L O G O**

**P R E S E N T A :**

**RUÍZ GARCÍA MARTHA**

DIRECTORA DE TESIS: DRA. MA. SOCORRO OROZCO ALMANZA

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN EN ECOLOGÍA VEGETAL

Investigación realizada con financiamiento de la DGPA  
(Proyecto PAPIIT IN-208205)

México, D. F. 2009



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.

# DEDICATORIA

## *A Dios:*

Por la vida, la sensibilidad  
y la oportunidad de ser una persona con muchos  
motivos para vivir, uno de ellos: **Mi familia.**

## *A mis Padres:*

Isaias Ruíz y Rosa García García  
Por ser las personas que me formaron con amor,  
dedicación, enseñanzas y consejos. Al igual les agradezco  
todos los esfuerzos que han realizado para que concluyera  
mi carrera profesional y sobre todo por estar conmigo  
en los momentos difíciles y alegres de mi vida.

## *A mis Hermanos:*

Ana Laura y José Antonio Ruíz García  
Por tener la dicha de compartir momentos de grata  
felicidad y ser mis compañeros de toda la vida.

## *A mis Niños:*

Alex, BB y Laura Valeria  
Por ser mi motivación más grande para salir adelante y  
nunca dejarme vencer ante las adversidades.

# AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México por permitirme ser parte de ella.

A la Facultad de Estudios Superiores “Zaragoza “ por mi formación profesional.

En particular agradezco a mi asesora la Dra. Ma. Socorro Orozco Almanza por su enseñanza académica, motivación personal y profesional, por todo el apoyo brindado durante mi estancia en el laboratorio.

A los sinodales: Dr. Arcadio Monroy Ata, Dra. Esther Ma. García Amador, Dr. Gerardo Cruz Flores y al M. en C. Efraín Ángeles Cervantes por la revisión y comentarios acertados para la mejora de este trabajo.

Al Biól. Carlos Arzola Galindo por su asesoría en la parte estadística del trabajo.

A mis compañeros de laboratorio Omar, Salvador e Israel por su ayuda en la colecta de suelo en campo.

A mis compañeros de la carrera de Biología (Raquel, Miriam, Viridiana, Raziél, Janet, Eduardo, Yutsil, Maritza, Ana María, Diana, Ángel, Yolanda y Adriana) por todos los gratos momentos que vivimos durante mi estancia en la Facultad.

# ÍNDICE GENERAL

	<b>Página</b>
<b>Índice General</b>	<b>iii</b>
<b>Índice de Figuras</b>	<b>v</b>
<b>Índice de Cuadros</b>	<b>vi</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>1</b>
<b>I INTRODUCCIÓN</b>	<b>2</b>
<b>II ANTECEDENTES</b>	<b>4</b>
2.1 Definición de bancos de semillas del suelo	<b>4</b>
2.2 Tipos de reservas	<b>4</b>
2.3 Dinámica de los bancos de semillas	<b>6</b>
2.4 Estudios realizados en el tema	<b>8</b>
2.5 Localización de los sitios de estudio y características de las especies	<b>10</b>
<b>III HIPÓTESIS</b>	<b>14</b>
<b>IV OBJETIVOS</b>	<b>14</b>
4.1 Objetivo general	<b>14</b>
4.2 Objetivos específicos	<b>14</b>
<b>V MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>15</b>
5.1 Distribución horizontal y vertical de la reserva de semillas del suelo	<b>15</b>
5.2 Cuantificación de las semillas de la reserva	<b>15</b>
5.3 Prueba de viabilidad de las semillas del banco	<b>16</b>
5.4 Persistencia de la viabilidad de las semillas	<b>16</b>
5.5 Comparación del número de semillas/m <sup>2</sup> en la reserva durante tres años de estudio	<b>16</b>
5.6 Análisis estadístico	<b>16</b>
<b>VI RESULTADOS</b>	<b>17</b>
6.1 Densidad de semillas/m <sup>2</sup> , de las tres especies bajo estudio, en la reserva del suelo de diferentes localidades	<b>17</b>
6.2 Densidad de semillas por nivel la pendiente	<b>18</b>
6.3 Distribución horizontal por localidad	<b>19</b>
6.3.1 <i>Prosopis laevigata</i> , en la localidad de El Rincón 1	<b>19</b>

6.3.2	<i>Prosopis laevigata</i> , en la localidad de el Rincón 2	19
6.3.3	<i>Mimosa depauperata</i> , en la localidad de El Rincón 1	20
6.3.4	<i>Mimosa depauperata</i> , en la localidad de El Rincón 2	20
6.3.5	<i>Mimosa biuncifera</i> , en la localidad de El Rincón 1	21
6.3.6	<i>Mimosa biuncifera</i> , en la localidad de González-	21
González		
6.4	Distribución vertical por localidad	22
6.4.1	<i>Prosopis laevigata</i> , en la localidad de El Rincón 1	22
6.4.2	<i>Prosopis laevigata</i> , en la localidad de El Rincón 2	22
6.4.3	<i>Mimosa depauperata</i> , en la localidad de El Rincón 1	23
6.4.4	<i>Mimosa depauperata</i> , en la localidad de El Rincón 2	23
6.4.5	<i>Mimosa biuncifera</i> , en la localidad de El Rincón 1	24
6.4.6	<i>Mimosa biuncifera</i> , en la localidad de González-	24
González		
6.5	Viabilidad de las semillas de la reserva del suelo	25
6.5.1	<i>Prosopis laevigata</i>	25
6.5.2	<i>Mimosa depauperata</i>	26
6.5.3	<i>Mimosa biuncifera</i>	27
6.6	Longevidad	28
6.7	Distribución vertical y horizontal durante los tres años de estudio	30
6.7.1	<i>Prosopis laevigata</i>	30
6.7.2	<i>Mimosa depauperata</i>	31
6.7.3	<i>Mimosa biuncifera</i>	32
<b>VII</b>	<b>DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b>	<b>33</b>
7.1)	Densidad de semillas de la reserva del suelo	33
7.2)	Densidad de semillas por nivel de pendiente	34
7.3)	Distribución horizontal de las semillas	34
7.4)	Distribución vertical de las semillas	35
7.5)	Viabilidad de las semillas del banco	36
7.6)	Longevidad	37
7.7)	Comparación de las semillas de la reserva durante tres años de estudio	37
<b>VIII</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>40</b>
<b>IX</b>	<b>LITERATURA CITADA</b>	<b>41</b>
<b>X</b>	<b>ANEXOS</b>	<b>48</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Tipos de reservas de semillas del suelo	5
2	Sitios de muestreo	11
3	Recolecta de suelo (llenado de cubo de 1dm <sup>3</sup> )	15
4	Densidad de semillas/m <sup>2</sup> en el nivel alto de la pendiente	18
5	Densidad de semillas/ m <sup>2</sup> en el nivel bajo de la pendiente.	18
6	Distribución horizontal de la densidad de semillas/m <sup>2</sup> para la reserva del suelo de <i>Prosopis laevigata</i> (El Rincón 1).	19
7	Distribución horizontal de la densidad de semillas/m <sup>2</sup> para la reserva del suelo de <i>Prosopis laevigata</i> (El Rincón 2).	19
8	Distribución horizontal de la densidad de semillas/m <sup>2</sup> para la reserva del suelo de <i>Mimosa depauperata</i> (El Rincón 1).	20
9	Distribución horizontal de la densidad de semillas/m <sup>2</sup> para la reserva del suelo de <i>Mimosa depauperata</i> (El Rincón 2).	20
10	Distribución horizontal de la densidad de semillas/m <sup>2</sup> para la reserva del suelo de <i>Mimosa biuncifera</i> (El Rincón 1).	21
11	Distribución horizontal de la densidad de semillas/m <sup>2</sup> para la reserva del suelo de <i>Mimosa biuncifera</i> (González-González).	21
12	Distribución vertical de la densidad de semillas/m <sup>2</sup> para la reserva del suelo de <i>Prosopis laevigata</i> (El Rincón 1).	22
13	Distribución vertical de la densidad de semillas/m <sup>2</sup> para la reserva del suelo de <i>Prosopis laevigata</i> (El Rincón 2).	22
14	Distribución vertical de la densidad de semillas/m <sup>2</sup> para la reserva del suelo de <i>Mimosa depauperata</i> (El Rincón 1).	23
15	Distribución vertical de la densidad de semillas/m <sup>2</sup> para la reserva del suelo de <i>Mimosa depauperata</i> (El Rincón 2).	23
16	Distribución vertical de la densidad de semillas/m <sup>2</sup> para la reserva del suelo de <i>Mimosa biuncifera</i> (El Rincón 1).	24
17	Distribución vertical de la densidad de semillas/m <sup>2</sup> para la reserva del suelo de <i>Mimosa biuncifera</i> (González-González).	24
18	Distribución vertical y horizontal de la reserva de semillas en el suelo de <i>Prosopis laevigata</i> .	30
19	Distribución vertical y horizontal de la reserva de semillas en el suelo de <i>Mimosa depauperata</i> .	31
20	Distribución vertical y horizontal de la reserva de semillas en el suelo de <i>Mimosa biuncifera</i> .	32

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Características de las especies	12
2	Valor medio de la densidad de semillas por m <sup>2</sup> , por especie y localidad en relación con todas las épocas de muestreo	17
3	Porcentaje de germinación de las semillas de la reserva del suelo de <i>Prosopis laevigata</i> .	25
4	Porcentaje de germinación de las semillas de la reserva del suelo de <i>Mimosa depauperata</i> .	26
5	Porcentaje de germinación de las semillas de la reserva del suelo de <i>Mimosa biuncifera</i> .	27
6	Porcentaje de viabilidad de las semillas enterradas en el suelo (5cm), durante tres años.	29
7	Resultados del análisis de varianza.	48
8	Resultados del análisis de varianza para longevidad.	48
9	Resumen de resultados	49

## RESUMEN

Los ecosistemas semisecos del Valle del Mezquital en el estado de Hidalgo, presentan graves daños de deterioro en la cubierta vegetal; una herramienta útil para revertir los daños causados principalmente por la apertura de suelo agrícola, sobrepastoreo y tala de especies con valor ecológico y económico, es el estudio de los bancos de semillas del suelo, lo cual nos puede indicar la potencialidad de recuperación de la vegetación de un sitio deteriorado y su grado de salud en cuanto a la presencia de especies deseables. El objetivo de este trabajo fue evaluar la formación de reservas de semillas en el suelo de tres especies leñosas de la familia Leguminosae: *Prosopis laevigata*, *Mimosa biuncifera* y *Mimosa depauperata*, así como su persistencia en la reserva durante tres años de estudio. Se tomaron muestras de suelo de dos localidades del Valle del Mezquital: González-González, Municipio Santiago de Anaya y El Rincón, Municipio el Arenal. En cada localidad se tomaron muestras de suelo de ocho individuos de cada especie, distribuidos en un transecto de 30 m de largo, a tres profundidades en el suelo (mantillo, 0-5 cm y 5-10 cm), bajo el dosel y las áreas abiertas; cuatro individuos se muestrearon en el nivel alto de la pendiente (7°) y los restantes en el nivel bajo (3°). Las semillas fueron extraídas utilizando el método de separación directa y fueron sometidas a una prueba de viabilidad, por el método de germinación directa. En campo, se siguió la viabilidad de varios lotes de semillas correspondientes a las especies bajo estudio, las cuales se enterraron desde 2005, durante la realización de dos tesis previas. En este trabajo en particular, se desenterraron las semillas cada cinco y siete meses, para finalmente, evaluar su persistencia en el suelo, durante el tercer año de estudio (2006-2007). Los resultados obtenidos para la formación de reservas de semillas en el suelo de las tres especies de leguminosas presentaron similitud: en el caso de la distribución horizontal la mayor densidad de semillas se registró bajo el dosel de los individuos y disminuyó en el área interarbustiva; en la distribución vertical las tres especies acumularon semillas en las tres profundidades del suelo, pero fueron ligeramente más abundantes en el mantillo. En relación al nivel de la pendiente, no se registraron diferencias significativas. Las especies que registraron mayor densidad de semillas en el suelo, fueron: *Prosopis laevigata* > *Mimosa depauperata* > *Mimosa biuncifera*, lo cual tiene relación al grado de deterioro que presentó el sitio de muestreo, la zona más conservada, presentó mayores densidades de semillas por m<sup>2</sup> (10,182.94 semillas/m<sup>2</sup>). Los porcentajes de germinación y de viabilidad de las semillas registradas en la reserva para las tres especies, oscilaron entre 20-100%, 45-100% y 16-100% respectivamente. Las semillas en campo, conservan su viabilidad en un 80-50% (*Mimosa depauperata* > *Acacia schaffneri* > *Prosopis laevigata* > *Mimosa biuncifera*, respectivamente). Las mayores densidades de semillas en la reserva del suelo, para todas las especies, se registraron en los meses agosto-octubre, lo cual coincide con la época de producción y dispersión de semillas. Se concluye que las especies estudiadas, forman reservas de semillas en el suelo, las cuales pueden ser consideradas como de tipo permanente, persistiendo viables y latentes, al menos tres años.

## I. INTRODUCCIÓN

El territorio mexicano está representado en un 50%-60% por zonas áridas y semiáridas; las cuales están localizadas principalmente en el norte y centro del país (Rzedowski, 1978). La importancia de estas zonas radica en su alta diversidad botánica *ca.* 6000 especies con un gran número de endemismos (*ca.* 40%), lo que lleva a considerarlas como áreas con alto potencial para la obtención de recursos naturales (Velasco-Molina, 1991).

Las zonas áridas, son regiones cuya precipitación pluvial es menor de 350 mm al año, con una distribución irregular durante el ciclo vegetativo, la temperatura media anual fluctúa entre los 15 y 25 °C, con presencia de siete meses de sequía y una cubierta vegetal menor del 70%, dominando principalmente por especies xerófilas de porte bajo. Las zonas semiáridas son aquellas áreas en que la precipitación pluvial varía de 350 a 600 mm al año, con una temperatura media anual de 18 a 22 °C, con 6-8 meses de sequía. Su cubierta vegetal es superior al 70% y la vegetación dominante está formada principalmente por diferentes tipos de matorrales y pastizales (Maldonado, 1985).

Actualmente, estas zonas presentan un alto grado de deterioro, provocado principalmente por actividades como: sobrepastoreo, deforestación, agricultura y expansión de la mancha urbana, lo cual trae consigo la erosión del suelo. La pérdida de la cubierta vegetal original, se ve impactada por todas estas acciones, provocando que una gran cantidad de especies vegetales valiosas por su importancia económica y ecológica se vean afectadas. Un ejemplo, lo constituyen algunas especies de la familia Leguminosae, las cuales han colonizado con éxito estas zonas secas y semisecas. En México, para esta familia, se reportan un total de 135 géneros y 1,724 especies de las cuales una gran parte habita en las zonas secas y semisecas (Sousa y Delgado, 1998), en donde llegan a ser especies dominantes-codominantes de la vegetación, por ello es importante llevar a cabo estudios que nos permitan recuperarlas y conservarlas *in situ*.

Dada la importancia de rescatar la gran riqueza biológica de los ecosistemas áridos y semiáridos, es necesaria la búsqueda de alternativas que así lo permitan; una de ellas es el estudio de los bancos o reservas de semillas en el suelo, que constituyen una herramienta para revertir el proceso de deterioro que presenta la cubierta vegetal actual. Las reservas de semillas del suelo son ricas en propágulos que contribuyen a recuperar la vegetación nativa. Luzuriaga *et al.* (2005) y Granados y López (2001), mencionan que estas reservas son una alternativa viable para el manejo de la vegetación, con propósitos de conservación o de recuperación y son elementos esenciales en las comunidades vegetales porque contribuyen significativamente en los procesos ecológicos como la sucesión ecológica y la repoblación natural.

La reserva de semillas del suelo, es importante para la supervivencia de las especies individualmente; así como para la persistencia de las comunidades durante un largo periodo de tiempo; sin embargo no todas las especies de una comunidad vegetal están representadas en la reserva de semillas del suelo y algunas especies presentes en la reserva de semillas no se presentan en la vegetación real. Si en un hábitat por un disturbio las plantas mueren, la reserva de semillas asegura la continuación de esas especies en ese sitio. Por lo que a la reserva de semillas se le ha puesto atención como una herramienta para la recuperación de diversas comunidades vegetales, en las que se

incluyen a bosques de eucaliptos, pastizales templados, humedales, ciénegas, pantanos, ecosistemas tropicales secos, entre otros (Baskin y Baskin, 2001).

Conocer la importancia que implica el estudio de una reserva de semillas del suelo es clave en la conservación de especies, ya que es una alternativa ecológica porque tiene un papel crucial en la repoblación natural, en caso de que los ecosistemas presenten algún tipo de perturbación natural o antropógena.

Los matorrales xerófilos del Valle del Mezquital, Hidalgo, han sido sometidos al impacto de diversas actividades humanas como: el desmonte, la agricultura y el sobrepastoreo que se han acentuado durante las últimas décadas, contribuyendo a la pérdida de cubierta vegetal, incrementándose la erosión del suelo y con ello la desertificación de muchas localidades importantes, que son el hábitat de especies valiosas de flora y fauna que dan las características fisonómicas al lugar. El estudio de las reservas de semillas del suelo, proporcionará las bases para el manejo de la recuperación de especies valiosas como mezquite y uñas de gato, importantes por su valor ecológico (formadoras de islas de recursos, fijadoras de nitrógeno) y económico (fuentes de madera, leña, forraje, etc.), (Arias *et al.*, 2001).

El objetivo de este trabajo fue evaluar la persistencia de la reserva de semillas del suelo de tres especies de la familia leguminosae: *Prosopis laevigata* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M.C.Johnst.; *Mimosa depauperata* Benth. y *Mimosa biuncifera* Benth., en algunas asociaciones vegetales de matorral xerófilo en la zona semiseca del Estado de Hidalgo, con el fin de conocer su potencialidad de repoblación en el corto-mediano plazo.

## II. ANTECEDENTES

### 2.1) Definición de bancos de semillas del suelo

El banco o reserva de semillas del suelo, es el conjunto de semillas depositadas en el sustrato edáfico después de su dispersión, se compone, en parte, de semillas producidas sobre el área además de las provenientes del exterior. Las semillas normalmente llegan al suelo, a través de la lluvia de semillas, y se presentan bajo condiciones de latencia, y pueden pasar de la reserva del suelo a formar parte de un banco de plántulas, si se supera el tamiz que provoca el ambiente para su germinación; las semillas que no logran germinar en una temporada favorable, mueren o siguen en latencia formando esa reserva de semillas, que permitirá la repoblación de la vegetación en el mediano y largo plazo (Granados y López 2001).

Fenner y Thompson (2005), definen a la reserva de semillas del suelo como el conjunto de diásporas, frutos y semillas que son liberados por la planta madre y que permanecen en la superficie y a ciertas profundidades del perfil edáfico sin germinar de inmediato, hasta que las condiciones del medio son favorables o pueden permanecer latentes durante tiempo indefinido.

### 2.2) Tipos de reservas

Los bancos de semillas pueden ser incorporados dentro de modelos generales de sucesión ecológica y respuesta cíclica para hábitats perturbados. Para su clasificación se han realizado diferentes estudios que permiten comprender su función, a partir de lo cual se han sugerido una o más tipologías; se han monitoreado muestras de suelo en intervalos de tiempo, durante todo un año haciendo evaluaciones cuantitativas de longevidad de semillas, incorporando sus datos dentro de modelos representativos de dinámica poblacional de cada especie; así mismo se ha medido la variación estacional de las densidades de semillas y el porcentaje de germinación en hábitats diferentes (Granados y López 2001).

Thompson y Grime (1979) y Grime (1982), reconocen dos tipos de reservas de semillas: a) transitorias, en las cuales ninguna semilla permanece viable en el hábitat durante más de un año (Tipo I\*, Tipo II\*) y b) persistentes, en donde las semillas permanecen viables en el suelo al menos durante un año (Tipo III<sup>+</sup>, Tipo IV<sup>+</sup>) (Figura 1).

\* Tipo I → Son las especies cuyas semillas se dispersan en otoño y permanecen solo hasta el verano.

\* Tipo II → Las semillas germinan durante la primavera y sus semillas permanecen en el banco solo hasta el invierno. Las semillas de ambos tipos, no siempre entran en latencia cuando son esparcidas, esta latencia comienza cuando llega el periodo de bajas y altas temperaturas.

♦ Tipo III → Las semillas germinan pronto después de la dispersión, pero una pequeña reserva de semillas viables permanece sin germinar.

♦ Tipo IV → Únicamente una pequeña proporción de semillas germina inmediatamente después de la dispersión, y una gran reserva de semillas viables permanece sin germinar (Baskin y Baskin, 2001).

Thompson *et al.* (1997), proponen un sistema nuevo de clasificación, compuesto por tres tipos, basados solo en la longevidad de las semillas. En el tipo I, las semillas son transitorias en el suelo, sólo permanecen en él durante un año ó menos. En el tipo II, las semillas son persistentes y permanecen en el suelo a mediano plazo, durante un período entre 1-5 años. En el tipo III las semillas también son persistentes, permanecen en el suelo a largo plazo por más de cinco años (Fenner y Thompson, 2005).

Terradas (2001), menciona que existen tres tipos de bancos de semillas en el suelo, dependiendo a la profundidad donde se almacenan. Cuando las semillas se encuentran en la superficie del suelo, forman un banco transitorio, si las semillas se acumulan a mayores profundidades en el suelo, éstas quedarían protegidas de la depredación y dependiendo de sus características morfológicas y de su longevidad, forman bancos persistentes a corto plazo. Si las semillas se acumulan tanto en capas profundas como en la superficie del suelo, los bancos son persistentes a largo plazo.

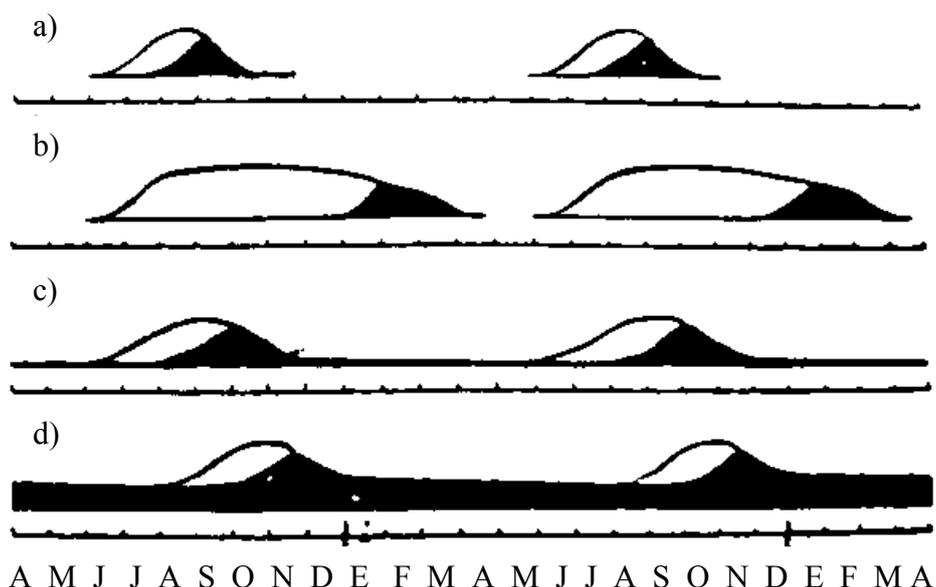


Figura 1. Tipos de reservas de semillas del suelo presentes comúnmente en regiones templadas: a) pastos anuales y perennes de hábitats secos o alterados (*Hordeum murinum*, *Lolium perenne* y *Catapodium rigidum*); b) herbáceas anuales y perennes, arbustos y árboles que colonizan los claros de la vegetación a principios de la primavera (*Impatiens glandulifera*, *Anthriscus sylvestris* y *Acer pseudoplatanus*); c) anuales de invierno que germinan en su mayoría en el otoño, pero que mantienen una pequeña reserva de semillas (*Arenaria serpyllifolia*, *Saxifraga tridactylites*, *Erophila verna*); d) herbáceas anuales y perennes y arbustos con una gran reserva de semillas persistente (*Stellaria media*, *Origanum vulgare*, *Calluna vulgaris*) (Granados y López, 2001).

Los diferentes tipos de reservas o bancos de semillas se relacionan con estrategias regenerativas, que involucran tanto a las semillas como a los propágulos vegetativos. La regeneración vegetal a partir de las reservas de semillas del suelo, de arbustos y árboles, se asocia principalmente a hábitats perturbados (Granados y López, 2001), sin embargo en sitios conservados la repoblación vegetal es mas rápida.

### 2.3) Dinámica de los bancos de semillas

La dinámica de los bancos de semillas es regulada por factores como la dispersión de las semillas, longevidad y germinación (Harper, 1977; Thompson, 1987). Los bancos o reservas de semillas del suelo se ven influenciadas por la entrada y la salida de semillas al sistema. Los factores que controlan esas variables tanto espaciales como de escala temporal, generan procesos que actúan ecológica y evolutivamente. Algunos factores pueden influenciar la reserva de semillas y otros no. El primer factor es el biótico e incluyen a la morfología, anatomía y las características fisiológicas de las semillas así como su relación con los animales.

De acuerdo con el tamaño que presentan las semillas, se observan las estrategias que desarrollan las especies para enfrentar las fuerzas operativas de la selección natural. El primer paso crucial en la formación de un banco de semillas persistente en el suelo es el enterramiento. En la superficie del suelo, es muy probable que las semillas sufran uno de los dos destinos: la germinación o la depredación. Por lo tanto la preferencia de hábitat de una semilla está vinculada de forma predecible al tamaño de las semillas y a la persistencia (Fenner y Thompson, 2005).

La latencia es el estado en que se encuentra una semilla viable que no germina aún cuando dispone de condiciones ambientales favorables, como suficiente humedad para embeberse, ventilación similar a las de las primeras capas de un suelo bien aireado y temperaturas entre 10° y 30° C que permitan el crecimiento vegetal. Es decir que las semillas con latencia presentan mecanismos fisiológicos, inhibitorios que impiden la germinación en condiciones ambientales desfavorables para el crecimiento vegetal; esta condición de las semillas también se ha denominado dormancia, dormición, latencia, letargo, reposo y vida latente (Camacho, 1994).

Dependiendo de las condiciones del ambiente y de la naturaleza de la semilla, el crecimiento del embrión se puede reiniciar en horas, días, semanas, meses, años o hasta siglos después de la diseminación (Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia, 1990).

Los tipos de latencia encontrados en las semillas de la reserva del suelo, de acuerdo a Morales y Camacho (1987) son: a) latencia primaria o innata, que se establece durante el desarrollo y maduración de la semilla y puede ser: física, química, mecánica, morfológica, fisiológica y b) latencia secundaria que puede ser inducida en las semillas maduras una vez que se han separado de la planta progenitora. La latencia es de gran importancia en la ecología de las semillas, pues permite mejorar la distribución de la germinación en el tiempo y en el espacio.

La germinación de las semillas de las zonas áridas y semiáridas, está controlada por diferentes tipos de latencia, como: 1) presencia de cubiertas duras, las cuales son eliminadas por las fluctuaciones diurnas o estacionales de la temperatura y precipitación del ambiente, y 2) presencia de inhibidores químicos en las cubiertas de las semillas, los cuales son eliminados con las lluvias. El periodo de latencia coincide con las etapas desfavorables para la germinación (Went, 1973).

La longevidad de las semillas, es el tiempo que las semillas permanecen viables, pueden haber semillas que germinan, todavía, después de decenas o centenas de años; se da en semillas con una cubierta seminal dura como las leguminosas. El caso extremo de retención de viabilidad es el de las semillas de *Nelumbo nucifera* (Nelumbonaceae)

encontradas en Manchuria con una antigüedad de unos 250 a 400 años. Una semilla será más longeva cuanto menos activo sea su metabolismo, esto a su vez, origina una serie de productos tóxicos que al acumularse en las semillas por periodos prolongados produce efectos letales para el embrión.

Para evitar la acumulación de esas sustancias bastará disminuir aún más su metabolismo, con lo cual se habrá incrementado la longevidad de la semilla, tal hecho se puede conseguir bajando la temperatura (3-10 °C) y/o deshidratando la semilla. Las bajas temperaturas dan lugar a un metabolismo mucho más lento, por lo que las semillas conservadas en esas condiciones viven más tiempo que las conservadas a temperatura ambiente. La deshidratación, también alarga la vida de las semillas, más que cuando se conservan con su humedad normal. Pero la desecación tiene ciertos límites; por debajo del 2-5% la humedad se ve afectada por el agua contenida en las células de la semilla, siendo perjudicial para la misma (Fenner y Thompson, 2005; Granados y López, 2001).

La longevidad de la semilla combinada con el reposo, es el medio por el cual la descendencia de una sola planta madre o las semillas de un solo año pueden ir germinando poco a poco durante una serie de años. Un prerrequisito de la longevidad de las semillas en el suelo es que no germinen mientras están enterradas. Varios factores ambientales incluidos, la oscuridad, la relación CO<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>, los metabolitos volátiles y las fluctuaciones de temperatura pueden prevenir la germinación de las semillas enterradas (Baskin y Baskin, 2001).

Las plantas anuales monocárpicas que viven en lugares con un largo periodo de sequía, producen por lo general semillas con una longevidad más larga que las plantas perennes policárpicas de los bosques húmedos. Las características de estos ambientes se ven reflejadas en la estructura y fisiología de la semilla (Vázquez-Yanes, 1987).

El otro factor que influye en la reserva de semillas es el abiótico, incluye al viento, la lluvia, la estructura y las fuerzas físicas en el suelo (Ma *et al.*, 2006). La producción de semillas por ejemplo puede tener una alta influencia en la tasa de entrada de semillas comparada con otros procesos, tales como la dispersión a gran distancia desde otro hábitat.

Las constantes fluctuaciones ambientales entre el espacio y el tiempo, tales como la precipitación o los disturbios, influyen una respuesta en la reserva de semillas del suelo.

## 2.4) Estudios realizados sobre reservas de semillas

Los trabajos que se han realizado en México son pocos, y se han enfocado a determinar la reserva de semillas de diferentes tipos de vegetación, tales como pastizales del centro de México (Molina *et al.*, 1991) y matorrales xerófilos del estado de Querétaro (Orozco 2003); sin embargo solo el último está enfocado a la evaluación de la formación de reservas de semillas en el suelo de especies de la familia Leguminosae. Otros trabajos son:

Guo *et al.* (1998), estudiaron la distribución horizontal y vertical que tienen las semillas en el suelo, en cuatro localidades del desierto de Norte América (Gran Cuenca y desiertos de Mojave, Sonora y Chihuahua). La distribución vertical y horizontal se presentó de acuerdo a la morfología que presentaban las semillas, además de la abundancia que presentaban en las zonas. Horizontalmente la mayor densidad de semillas la encontraron bajo el dosel en relación a las áreas interarbustivas y verticalmente la mayor densidad de presentó a profundidades someras.

Owens *et al.* (1995), analizaron la persistencia de las semillas en el suelo, de *Acacia berlandieri* y *Leucaena pulverulenta*, en el Norte de México y encontraron que las semillas dispersadas de manera natural, gradualmente se incorporan a la reserva del suelo. Las semillas enterradas pierden su viabilidad en los primeros dos meses.

Orozco (2003), evaluó la formación de reservas de semillas en el suelo para cuatro especies del género *Mimosa* en la Cuenca del Río Estórax, en Querétaro, y encontró que las mayores densidades de semillas del género se distribuyen bajo el dosel de los individuos y a profundidades someras (0-5 cm).

Arzola (2006), evaluó la reserva de semillas en el suelo de *Prosopis laevigata* y *Mimosa biuncifera*, su viabilidad y longevidad, el predominio ecológico y la dinámica de plántulas en tres matorrales xerófilos del Valle del Mezquital, Hidalgo.

Hernández (2009), evaluó la persistencia que presentan las semillas en la reserva de cuatro especies de la familia Leguminosae en diferentes asociaciones vegetales de cuatro matorrales xerófilos del Valle del Mezquital, Hidalgo.

Estudios realizados para otros países:

Günster (1994), estudio la dinámica del banco de semillas del suelo, su longevidad, viabilidad y depredación en el centro del desierto de Namib, en África durante un periodo de dos años. La mayoría de las especies que estudiaron presentaron un gran densidad de semillas, la viabilidad fue baja solo para dos especies *Geigeria alata* y *Geigeria ornativa* debido a la depredación atribuida a larvas de un coleóptero.

Ortega *et al.* (2001), analizaron el banco de semillas del suelo de *Prosopis ferox* en Argentina y encontraron que la dureza del fruto y la depredación por brúquidos eran factores que determinan que las semillas no se incorporen a la reserva del suelo. El ganado fue el principal dispersor de las semillas, así como el factor determinante para su incorporación al banco de semillas del suelo.

Caballero *et al.* (2003), evaluaron la densidad del banco de semillas del suelo en un gradiente semiárido en el centro de España. La densidad de semillas que encontraron en él,

fue relativamente alta (16,614 semillas/m<sup>2</sup>) con una distribución espacial muy agrupada. La densidad de semillas fue resultado de los procesos físicos que regulan la dispersión secundaria. Un gran número de especies de la vegetación real aparecieron en el banco de semillas del suelo (68), principalmente especies anuales (*Helianthemum squamatum*, *Lepidium subulatum* y *Sedum gypsicola*). La presencia de semillas de especies perennes fue significativa en comparación con la reportada para otros ecosistemas áridos y semiáridos.

Luzuriaga *et al.* (2005), determinaron la contribución que tiene el banco de semillas en la recuperación de la cubierta vegetal de sitios perturbados, evaluaron las características del banco como la composición, abundancia y distribución vertical que presentan las semillas, además de la vegetación presente y su abundancia

Adams *et al.* (2005), determinaron la función del banco de semillas en la persistencia de la población vegetal para diseñar programas de monitoreo, observaron que la supervivencia de semillas en el banco tiene una relación directa con el reclutamiento de plántulas.

Andreza y Vera (2007), estudiaron los bancos de semillas del suelo presentes en fragmentos de bosque tropicales con perturbación en el Sureste de Brasil. Encontraron que la reserva de semillas del suelo, fue mayor en la época seca, en el sitio más perturbado, debido a que en este sitio se encuentra la mayoría de especies (principalmente herbáceas) además de presentar una mayor diversidad de especies, que contribuyen considerablemente al banco de semillas.

## 2.5) Localización de los sitios de estudio y características de las especies

Se seleccionaron dos localidades de matorral xerófilo, en el Valle del Mezquital en el estado de Hidalgo, en función de la abundancia de las especies: *Prosopis laevigata*, *Mimosa depauperata*, *Mimosa biuncifera* (Fig. 2 y Cuadro 1).

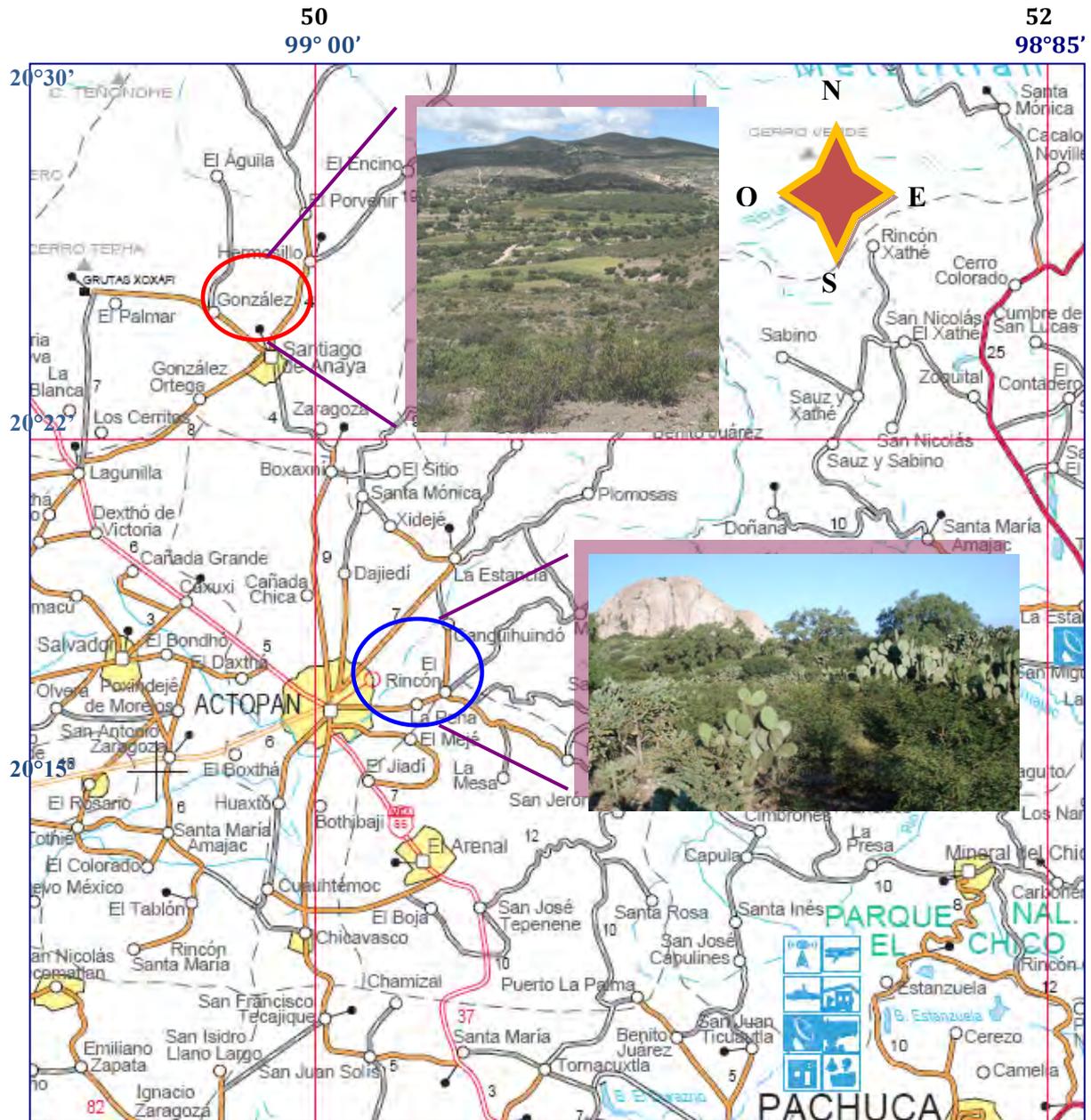
1. ■ La localidad El Rincón, Municipio el Arenal se dividió en dos sitios de muestreo.

El Rincón 1. (20°16'16" N y 98°54'46" W). En una ladera (3-4°), con una exposición sureste a una altitud de 2034 msnm. Vegetación: matorral alto espinoso, donde domina *Prosopis laevigata* y las especies codominantes son *Mimosa biuncifera* y *Mimosa depauperata*. Porcentaje de cobertura vegetal 70%. Especies muestreadas: *Prosopis laevigata*, *Mimosa biuncifera*, *Mimosa depauperata*.

El Rincón 2. (20°16'19" N y 98°54'34" W). Altitud 2053 msnm. En una ladera (3-4°), con una exposición sureste. Vegetación: matorral alto espinoso con presencia de *Acacia schaffneri*, *Mimosa depauperata*, especies dominantes *Prosopis laevigata* y *Dalea bicolor* var. *bicolor*, especies codominantes *Mimosa depauperata*, especies asociadas, *Myrtillocactus geometrizans* y *Opuntia streptacantha*. Porcentaje de cobertura vegetal 75%. Especies muestreadas: *Prosopis laevigata* y *Mimosa depauperata*

2. ■ Localidad de González-González, Municipio Santiago de Anaya (20°34'30" N y 98°58'26" W). Altitud 2238 msnm. En una ladera (6-7°), con una exposición noreste. Vegetación: matorral crasicaule con dominancia de *Opuntia streptacantha*, como especie codominante *Mimosa biuncifera* y especie asociada *Echinocactus platyacanthus*. Porcentaje de cobertura vegetal 60%. Especie muestreada: *Mimosa biuncifera*.

Las tres especies bajo estudio presentan características morfológicas y usos distintivos (Cuadro1).



Escala Gráfica Escala 1: 260 000



Figura 2. Sitios de muestreo: ■ González; ■ El Rincón. Fuente (INEGI 200

Cuadro 1. Características de las especies.

Especie	Localidad	Clasificación	Características Morfológicas	Distribución	Usos
<p><i>Prosopis laevigata</i></p> 	<p>Localidad El Rincón, Municipio el Arenal (20°16'16"N y 98°54'46" W) (R1). Pendiente 3-4°. Altitud 2034 msnm.</p> <p>Localidad El Rincón, Municipio el Arenal (20°16'19" N y 98°54'34" W) (R2). Pendiente 3-4°. Altitud 2053 msnm.</p>	<p>Reino: Plantae División: Antófitos Subdivisión: Angiopermae Clase: Dicotiledonea Subclase: Cotyloideae Superorden: Apopetalae Orden: Rosales Familia: Leguminosae Subfamilia: Mimosoidae Género: <i>Prosopis</i> Especie: <i>Prosopis laevigata</i> (Humb. &amp; Bonpl. ex Willd.) M.C.Johnst.</p>	<p>Arbol o arbusto leñoso, el tallo se ramifica a baja altura, alcanza hasta 2 m de altura; ramas labras o pilosas, espinas estipulares de 1-4 cm de largo; hojas bipinadas, pecioladas con 1-3 pares de pinas, cada una con 10-20 pares de folíolos sésiles, oblongos o linear-oblongo; flores agrupadas en inflorescencias en espigas densas de 5-10 cm de largo, son blanco amarillentas sésiles o casi sésiles; legumbre linear de 7 a 20 cm de largo por 8-15 mm de ancho de color café amarillento a veces rojizo; semillas ampliamente ovadas 6.4 largo por 4.7 de ancho (Calderón y Espinoza 1997; Rzedowski y Rzedowski, 1979).</p>	<p>Se encuentra en la vertiente del pacífico desde Michoacán hasta Oaxaca y en la del Golfo de México, en Nuevo León, Tamaulipas y el norte de Veracruz y en las regiones centrales de altura del país hasta los 2 300 m, en San Luis Potosí, Guanajuato, Zacatecas, Durango, Coahuila; también se han reportado poblaciones en Hidalgo (Gómez <i>et al.</i>, 1970)</p>	<p>Vainas: se transforman en harina para la elaboración de dulces, panes y bebidas fermentadas. Hojas y vainas: son ramoneadas por el ganado bovino y caprino. Inflorescencia: producen néctar. Corteza: se extraen taninos; de la goma extraída se elaboran pinturas, medicamentos, y pigmentos. Madera: se fabrican muebles, objetos de uso doméstico y construcción. Incrementa la fertilidad natural del suelo debido a su capacidad de fijar nitrógeno. (De la Vega, 1992; Fagg y Stewart, 1994).</p>
<p><i>Mimosa depauperata</i></p> 	<p>Localidad El Rincón, Municipio el Arenal (20°16'16"N y 98°54'46" W) (R1). Pendiente 3-4°. Altitud 2034 msnm.</p> <p>Localidad El Rincón, Municipio el Arenal (20°16'19" N y 98°54'34" W) (R2). Pendiente 3-4°. Altitud 2053 msnm.</p>	<p>Reino: Plantae División: Antófitos Subdivisión: Angiopermae Clase: Dicotiledonea Subclase: Cotyloideae Superorden: Apopetalae Orden: Rosales Familia: Leguminosae Subfamilia: Mimosoidae Género: <i>Mimosa</i> Especie: <i>Mimosa depauperata</i> Benth.</p>	<p>Arbusto de 30 cm-1 m de altura; ramas puberulentas, armadas de espinas curvadas; hojas de 1-2 cm largo, pinas 1 ó 2 pares cada una com 2 ó 3 pares de folíolos sésiles; flores blancas o azulosas, pubescentes; legumbre linear, curvada de 3-4 cm de largo por 4-6 mm de ancho de color café amarillento y algo canescente, en el margen lleva espinas de color café-amarillento; semillas orbiculares algo comprimidas de color café oscuro, casi negro (Rzedowski <i>et al.</i>, 2001).</p>	<p>Se distribuye en los estados de Queretaro, Hidalgo hasta Oaxaca. (Rzedowski <i>et al.</i>, 2001).</p>	<p>Se utiliza como forraje y leña. Contribuye al incremento de nutrientes bajo su cobertura, crean un microclima favorable para el establecimiento de otras plantas, condensan neblina en los inviernos fríos y secos del Altiplano Mexicano (Monroy <i>et al.</i>, 2007).</p>

Especie	Localidad	Clasificación	Características Morfológicas	Distribución	Usos
<p data-bbox="174 268 293 325"><i>Mimosa biuncifera</i></p> 	<p data-bbox="405 268 640 448">Localidad El Rincón, Municipio el Arenal (20°16'16"N y 98°54'46" W) (R1). Pendiente 3-4°. Altitud 2034 msnm.</p> <p data-bbox="405 485 640 692">Localidad González-González, Municipio Santiago de Anaya (20°34'30" N y 98°58'26" W). Pendiente 6-7°. Altitud 2238 msnm.</p>	<p data-bbox="672 268 965 635">Reino: Plantae División: Antófitos Subdivisión: Angiospermae Clase: Dicotyledonea Subclase: Cotyloideae Superorden: Apocetales Orden: Rosales Familia: Leguminosae Subfamilia: Mimosoidae Género: <i>Mimosa</i> Especie: <i>Mimosa biuncifera</i> Benth.</p>	<p data-bbox="992 268 1413 1066">Arbusto de 60 cm a 2 m de altura, con ramas anguladas pubescentes, armada con espinas recurvadas de base ancha; hojas compuestas bipinnadas, de 2-5 cm de largo con pecíolo corto, pinnas de 4- 10 pares, cada una provista de 5-12 pares de folíolos linear-oblongos de 1.5 a 3 mm de largo, por 1 mm de ancho, ápice obtuso, margen entero, base obtusa, pubescente. Presenta flores reunidas en cabezuelas axilares; blanco rosadas, de 7-8 mm de diámetro sobre pedúnculos cortos, de 9-10 mm (Sánchez, 1980); el cáliz es muy pequeño con cinco puntillas peludas, la corola presenta cinco pétalos valvados y más o menos soldados, los estambres y el estilo son filiformes; sus frutos son legumbres lineares (vainas), curvada o recta, oscura y comprimida, de unos 2-3.5 cm de largo por 3 a 4 mm de ancho, margen provisto de espinas, provistas de 6-8 semillas abovadas de 4 mm de largo por 2 mm de ancho de color café (Rzedowski, 1978).</p>	<p data-bbox="1435 268 1700 911">La distribución de esta especie en el continente americano comprende del centro y sur de Arizona, sur de Nuevo México, oeste y centro de Texas y Norte de México (Arreguin <i>et al.</i>, 1997). En México se encuentra en el D. F. y los estados de Coahuila, Chihuahua, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Estado de México, Morelos, Nuevo León, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz y Zacatecas (Martínez <i>et al.</i>, 2008)</p>	<p data-bbox="1722 268 2092 879">En las zonas áridas y semiáridas de considerada una especie multipropósito, crece en sitios perturbados y en terrenos agrícolas abandonados, con una gran capacidad para crecer en suelos pobres. Los usos que se le dan en las zonas semiáridas de México son variados: como cercas vivas, combustible (Carbón y leña) y forraje. La madera extraída, se utiliza como material de construcción, en la industria papelera, como un implemento en agricultura y también de ella se extraen taninos para la industria farmacéutica (Camargo-Ricalde <i>et al.</i>, 2001; Dhillion y Camargo-Ricalde, 2005).</p>

### III. HIPÓTESIS

Las semillas de las tres especies de leguminosas: *Prosopis laevigata*, *Mimosa biuncifera* y *Mimosa depauperata*, conservan su viabilidad después de tres años de enterramiento. Forman reservas de semillas de tipo permanente donde las semillas se acumulan principalmente bajo el dosel de la vegetación y a profundidades someras (0-5 cm). Los factores que determinan este comportamiento son: el tamaño, la capacidad de enterramiento y la presencia de cubiertas duras en sus semillas, así como a una tasa baja de depredación.

## IV. OBJETIVOS

### 4.1) Objetivo General

- ★ Evaluar la reserva de semillas de tres especies de la familia Leguminosae: *Prosopis laevigata* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M.C.Johnst., *Mimosa biuncifera* Benth. y *Mimosa depauperata* Benth. en el suelo de tres asociaciones vegetales de matorral xerófilo del Valle del Mezquital, en el Estado de Hidalgo, durante tres años de estudio.

### 4.2) Objetivos Particulares

- ★ Evaluar la distribución horizontal y vertical de las semillas de la reserva de las tres especies (*Prosopis laevigata*, *Mimosa biuncifera* y *Mimosa depauperata*) en áreas inter-arbustivas y bajo el dosel, a tres profundidades del suelo (mantillo, 0-5 cm y 5-10 cm).
- ★ Evaluar la viabilidad de las semillas de la reserva.
- ★ Evaluar la longevidad de las semillas enterradas en campo durante tres años de estudio.

## V. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1) Distribución horizontal y vertical de la reserva de semillas del suelo

Para la recolección del suelo, se trazó un transecto de 30 m de largo por 10 m de ancho sobre una pendiente. Se tomaron muestras de suelo bajo ocho individuos de cada especie en cada sitio de estudio; cuatro de los individuos se localizaron en el nivel alto de la pendiente (7°) y los restantes en el nivel bajo (3°).

Las muestras de suelo se tomaron tanto bajo el dosel como en las áreas inter-arbustivas de cada individuo, tomando tres profundidades: 1) mantillo; 2) 0-5 cm y 3) 5-10 cm.

El mantillo se recolectó, trazando en el suelo una parcela de 10 x 10 cm (superficie= 100 cm<sup>2</sup>). Para las profundidades de 0-5 y 5-10 cm, se trazó una parcela de 10X10 cm y se tomaron las muestras de los primeros 5 cm de profundidad y después de los otros 5 cm para completar las profundidades hasta 10 cm, el volumen de suelo recolectado fue de 1 dm<sup>3</sup>, el cual fue cuantificado con un cubo de madera con dimensiones de 10x10x10cm (1000 cm<sup>3</sup>= 1dm<sup>3</sup>). El número total de muestras fue de 48 por especie. Las muestras fueron colocadas en bolsas de plástico previamente etiquetadas (Guo *et al.*, 1998) y posteriormente se trasladaron al laboratorio para su procesamiento.



Figura 3. Recolección de suelo con pala (llenado de cubo de 1dm<sup>3</sup>).

### 5.2) Cuantificación de las semillas de la reserva

Para la extracción y recuento de las semillas del banco se utilizó el método de recuento directo, el cual consistió en tamizar las muestras de suelo en seco con tamices del No. 10 y 18, los residuos se revisaron en el estereoscopio (4x) (Guo *et al.*, 1998).

Para las profundidades 0-5 cm y 5 -10 cm se realizó el cálculo de las semillas de la reserva de la siguiente manera (Guo *et al.*, 1998):

$$\text{Número de semillas/cm}^2 = \frac{\text{No. de semillas} \times \text{Densidad aparente (g /cm}^3) \times \text{Profundidad (cm)}}{\text{Peso de la muestra (g)}}$$

El número de semillas encontradas en las muestras del mantillo (100 cm<sup>2</sup>) y en las otras profundidades (0-5 cm y 5-10 cm) se extrapolaron a 1 m<sup>2</sup> (Guo *et al.*, 1998).

### **5.3) Pruebas de viabilidad de las semillas del banco**

La evaluación de la viabilidad de las semillas extraídas de las muestras de suelo, se evaluó mediante una prueba de germinación directa. Las semillas de las especies estudiadas, encontradas en la reserva se lavaron con una solución de jabón (0.4 gr. de detergente por cada 100 ml) (Camargo-Ricalde y Grether, 1998). Posteriormente se escarificaron mecánicamente utilizando un bisturí y realizando un corte de aproximadamente dos milímetros en un extremo lateral de la cubierta de la semilla (cotiledón) sin tocar el eje del embrión (Orozco *et al.*, 2003).

Posteriormente, las semillas se colocaron en cajas Petri de 9 cm de diámetro utilizando agar bacteriológico al 0.8% como sustrato. Las pruebas de germinación se llevaron a cabo en una cámara de crecimiento (Lab Line Biotronette) a una temperatura de 28° C (Owens *et al.*, 1995; García y Verdu, 1998; Fenner *et al.*, 2005).

### **5.4) Persistencia de la viabilidad de las semillas**

Para evaluar la persistencia de la viabilidad de las semillas, se utilizaron lotes que fueron enterrados previamente en febrero de 2005. En este trabajo se cuantificó la viabilidad a partir de septiembre de 06 a septiembre-07.

Para esto, cada cinco y siete meses a partir del mes de septiembre se desenterraron por especie, diez cápsulas de inclusión que contenían inicialmente 10 semillas sanas (Arzola, 2006; Flores, 2006). Posteriormente en el laboratorio, a las semillas recolectadas se les realizó una prueba de germinación para conocer su viabilidad en relación al tiempo de enterramiento. Antes de la germinación las semillas se lavaron con agua destilada y se escarificaron mecánicamente para acelerar este proceso.

### **5.5) Comparación del número de semillas/m<sup>2</sup> en la reserva durante tres años de estudio**

Se compararon los resultados obtenidos en este trabajo (septiembre-06, octubre-07), con los de dos trabajos previos de tesis (Arzola, 2006, muestreos febrero-05, febrero- 06 y Hernández, 2009, muestreos, marzo-octubre, 06), con el fin de estimar la persistencia de las semillas en la reserva del suelo para cada una de las especies.

### **5.6) Análisis estadístico**

Los resultados de la densidad de semillas/m<sup>2</sup> (distribución vertical y horizontal) y los resultados de longevidad (porcentaje de germinación) se transformaron con logaritmo natural para poder aplicarles un análisis exploratorio de datos: t-Student en el caso de comparar dos medias (pendiente y condición); se aplicó una ANDEVA para comparar tres medias (meses y profundidad) si los datos cumplían con la condición de homogeneidad de medias; a los datos que no cumplieron se les aplicó un análisis de Kruskal Wallis (Márquez, 2001). El análisis de los resultados se realizó con los paquetes estadísticos de Stata 9 y Excel 2003. Las medias se compararon mediante pruebas de Bonferroni (Salgado, 1992).

## VI. RESULTADOS

### 6.1) Densidad de semillas por m<sup>2</sup>, de las tres especies bajo estudio, en la reserva del suelo de diferentes localidades.

En general, las tres especies de leguminosas forman reservas de semillas en el suelo, las densidades de semillas varían en relación con la especie, grado de deterioro de la localidad, condición de luz y profundidad del suelo (Cuadro 2). La localidad con mayor grado de deterioro es González-González en el Municipio de Santiago de Anaya (60% de cobertura vegetal).

*Prosopis laevigata*, presentó semillas en el suelo, tanto bajo el dosel como en el área interarborescente. La mayor densidad de semillas se registró en El Rincón 2. De las semillas registradas un 75% se acumuló bajo el dosel y 72% en el mantillo de ambas condiciones.

*Mimosa depauperata* también presentó las mayores densidades en El Rincón 2, registrándose el 62% de las semillas en la reserva del suelo, en relación con El Rincón 1 y concentrándose bajo dosel el 88% y el 61.5% en el mantillo.

*Mimosa biuncifera* fue la especie que presentó la menor densidad de semillas en el suelo; en la localidad González-González. La mayor densidad de semillas se concentró bajo el dosel (67%) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Valor medio de la densidad de semillas por m<sup>2</sup>, por especie y localidad en relación con todas las épocas de muestreo

Localidad	Especie	Semillas/ m <sup>2</sup>						Total sem/m <sup>2</sup>
		Bajo dosel			Área abierta			
		Mantillo	0-5 cm	5-10 cm	Mantillo	0-5 cm	5-10cm	
		$\bar{x} \pm s$	$\bar{x} \pm s$	$\bar{x} \pm s$	$\bar{x} \pm s$	$\bar{x} \pm s$	$\bar{x} \pm s$	
Rincón 1	<i>Prosopis laevigata</i>	316.7± 810.1	95 ± 217	17.67 ± 51.04	237.5 ± 871.2	19.67 ± 44.92	0	686.54
Rincón 2	<i>Prosopis laevigata</i>	5779.2 ± 5137.2	167.21 ± 401.59	80.88 ± 136.67	1855.46 ± 2541.7	23.58 ± 53.8	94.13 ± 262.2	8000.46
Rincón 1	<i>Mimosa depauperata</i>	783.3 ± 1196.3	152.3 ± 200.67	194.2 ± 394.6	166.7 ± 253.1	39.3 ± 87.9	4.92 ± 24.1	1340.72
Rincón 2	<i>Mimosa depauperata</i>	1341.7 ± 1140.9	334.3 ± 855.2	247.9 ± 369.8	229.2 ± 575.95	11.75 ± 39.8	17.63 ± 63.23	2182.48
Rincón 1	<i>Mimosa buincifera</i>	837.5 ± 1478.5	207.4 ± 303.5	233.9 ± 388.8	529.2 ± 1764.5	12.3 ± 38.8	88.2 ± 318.3	1908.5
González-González	<i>Mimosa buincifera</i>	233.3 ± 438.1	64.2 ± 170.1	17.5 ± 47.29	29.17 ± 62.41	8.88 ± 31.84	0	353.05

## 6.2) Densidad de semillas por nivel de la pendiente

En el nivel alto de la pendiente ( $7^\circ$ ), se registraron semillas en la reserva del suelo, para las tres especies, con densidades diferentes: *Prosopis laevigata* fue la especie que presentó el mayor número de semillas, en la localidad El Rincón 2 ( $24,156$  semillas/ $m^2$ ), para El Rincón 1 se registró un valor intermedio ( $2500$  semillas/ $m^2$ ). *Mimosa depauperata* y *Mimosa biuncifera*, presentaron mayores densidades de semillas en El Rincón 2 ( $6546$  semillas/ $m^2$ ) y Rincón 1 ( $5912$  semillas/ $m^2$ ) respectivamente. *M. biuncifera* fue la especie que presentó una menor densidad de semillas en el suelo, en la localidad de González-González con  $704$  semillas/ $m^2$  (Fig. 4).

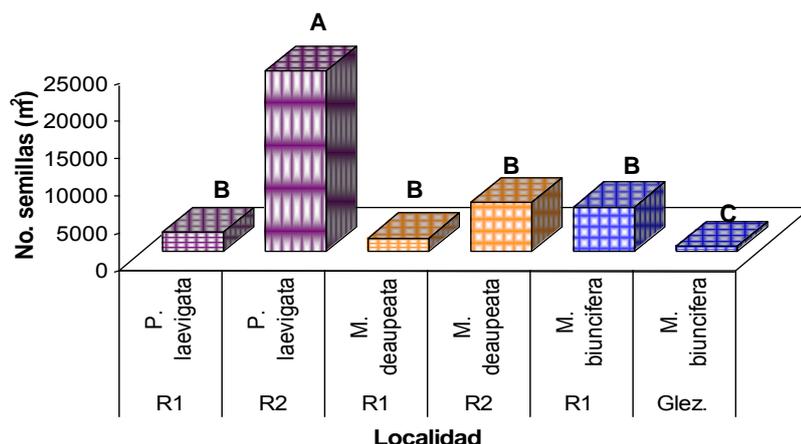


Figura 4. Densidad de semillas/ $m^2$  en el nivel alto de la pendiente. Letras mayúsculas diferentes, indican diferencias estadísticas ( $p \leq 0.05$ ).

En el nivel bajo de la pendiente ( $3^\circ$ ), *Prosopis laevigata* y *Mimosa depauperata* en El Rincón 2 también presentaron el mayor número de semillas ( $23,849$  semillas/ $m^2$  y  $6549$  semillas/ $m^2$  respectivamente). *Mimosa biuncifera* aumentó ligeramente su número de semillas en el nivel bajo de la pendiente; El Rincón 1 presentó una mayor densidad de semillas ( $5539$  semillas/ $m^2$ ), en la localidad de González-González, una zona deteriorada, se concentró la menor densidad de semillas ( $1417$  semillas/ $m^2$ ) (Fig. 5).

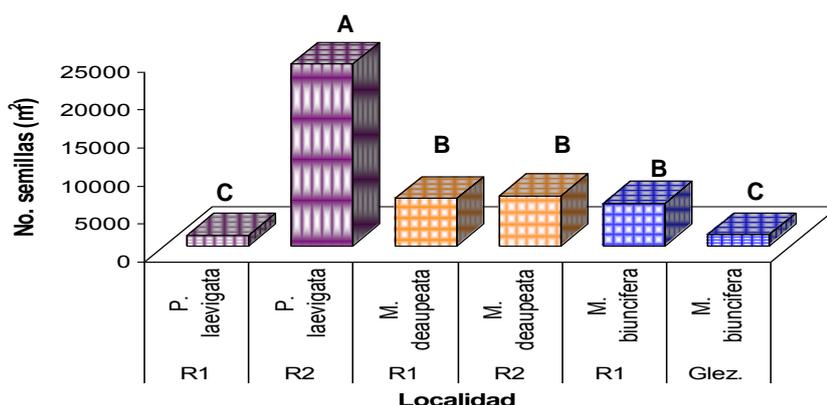


Figura 5. Densidad de semillas/ $m^2$  en el nivel bajo de la pendiente. Letras mayúsculas diferentes, indican diferencias estadísticas ( $p \leq 0.05$ ).

### 6.3) Distribución horizontal por localidad

#### 6.3.1) *Prosopis laevigata*, localidad El Rincón 1

*Prosopis laevigata* presentó una mayor densidad de semillas bajo el dosel (125 en la pendiente alta y 228 semillas/m<sup>2</sup> en la pendiente baja) que en el área inter-arbustiva (99-153 semillas/m<sup>2</sup>), sin embargo no se observaron diferencias significativas ( $t=0.4943$ ,  $p=0.6258$ ) (Fig. 6). Al comparar el número de semillas en relación con el nivel de la pendiente, se observó una mayor densidad en el nivel bajo, sin embargo no se encontraron diferencias estadísticas ( $t=0.4455$ ,  $p=0.6601$ ).

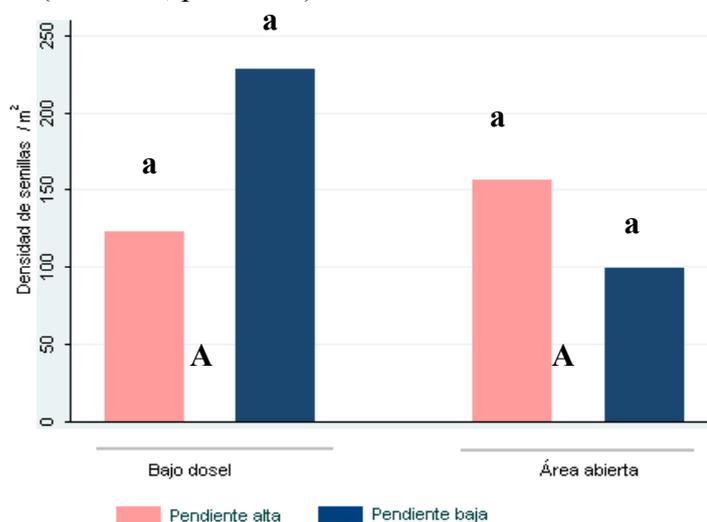


Figura 6. Distribución horizontal de la densidad de semillas/m<sup>2</sup> para la reserva del suelo de *Prosopis laevigata* (El Rincón 1). Letras mayúsculas diferentes representan diferencias entre el dosel y el área inter-arbustiva; letras minúsculas diferentes representan diferencias entre nivel de la pendiente.

#### 6.3.2) *Prosopis laevigata*, localidad El Rincón 2

La densidad de semillas fue mayor bajo el dosel (1885-2150 semillas/m<sup>2</sup>) con respecto al área inter-arbustiva (600-755 semillas/m<sup>2</sup>), sin embargo no se presentaron diferencias significativas ( $t=1.0471$ ,  $p=0.2992$ ). En el nivel alto de la pendiente se encontró la mayor densidad de semillas bajo el dosel (2050 semillas/m<sup>2</sup>) y en el área inter-arbustiva, la mayor densidad fue registrada en el nivel bajo de la pendiente (600 semillas/m<sup>2</sup>), aunque no se observaron diferencias estadísticas ( $t=0.2283$ ,  $p=0.8202$ ) (Fig. 7).

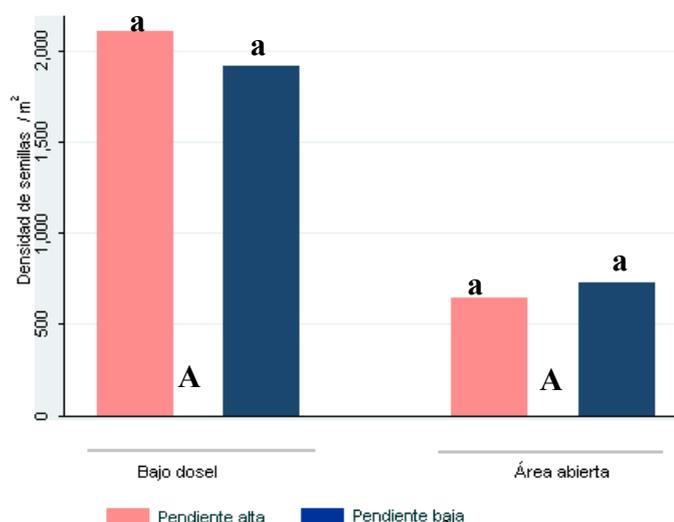


Figura 7. Distribución horizontal de la densidad de semillas/m<sup>2</sup> para la reserva del suelo de *Prosopis laevigata* (El Rincón 2). Letras mayúsculas diferentes representan diferencias entre el dosel y el área inter-arbustiva; letras minúsculas diferentes representan diferencias entre nivel de la pendiente

### 6.3.3) *Mimosa depauperata* en El Rincón 1

*Mimosa depauperata* presentó la mayor densidad de semillas bajo el dosel (120-230 semillas/m<sup>2</sup>) en relación con el área inter-arbustiva (45-50 semillas/m<sup>2</sup>) sin presentar diferencias estadísticas ( $t=1.9281$ ,  $p=0.0584$ ), en los niveles de la pendiente, fue en el nivel bajo donde se obtuvo una mayor densidad de semillas, de igual forma no hubo diferencias estadísticas en los niveles de la pendiente ( $t=0.4096$ ,  $p=0.6836$ ) (Fig. 8).

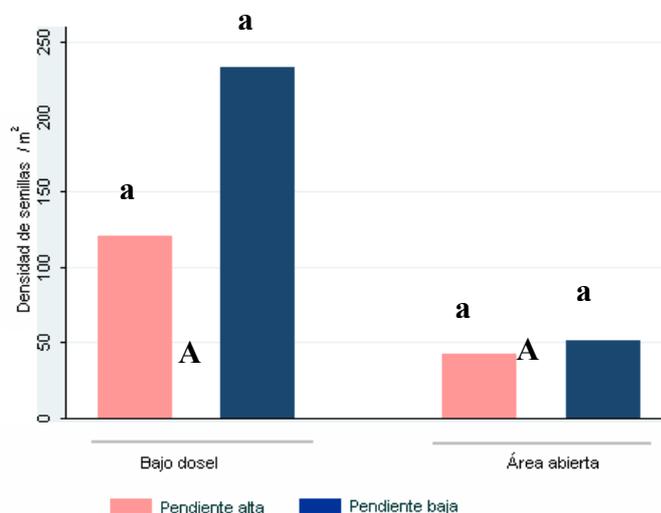


Figura 8. Distribución horizontal de la densidad de semillas/m<sup>2</sup> para la reserva del suelo de *Mimosa depauperata* (El Rincón 1). Letras mayúsculas diferentes representan diferencias entre el dosel y el área inter-arbustiva; letras minúsculas diferentes representan diferencias entre nivel de la pendiente.

### 6.3.4) *Mimosa depauperata* en El Rincón 2

Bajo el dosel se acumularon también más semillas (570-610 semillas/m<sup>2</sup>), que en el área inter-arbustiva, pero estadísticamente no se observaron diferencias ( $t=1.9281$ ,  $p=0.0584$ ). En el nivel alto de la pendiente se registró una mayor densidad de semillas (610 semillas/m<sup>2</sup>), pero las diferencias estadísticas tampoco fueron significativas ( $t=0.4096$ ,  $p=0.6836$ ) (Fig. 9).

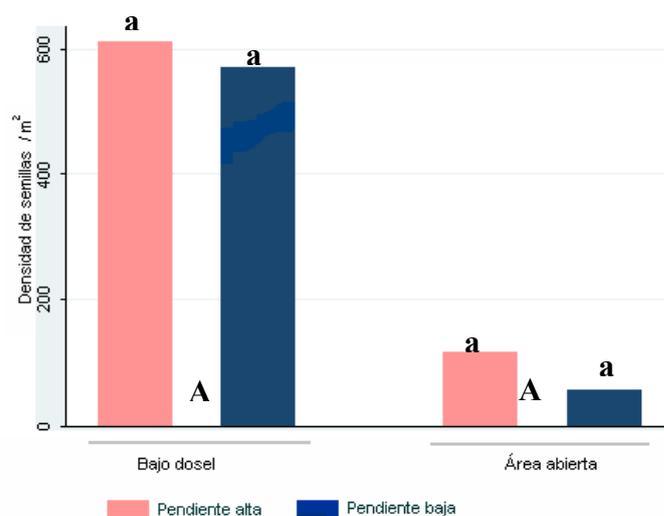


Figura 9. Distribución horizontal de la densidad de semillas/m<sup>2</sup> para la reserva del suelo de *Mimosa depauperata* (El Rincón 2). Letras mayúsculas diferentes representan diferencias entre el dosel y el área inter-arbustiva; letras minúsculas diferentes representan diferencias entre nivel de la pendiente.

### 6.3.5) *Mimosa biuncifera* en El Rincón 1

*Mimosa biuncifera* acumuló semillas bajo dosel y en el área inter-arbustiva (100-350 semillas/m<sup>2</sup>); sin embargo las diferencias no fueron significativas estadísticamente ( $t=1.3192$ ,  $p=0.2021$ ), así mismo acumuló semillas en los dos niveles de la pendiente, pero las diferencias tampoco fueron significativas ( $t=1.5844$ ,  $p=0.1203$ ) (Fig.10).

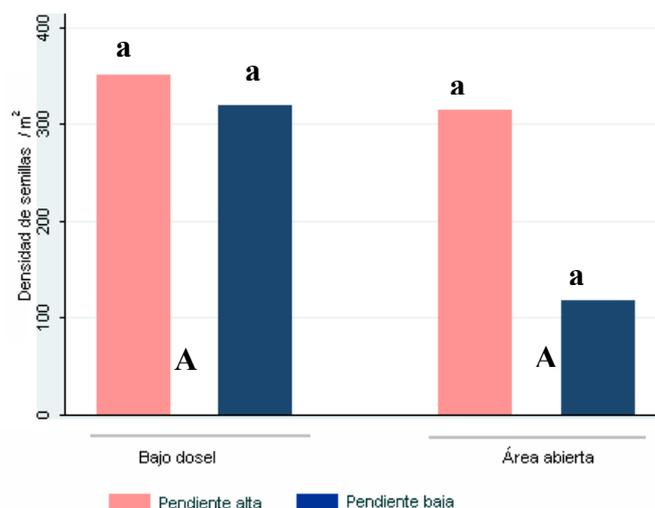


Figura 10. Distribución horizontal de la densidad de semillas/m<sup>2</sup> para la reserva del suelo de *Mimosa biuncifera* (El Rincón 1). Letras mayúsculas diferentes representan diferencias entre el dosel y el área inter-arbustiva; letras minúsculas diferentes representan diferencias entre nivel de la pendiente.

### 6.3.6) *Mimosa biuncifera* en González-González

*Mimosa biuncifera* en la localidad de González-González fue la especie que presentó la menor densidad de semillas (8-55 semillas/m<sup>2</sup>). Bajo el dosel se acumuló la mayor parte de estas (37-55 semillas/m<sup>2</sup>). Estadísticamente no se observaron diferencias ( $t=0.8206$ ,  $p=0.4211$ ); en relación a los niveles de la pendiente, tampoco se presentaron diferencias significativas ( $t=1.1127$ ,  $p=0.2784$ ) (Fig. 11).

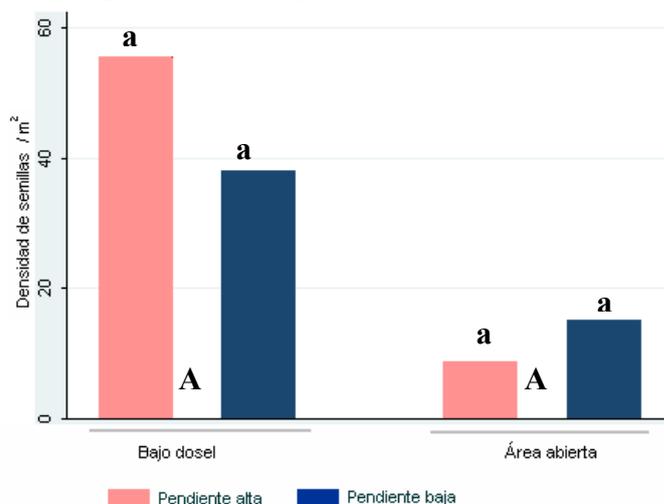


Figura 11. Distribución horizontal de la densidad de semillas/m<sup>2</sup> para la reserva del suelo de *Mimosa biuncifera* (González-González). Letras mayúsculas diferentes representan diferencias entre el dosel y el área inter-arbustiva; letras minúsculas diferentes representan diferencias entre nivel de la pendiente.

## 6.4) Distribución vertical por localidad

### 6.4.1) *Prosopis laevigata* en El Rincón 1

*Prosopis laevigata* presentó la mayor densidad de semillas en el mantillo (380-420 semillas/m<sup>2</sup>) y ésta disminuyó con la profundidad (5-10 cm) (3-10 semillas/m<sup>2</sup>), sin embargo no se presentaron diferencias estadísticas significativas (F= 2.82; p=0.0812), entre las diferentes profundidades. Este comportamiento se observó en los dos niveles de la pendiente (t=0.4455; p= 0.6601) (Fig. 12).

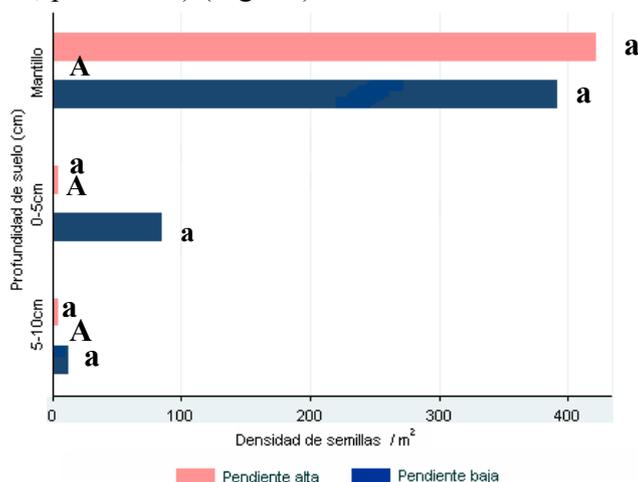


Figura 12. Distribución vertical de la densidad de semillas/m<sup>2</sup> para la reserva del suelo de *Prosopis laevigata* (Rincón 1). Letras mayúsculas diferentes indican diferencias estadísticas (p≤0.05) entre profundidades; letras minúsculas diferentes indican diferencias entre niveles de la pendiente.

### 6.4.2) *Prosopis laevigata* en El Rincón 2

En el mantillo, se acumuló significativamente (p=0.0001), la mayor densidad de semillas (3800-4000 semillas/m<sup>2</sup>) en relación con las profundidades 0-5 cm (45-60 semillas/m<sup>2</sup>) y 5-10 cm (50-60 semillas/m<sup>2</sup>) (Fig.13). Las semillas se acumularon en mayores densidades en el nivel bajo de la pendiente (60-3800 semillas/m<sup>2</sup>), pero no se presentaron diferencias significativas (t=0.2283; p=0.8202).

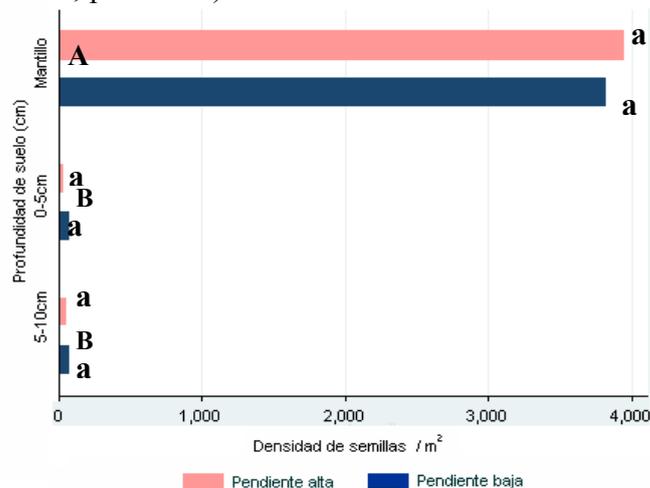


Figura 13. Distribución vertical de la densidad de semillas/m<sup>2</sup> para la reserva del suelo de *Prosopis laevigata* (Rincón 2). Letras mayúsculas diferentes indican diferencias estadísticas (p≤0.05) entre profundidades; letras minúsculas diferentes indican diferencias entre niveles de la pendiente

### 6.4.3) *Mimosa depauperata* en El Rincón 1

Las semillas se acumularon en mayores densidades en el mantillo (150-270 semillas/m<sup>2</sup>) con relación a las profundidades 0-5cm (60-110 semillas/m<sup>2</sup>) y 5-10 cm (40-45 semillas/m<sup>2</sup>); sin presentar diferencias estadísticas significativas (F= 1.71; p= 0.1888). Tampoco hubo diferencias en relación al nivel de la pendiente (t= 0.4096; p= 0.6836) (Fig.14).

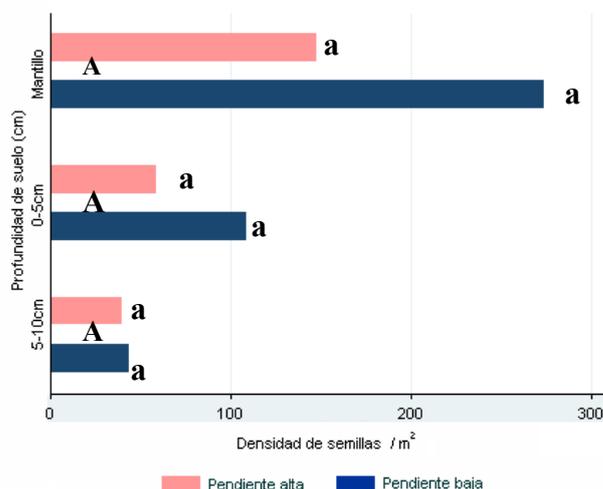


Figura 14. Distribución vertical de la densidad de semillas/m<sup>2</sup> para la reserva del suelo de *Mimosa depauperata* (Rincón 1). Letras mayúsculas diferentes indican diferencias estadísticas (p≤0.05) entre profundidades; letras minúsculas diferentes indican diferencias entre niveles de la pendiente.

### 6.4.4) *Mimosa depauperata* en El Rincón 2

Las semillas de *Mimosa depauperata* en El Rincón 2, se acumularon con densidades mayores y estadísticamente diferentes (F=8.43; p= 0.006), en el mantillo (750-798 semillas/m<sup>2</sup>). No hubo diferencias estadísticas en relación al nivel de la pendiente (t=0.0552; p=0.9562 (Fig.15).

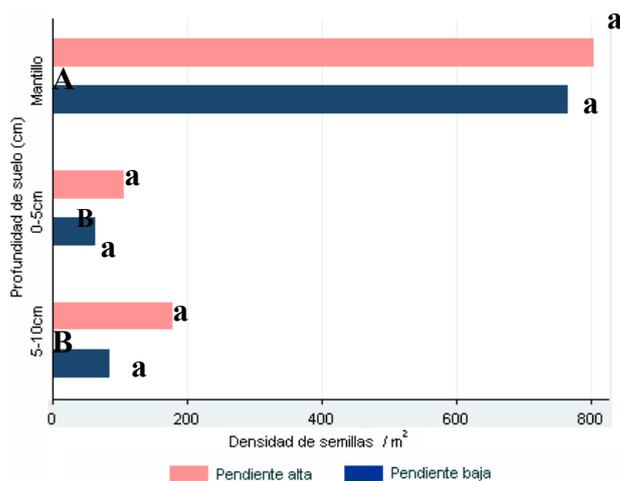


Figura 15. Distribución vertical de la densidad de semillas/m<sup>2</sup> para la reserva del suelo de *Mimosa depauperata* (Rincón 2). Letras mayúsculas diferentes indican diferencias estadísticas (p≤0.05) entre profundidades; letras minúsculas diferentes indican diferencias entre niveles de la pendiente.

#### 6.4.5) *Mimosa biuncifera* en El Rincón 1

En el mantillo se acumuló la mayor densidad de semillas en el suelo (410-700 semillas/m<sup>2</sup>) disminuyendo de manera significativa con la profundidad (F=46; p=0.076). En relación al nivel de la pendiente, tampoco hubo diferencias estadísticas (t=1.5844; p=0.1203) (Fig. 16).

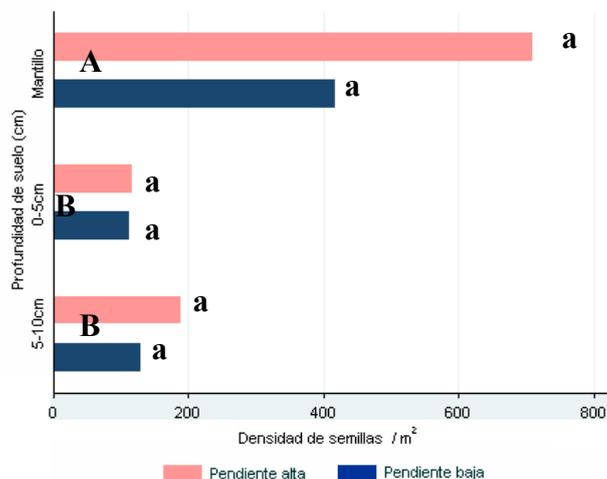


Figura 16. Distribución vertical de la densidad de semillas/m<sup>2</sup> para la reserva del suelo de *Mimosa biuncifera* (Rincón 1). Letras mayúsculas diferentes indican diferencias estadísticas ( $p \leq 0.05$ ) entre profundidades; letras minúsculas diferentes indican diferencias entre niveles de la pendiente.

#### 6.4.6) *Mimosa biuncifera* en la localidad de González-González

Se acumuló la mayor densidad de semillas en el mantillo (57-61 semillas/m<sup>2</sup>), pero las diferencias estadísticas no fueron significativas (F= 0.66; p= 0.5300). Tampoco hubo diferencias estadísticas en relación al nivel de la pendiente (t=1.1127; p=0.2784). (Fig. 17).

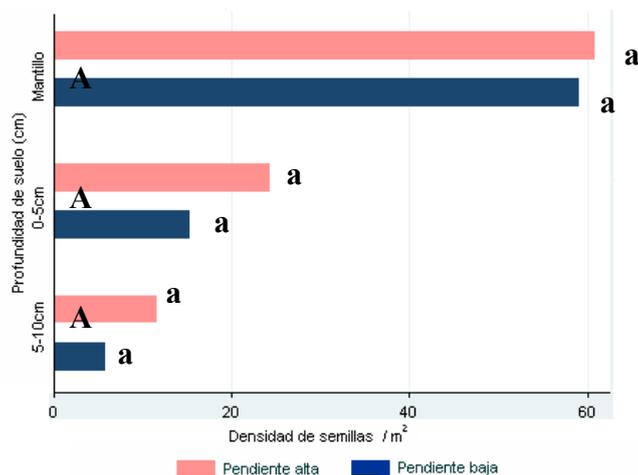


Figura 17. Distribución vertical de la densidad de semillas/m<sup>2</sup> para la reserva del suelo de *Mimosa biuncifera* (González-González). Letras mayúsculas diferentes indican diferencias estadísticas ( $p \leq 0.05$ ) entre profundidades; letras minúsculas diferentes indican diferencias entre niveles de la pendiente.

## 6.5) Viabilidad de las semillas de la reserva del suelo

### 6.5.1) *Prosopis laevigata*

Las semillas de *Prosopis laevigata*, encontradas en la reserva del suelo, presentaron porcentajes de germinación de 20-100%, dependiendo de la localidad, del nivel de la pendiente, de la profundidad del suelo y si es bajo dosel ó área abierta. Para los dos sitios donde se muestreó esta especie (Rincón 1 y Rincón 2), no se observó una tendencia clara en cuanto a los factores: dosel, área abierta, profundidad del suelo o nivel de la pendiente. En general, las semillas que conforman el banco en un 65% exceden valores del 50% y el otro 35% presentó valores menores del 50% de germinación. En Rincón 1, fue donde se registraron las semillas con mayores porcentajes de germinación (Cuadro 3).

Cuadro 3. Porcentaje de germinación de las semillas de la reserva del suelo de *Prosopis laevigata*.

Mes de muestreo	Localidad	Nivel de la pendiente	Condición											
			Bajo dosel						Área abierta					
			Profundidad del suelo						Profundidad del suelo					
			Germinación (%)						Germinación (%)					
			n	Mantillo	n	0-5	n	5-10	n	Mantillo	n	0-5	n	5-10
Agosto 2006	Rincón 1	Alta	19	26.5	-	-	-	-	28	0	-	-	-	-
		Baja	23	87	-	-	-	-	2	50	2	50	-	-
	Rincón 2	Alta	66	34.9	4	25	4	25	41	21.3	-	-	5	0
		Baja	69	32.5	3	0	3	0	26	40.4	1	100	4	25
Marzo (2007)	Rincón 1	Alta	5	20	-	-	1	0	-	-	2	100	-	-
		Baja	1	100	-	-	-	-	-	-	2	0	-	-
	Rincón 2	Alta	4	57.2	1	100	-	-	10	84.2	3	0	-	-
		Baja	8	38.4	3	71.4	1	100	4	35	1	0	-	-
Septiembre 2007	Rincón 1	Alta	1	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Baja	13	99	10	66.7	2	100	30	83.3	-	-	-	-
	Rincón 2	Alta	113	29.8	28	57.1	2	100	30	40.9	2	100	7	100
		Baja	88	73.5	13	100	-	-	43	62.9	-	-	-	-

n= número de semillas encontradas a diferentes profundidades, 0-5= profundidad en cm, 5-10= profundidad en cm, (-) = no se encontró semillas.

### 6.5.2) *Mimosa depauperata*

El porcentaje de germinación de las semillas de *Mimosa depauperata* en los dos sitios de muestreo estudiados, presentó valores altos de germinación (45.5-100%), indistintamente del nivel de pendiente, condición y profundidad. Bajo el dosel se observan mayor número de semillas con valores altos de germinación, y a profundidades de 5-10 cm se puede observar que las semillas no pierden su viabilidad ya que registran valores hasta del 100%, siendo el Rincón 2 el sitio que presenta los mayores porcentajes de germinación (Cuadro 4).

Cuadro 4. Porcentaje de germinación de las semillas de la reserva del suelo de *Mimosa depauperata*.

Mes de muestreo	Localidad	Nivel de la pendiente	Condición											
			Bajo dosel						Área abierta					
			Profundidad del suelo						Profundidad del suelo					
			Germinación (%)						Germinación (%)					
			n	Mantillo	n	0-5	n	5-10	n	Mantillo	N	0-5	n	5-10
Agosto (2006)	Rincón 1	Alta	3	93.3	6	62.5	2	50	1	0	3	100	-	-
		Baja	21	68.9	4	90	7	84.6	2	75	1	100	1	100
	Rincón 2	Alta	11	95	6	84.7	2	100	11	90.5	-	-	-	-
		Baja	19	90.8	25	68.3	3	100	2	66.7	2	100	-	-
Marzo (2007)	Rincón 1	Alta	3	70.8	1	100	1	100	1	50	1	100	-	-
		Baja	9	45.5	4	54.2	8	60.7	3	80	2	100	-	-
	Rincón 2	Alta	19	84.7	5	96.4	6	74.3	2	83.4	-	-	2	100
		Baja	9	90.4	4	91.7	-	-	5	100	2	100	1	100
Septiembre (2007)	Rincón 1	Alta	3	83.3	5	100	1	100	6	100	-	-	-	-
		Baja	11	83.8	7	90.9	3	100	3	100	-	-	-	-
	Rincón 2	Alta	17	93.8	2	100	3	95.2	-	-	-	-	-	-
		Baja	15	80.3	2	100	1	100	2	100	-	-	-	-

n= número de semillas encontradas a diferentes profundidades, 0-5= profundidad en cm, 5-10= profundidad en cm, (-) = no se encontró semillas.

### 6.5.3) *Mimosa biuncifera*

Las semillas de *Mimosa biuncifera* presentan porcentajes de germinación de 16.7-100%. Bajo el dosel, se acumuló el mayor número de semillas aunque presentan porcentajes bajos de viabilidad en ambas localidades, en relación con el área abierta. En cuanto a la profundidad, las semillas que presentaron altos porcentajes de viabilidad se concentraron de 0-5 cm. La localidad de González-González presentó la menor densidad de semillas sin embargo se conservan viables más del 50% (Cuadro 5).

Cuadro 5. Porcentaje de germinación de las semillas de la reserva del suelo de *Mimosa biuncifera*.

Mes de muestreo	Localidad	Nivel de la pendiente	Condición											
			Bajo dosel						Área abierta					
			Profundidad del suelo						Profundidad del suelo					
			Germinación (%)						Germinación (%)					
			n	Mantillo	n	0-5	n	5-10	n	Mantillo	n	0-5	n	5-10
Agosto 2006	Rincón 1	Alta	22	47.4	6	62.2	5	63.5	43	63.5	-	-	12	16.7
		Baja	8	100	8	100	12	81.8	1	100	-	-	3	100
	González González	Alta	3	0	-	-	2	100	1	100	1	0	-	-
		Baja	11	59.5	7	100	-	-	2	50	2	100	-	-
Marzo (2007)	Rincón 1	Alta	10	66.9	10	83.5	8	58.4	4	50	2	100	2	100
		Baja	20	62.9	12	62.2	5	60.8	2	100	1	100	-	-
	González González	Alta	2	83.4	4	80	-	-	1	100	-	-	-	-
		Baja	-	-	-	-	1	0	-	-	-	-	-	-
Septiembre (2007)	Rincón 1	Alta	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Baja	33	91	-	-	-	-	30	86.7	-	-	-	-
	González González	Alta	1	100	1	100	-	-	1	100	-	-	-	-
		Baja	4	83.4	1	100	-	-	2	50	-	-	-	-

n= número de semillas encontradas a diferentes profundidades, 0-5= profundidad en cm, 5-10= profundidad en cm, (-) = no se encontró semillas.

## 6.6) Longevidad

Durante el primer y segundo año, las semillas de la reserva del suelo de *Prosopis laevigata*, presentaron altos porcentajes de germinación (>80%) y en el último año (2007) las semillas perdieron su viabilidad en un 36% bajo el dosel y en un 64% en el área abierta, las diferencias entre meses y condición fueron significativas ( $t=2.2169$ ,  $p=0.357$ ;  $F=13.143$ ,  $p=0.0014$  respectivamente), (Cuadro 6).

Las semillas de *Acacia schaffneri*, después de tres años de enterramiento, solamente perdieron el 30% de viabilidad, hubo diferencias significativas entre los meses de muestreo ( $F=7.946$ ,  $p=0.0188$ ), no así entre el área de dosel y el área abierta (Cuadro 6).

Las semillas de *Mimosa biuncifera* y *Mimosa depauperata*, no perdieron viabilidad durante los tres años de enterramiento, las semillas de *M. biuncifera*, aunque en el cuadro presentan un decremento de ca. 40% de pérdida de viabilidad, las diferencias estadísticas no fueron significativas ( $t = 1.3998$ ,  $p= 0.1739$ ;  $t= 1.2703$ ,  $p=0.2103$  respectivamente), (Cuadro 6).

Cuadro 6. Porcentaje de viabilidad de las semillas enterradas en el suelo (5cm) durante tres años.

Especies	A 3 meses		A 6 meses		A 9 meses		A 12 meses		
	May-05		Ago-05		Nov-05		Mar-06		
	Feb-05								
	% ± SD	bajo dosel	área abierta	bajo dosel	área abierta	bajo dosel	área abierta	bajo dosel	área abierta
<i>Acacia schaffneri</i>	78.33 ± 4.65a	68.33 ± 5.1b	68.33 ± 4.71b	66 ± 1.67b	70 ± 4.89 <sup>a</sup>	64 ± 5.29b	70 ± 2.3b	74.44 ± 4.3a	73.47 ± 16.28a
<i>Prosopis laevigata</i>	100a	100a	100a	97.14 ± 6.4a	100 <sup>a</sup>	100a	100a	100a	100a
<i>Mimosa biuncifera</i>	88 ± 5.65a	81.8 ± 24.63a	74.62 ± 10.75a	86.34 ± 13a	88 ± 17.8 <sup>a</sup>	97.14 ± 6.4a	87.5 ± 12.5a	93.5 ± 9.28a	88.57 ± 15.64a
<i>Mimosa depauperata</i>	98 ± 4.97a	90 ± 8.94a	90 ± 8.94a	76.6 ± 2.88b	68 ± 7.2b	64 ± 3.46b	74 ± 6.63b	100a	100a

Especies	A 15 meses		A 18 meses		A 24 meses		A 30 meses	
	Jun-06		Sep-06		Mar-07		Sep-07	
	bajo dosel	área abierta	bajo dosel	área abierta	bajo dosel	área abierta	bajo dosel	área abierta
<i>Acacia schaffneri</i>	91.5 ± 7.06b	73.43 ± 19.25a	72.5 ± 9.57a	72.5 ± 9.57a	50 ± 10b	54 ± 30.5a	58 ± 8.4b	68 ± 16.43a
<i>Prosopis laevigata</i>	100a	100a	95 ± 10a	82.5 ± 28.7a	84 ± 16.73b	64 ± 5.5b	64 ± 26.1a	36 ± 18.2b
<i>Mimosa biuncifera</i>	91.94 ± 34.96a	93.75 ± 15.3a	77.5 ± 12.58a	60 ± 24.5a	86 ± 15.17b	86 ± 15.2b	46 ± 19.5a	58 ± 13.04a
<i>Mimosa depauperata</i>	86.38 ± 10.87a	88.88 ± 12.54a	92.5 ± 15a	95 ± 5.8a	92 ± 13.04b	94 ± 8.94a	70 ± 22.4a	72 ± 24.9a

%; porcentaje de germinación; ± : desviación estándar; las letras diferentes representan diferencias significativas entre columnas ( $p \leq 0.05$ ).

## 6.7 Distribución vertical y horizontal durante los tres años de estudio.

### 6.7.1 *Prosopis laevigata*

La producción de semillas de *Prosopis laevigata* durante los tres años de estudio osciló de 10-10,000 semillas/m<sup>2</sup> acumulándose en mayor proporción bajo el dosel de los individuos y siendo agosto-06 y septiembre-07 los meses de mayor producción de semillas. Notablemente en el sitio de muestreo El Rincón 2, se encuentra la producción más elevada de semillas (Figura 18).

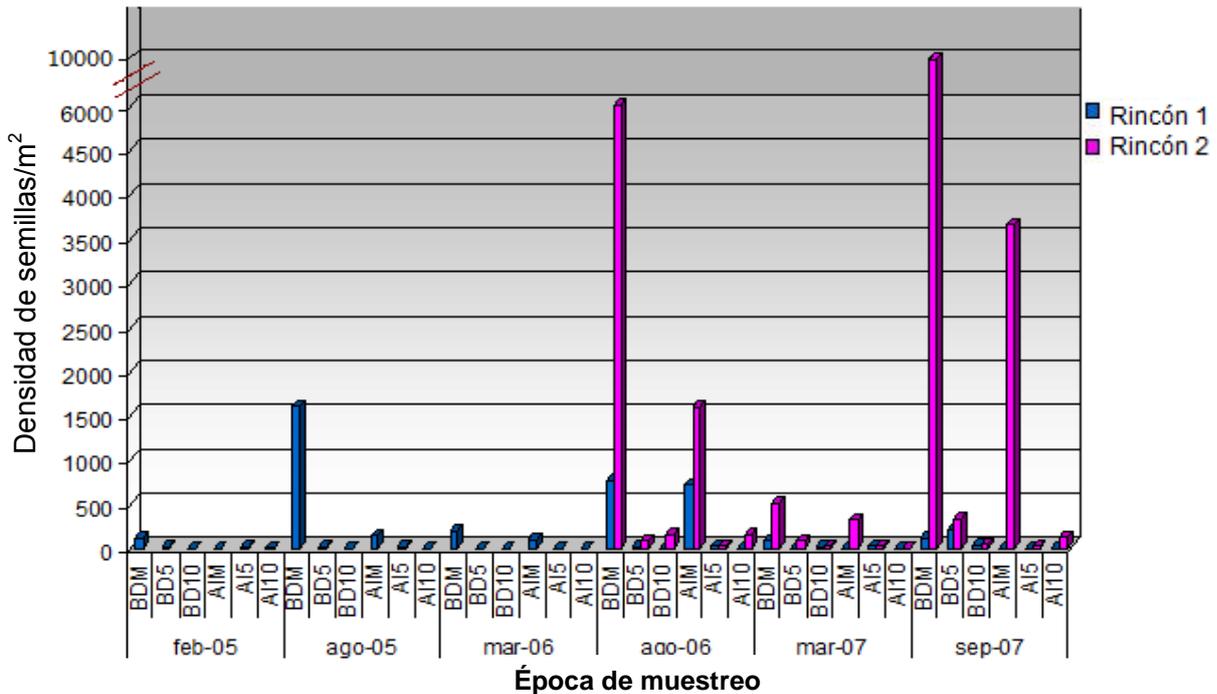


Figura 18. Distribución vertical y horizontal de la reserva de semillas en el suelo de *Prosopis laevigata*  
 BDM: bajo dosel a nivel de mantillo  
 BD5: bajo dosel a una profundidad de 0-5 cm  
 BD10: bajo dosel a una profundidad de 5-10 cm  
 AIM: área inter-arbustiva a nivel de mantillo  
 AI5: área inter-arbustiva a una profundidad de 0-5 cm  
 AI10: área inter-arbustiva a una profundidad de 5-10 cm

### 6.7.2) *Mimosa depauperata*

La densidad de semillas para *Mimosa depauperata*, osciló de 30-1800 semillas/m<sup>2</sup>. En los tres años de estudio el sitio El Rincón 2 tuvo la mayor producción de semillas, siendo esta una zona semiconservada. La mayor densidad de semillas se acumula bajo el dosel de los individuos y a nivel del mantillo (Figura 19).

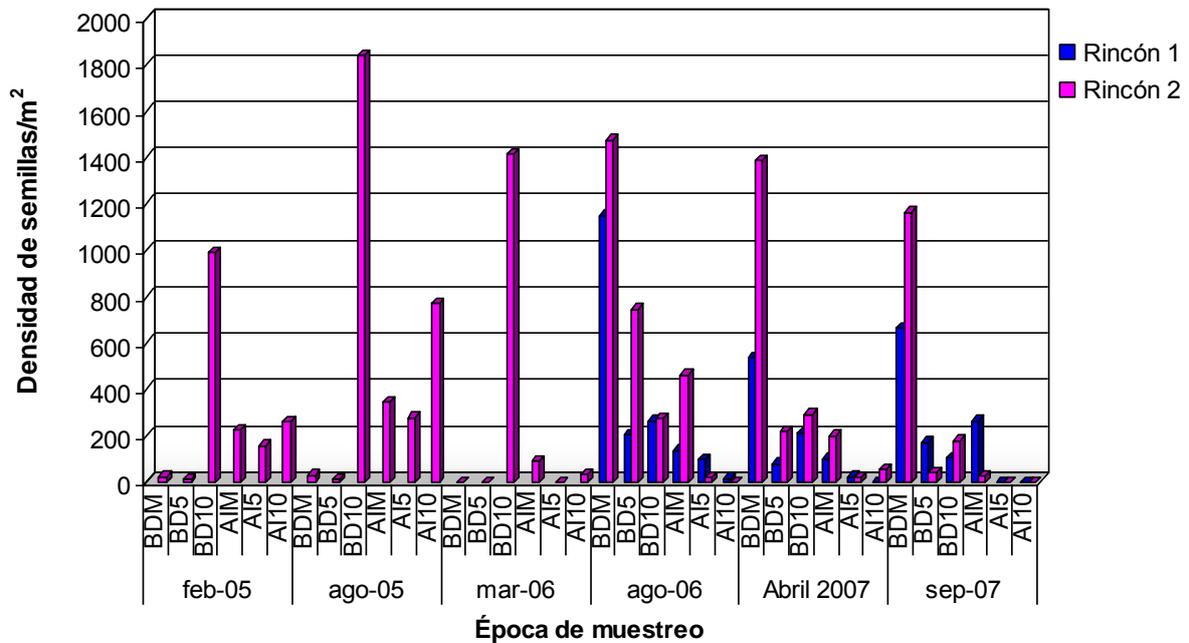


Figura 19. Distribución vertical y horizontal de la reserva de semillas en el suelo de *Mimosa depauperata*.

BDM: bajo dosel a nivel de mantillo

BD5: bajo dosel a una profundidad de 0-5 cm

BD10: bajo dosel a una profundidad de 5-10 cm

AIM: área inter-arbustiva a nivel de mantillo

AI5: área inter-arbustiva a una profundidad de 0-5 cm

AI10: área inter-arbustiva a una profundidad de 5-10 cm

### 6.7.3) *Mimosa biuncifera*

*Mimosa biuncifera* presenta oscilaciones que van 10-1350 semillas/m<sup>2</sup>. La localidad que acumula la mayor densidad de semillas en la reserva fue El Rincón 1, por ser una zona semiconservada. González-González (zona deteriorada), solo en el segundo año de muestreo presentó 500 semillas/m<sup>2</sup>.

En la Figura 20, se observa que sobre la superficie del suelo y bajo el dosel encontramos la mayor densidad de semillas después de la época de dispersión (agosto).

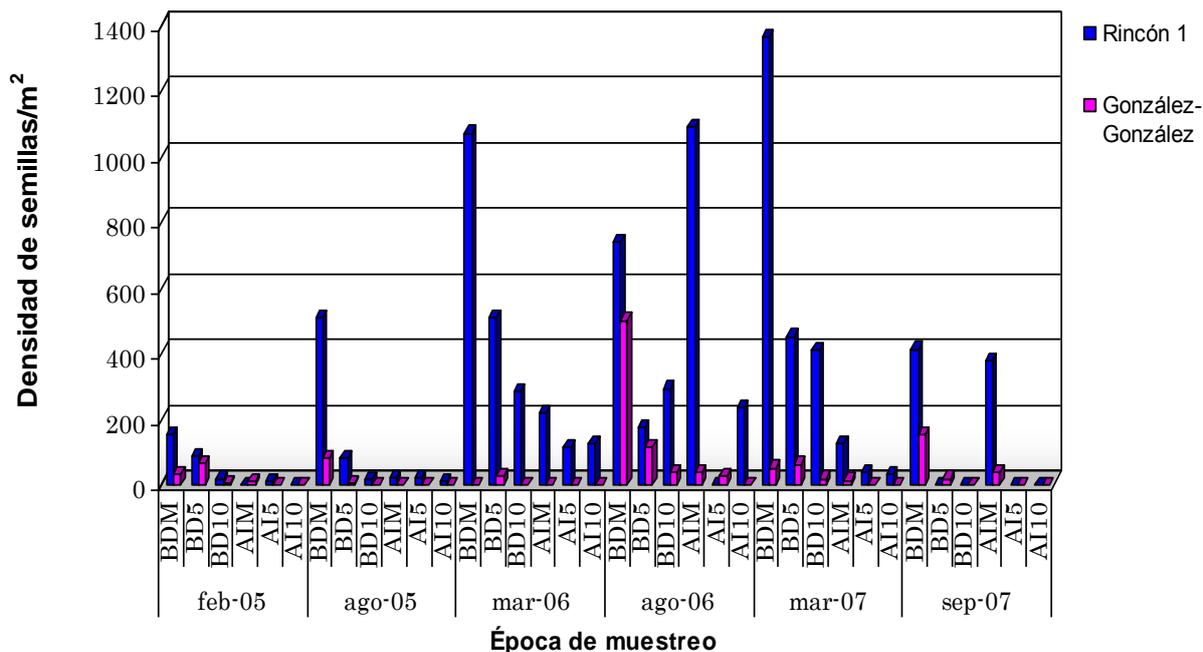


Figura 20. Distribución vertical y horizontal de la reserva de semillas en el suelo de *Mimosa biuncifera*.  
 BDM: bajo dosel a nivel de mantillo  
 BD5: bajo dosel a una profundidad de 0-5 cm  
 BD10: bajo dosel a una profundidad de 5-10 cm  
 AIM: área inter-arbustiva a nivel de mantillo  
 AI5: área inter-arbustiva a una profundidad de 0-5 cm  
 AI10: área inter-arbustiva a una profundidad de 5-10 cm

## VII DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 7.1) Densidad de semillas de la reserva del suelo

Durante el tercer año de estudio las tres especies, presentaron semillas en la reserva del suelo. La densidad de semillas varió en función de cada una de ellas, de la época de muestreo, profundidad, condición de luz y grado de deterioro del sitio.

De las tres especies estudiadas, *Prosopis laevigata* presentó las mayores densidades de semillas viables en el suelo y le siguieron en orden decreciente *Mimosa depauperata* y *Mimosa biuncifera*.

Los factores que probablemente determinaron una mayor densidad de semillas en la reserva del suelo para *Prosopis laevigata*, fueron: la alta producción de vaina *in situ*; las características de la vaina que en este caso es indehisciente y puede mantener a las semillas protegidas de los depredadores, dentro de ella, durante largos periodos de tiempo, a pesar de presentar un 42% de depredación en sus semillas (Durán, inédito).

Ortega *et al.* (2001), reportan para las semillas de *Prosopis ferox*, un índice bajo de depredación (10%) cuando los frutos permanecen en el árbol, y aún después de que caen al suelo, los frutos tardan mucho tiempo en descomponerse debido a las características ambientales, de esta manera las semillas son liberadas del fruto lentamente y así incorporadas al banco de semillas. El mismo autor menciona que después de seis años, las tasas de depredación se incrementan cuando los frutos permanecen en el suelo debido a la reinfección por brúquidos presentándose así hasta un 99% de depredación. La incorporación de semillas al banco a través de la descomposición del pericarpo se debe probablemente a la dureza de los frutos y a la depredación de brúquidos. Cabe resaltar la importancia que tienen los animales (aves, roedores, insectos) (Armella, 1990), al dispersar las semillas, ya que mecánicamente rompen la indehiscencia de la vaina y las transportan a lugares apartados, en las comunidades de estudio las vainas son un excelente forraje para las vacas.

En este trabajo se encontraron densidades de 353-10,000 semillas/m<sup>2</sup>, que resultan altas comparadas con las reportadas por Shiferaw *et al.* (2004), para *Prosopis juliflora* en el noroeste de Etiopia, en un transecto de mayor a menor abundancia de la especie, registra una densidad de 223 -1932 semillas por m<sup>2</sup>. La gran densidad de semillas registradas en las localidades del Valle del Mezquital en Hidalgo, responden a la gran abundancia de la especie, *ca.* 7 individuos por 100m<sup>2</sup> (observación personal) así como al gran número de frutos producidos por árbol *ca.* 400 (Durán, 2008) durante el año de muestreo, los cuales permanecieron en el suelo, hasta 6 meses después de su dispersión.

En el caso de las dos especies del género *Mimosa*, las densidades de semillas en el suelo fueron de 350-2300 semillas/m<sup>2</sup>, esta densidad, está determinada, por un lado por la producción de estructuras reproductivas y por las tasas de depredación por insectos. Durán (2008), reporta un índice de depredación de 11% para *Mimosa depauperata* y un 44% para *M. biuncifera*, resultando esta depredación letal para la semilla (Durán, inédito), lo cual también fue confirmado por Orozco (2003). *Mimosa depauperata* acumuló más semillas en la reserva (2,300semillas/m<sup>2</sup>) como una respuesta a su mayor densidad de individuos maduros por área así como a las características de las semillas, su forma casi esférica (Rzedowski y Rzedowski, 2001), lo que le permite más fácilmente evitar a los depredadores en la fase de post-dispersión de aquí su menor porcentaje de depredación,

además posee vainas dehiscentes que liberan las semillas inmediatamente después de su maduración, y pueden ser arrastradas a otros lugares por escorrentías, viento o animales (aves, insectos, roedores), lo que representa pérdidas en la reserva local del suelo, lo cual finalmente influye en la densidad.

Ingalill *et al.* (2003), realizaron un estudio en una región seca en el Noreste de África, cuya vegetación dominante está representada por diferentes especies del género *Acacia*, donde, encontraron densidades altas de semillas en la reserva del suelo. Por una parte tomaron en cuenta una localidad cuya vegetación se muestra abierta y la otra con vegetación cerrada, reportando densidades de 6,125 semillas/m<sup>2</sup> y 3,425 semillas/m<sup>2</sup> respectivamente, la densidad de semillas en la localidad cerrada muestra un número menor ya que la mayoría de las semillas pertenecen a especies herbáceas y en menor número se encontraron semillas de *Acacia*.

Orozco (2003), registró 66 semillas por m<sup>2</sup> para *Mimosa depauperata* en la Cuenca del Río Estórax en Querétaro, lo cual indica que la especie en las localidades de Hidalgo presentó gran potencialidad para regeneración de la especie, vía banco o reserva de semillas del suelo. *Mimosa biuncifera*, presentó densidades bajas de semillas en la reserva comparadas con *Mimosa depauperata*, lo cual responde a las bajas densidades de individuos por área. Comparando los resultados de este trabajo con el nuestro, las densidades de semillas son significativamente más altas en Hidalgo. En el trabajo de Orozco (2003), se reportan densidades de 100-1200 semillas por m<sup>2</sup> para *M. lacerata*, *M. similis*, *M. texana* var. *texana* y *M. depauperata*. Esto también indica una alta potencialidad de la especie para regenerarse por medio de la reserva del suelo.

Por otro lado es importante mencionar que *Mimosa biuncifera* es una de las especies con un alto porcentaje de depredación en sus semillas ca. 45%. La depredación es uno de los procesos que puede causar pérdidas significativas en la acumulación de semillas en la reserva, en este caso para *M. biuncifera* (Harper, 1977; Cavers, 1983).

Los cambios en el tamaño del banco de semillas para las tres especies, está determinado por: 1) la lluvia de semillas provenientes de la dispersión local o de fuentes distantes; 2) germinación, 3) depredación y 4) muerte fisiológica de las semillas provocadas por la senescencia natural (Louda, 1989), los cuatro factores fueron observados en campo.

## **7.2) Densidad de semillas por nivel de la pendiente**

Para las tres especies bajo estudio, no se presentaron diferencias significativas en relación a la densidad de semillas por m<sup>2</sup> en los dos niveles de la pendiente. Lo que significa que las especies se reproducen en todo su rango de distribución en las áreas de estudio y acumulan semillas sin importar el efecto de la gravedad o del acarreo por las escorrentías.

## **7.3) Distribución horizontal de las semillas**

Para las tres especies de leguminosas, se encontró la misma tendencia, la mayor densidad de semillas se acumula bajo el dosel, en relación con el área inter-arbustiva. La dispersión de las semillas se encuentra inmersa en la dinámica de los bancos de semillas y está estrechamente relacionada con la producción de frutos y semillas. En el caso de *Prosopis laevigata*, crece en forma arbustiva o arbórea, sin embargo los individuos seleccionados presentaron forma arbustiva, alcanzando los dos metros de altura y su dosel es mayor ya que alcanzan longitudes de 2-3 metros (García-Carreño *et al.*, 1991; Felger, 1985), lo cual

indica que la mayoría de las vainas son liberadas bajo su dosel y comienza el proceso de descomposición del pericarpo, hecho que liberará inmediatamente las semillas y estas se incorporaran al banco de semillas del suelo, es por eso que el mayor porcentaje se obtuvo bajo el dosel de los individuos (61-75%).

Bajo el dosel de muchas especies arbustivas, presentes en los matorrales xerófilos, como es el caso de algunas leguminosas, se presentan condiciones de temperatura y humedad mucho más favorables que en las zonas inter-arbustivas, (Durán, 2008) lo cual implica que la actividad microbiana es mayor y, ayuda a la descomposición del pericarpo, además de romper la latencia física de las semillas para que estas puedan germinar.

Para el género *Mimosa*, su importancia ecológica es atribuida a su cobertura foliar, ya que en algunos casos se reporta que llega alcanzar *ca.* 6m<sup>2</sup> (Camargo-Ricalde, *et al.*, 2002). El porcentaje de semillas que acumulan bajo el dosel, fue de 67-89% para *Mimosa biuncifera* y 84-88% para *Mimosa depauperata*. Orozco (2003), reporta la misma tendencia para las especies de *M. lacerata*, *M. depauperata* y *M. texana* var *texana*, ya que las semillas se acumulan en mayor proporción bajo el dosel de los individuos.

Guo *et al.* (1998), reportan que la mayoría de las especies de arbustos y gramíneas localizadas en comunidades desérticas, muestran una mayor densidad de semillas bajo su dosel y asocian la distribución horizontal de las semillas con la distribución de los arbustos, ya que muestran una relación positiva entre la abundancia de semillas y distribución, en el caso de las plantas anuales muestran la misma tendencia al presentar densidades altas bajo su dosel. Las semillas de las plantas del desierto, así como en otros ecosistemas, son dispersadas localmente por factores como el viento y la lluvia.

En los bosques tropicales, se consideran a los bancos de semillas como un mecanismo para la regeneración natural. Andreza y Vera, (2007), encontraron que los árboles después de dispersar sus semillas, caen bajo su dosel, existiendo una correlación positiva con las semillas que se incorporan al banco, ya que las semillas de los árboles son quiescentes y tienden a estar almacenadas por un largo periodo en el suelo, bajo el dosel de los árboles y forman reservas de semillas de tipo permanente, lo mismo sucede en los ecosistemas secos y semi-secos.

#### **7.4) Distribución vertical de las semillas**

Indistintamente de la especie, se obtuvo la mayor densidad de semillas a profundidades someras (0-5 cm), mostrando diferencias significativas con respecto a la profundidad 5-10 cm. En el caso de *Prosopis laevigata* y *Mimosa depauperata* en el sitio de muestreo El Rincón 2, acumulan la mayor densidad de semillas a nivel del mantillo.

Guo *et al.* (1998), revelaron que las semillas que son liberadas de la planta madre, se distribuyen en el perfil del suelo de acuerdo a su morfología (masa, forma, tamaño), encontrando porcentajes bajos (3-18%) de semillas a 5cm de profundidad, sin embargo existen semillas encontradas en menor proporción a profundidades de 5-10 cm, siendo estas pequeñas y de forma redondeada enterrándose más fácilmente en el suelo que las de mayor tamaño. Orozco (2003) encontró la misma tendencia para las especies del género *Mimosa*, al verificar que las densidades disminuían al incrementar la profundidad, ya que las semillas del género se distribuyen en las capas superficiales (0-5cm). Ingalill *et al.* (2003) encontraron altas densidades de semillas de especies de *Acacia* en los primeros 3

cm de profundidad para diferentes especies en un ecosistema árido en el sureste de Etiopía.

Una vez que las semillas son liberadas de la vaina pueden germinar inmediatamente o se incorporan a un banco de semillas en latencia y se ha demostrado que la mayoría de los bancos de semillas consisten de semillas enterradas (Grime, 1989), como es el caso del género *Mimosa* donde persisten sus semillas a una profundidad de 5-10 cm del suelo.

Para conocer el origen de un banco es necesario describir el mecanismo mediante el cual se entierran las semillas; es preciso identificar los factores que impiden la germinación antes del entierro y durante su periodo de supervivencia y finalmente es de considerable interés examinar los mecanismos que desencadenan la germinación de las semillas enterradas.

### 7.5) Viabilidad de las semillas del banco

Las semillas de *Mimosa depauperata* y *Mimosa biuncifera* que se registraron en la reserva del suelo, de la cual una proporción mayor al 87%, presentan valores arriba del 50% de germinación y el resto de las ellas se encuentran por debajo de este valor. En general para las dos especies concentraron cantidades menores de semillas en la reserva del suelo, sin embargo, con altos porcentajes de viabilidad que conservaron durante los tres años de estudio, lo cual nos indica que son especies cuya estrategia de vida es la de germinar una vez que sus semillas son liberadas por la plante madre. Esto es corroborado por Orozco (2003) donde hace mención que algunas especies del género *Mimosa* no dependen de su reserva de semillas del suelo para su regeneración, más bien, dependen de la germinación inmediata de las semillas, así como de la supervivencia de plántulas.

En el caso de *Prosopis laevigata* el 40% de las semillas registradas en la reserva del suelo, presentó más del 50% de germinación y solo durante el primer año de estudio conservó su viabilidad con un valor >90%.

Un factor determinante que limita la germinación de las semillas es la latencia física que presentan al poseer una cubierta dura e impermeable al agua y la presencia de inhibidores químicos (Went, 1973). Existen trabajos para *Prosopis tamarugo*, *Prosopis laevigata* (Habit *et al.*, 1981; Jurado *et al.*, 2006) y *Mimosa biuncifera* (Perea, 1995; Orozco *et al.*, 2003), los cuales reportan altos porcentajes de germinación para estas especies, una vez que la testa ha sido escarificada mecánicamente, ya que promueve la germinación hasta un 80% en el género *Mimosa* (Orozco 2003). González-Castañeda *et al.* (2004), reportan el mismo porcentaje para *Acacia schaffneri*, y obtienen mejores resultados cuando sumergen las semillas a ácido sulfúrico al 98%. En campo la latencia de una semilla se rompe cuando hay presencia de actividad microbiana en el suelo, entre otros factores como son las fluctuaciones de temperatura y la precipitación de ambiente.

Otro aspecto a considerar es la pérdida de viabilidad por ataque de depredadores o infestación causada por coleópteros, específicamente los pertenecientes a la familia Bruchidae, la cual causa la pérdida total de la semilla, imposibilitándola para germinar (Nisensohn *et al.*, 1999). Armella (1990) reporta porcentajes <10% para diferentes leguminosas infestadas por brúquidos.

Las semillas registradas en la reserva del suelo en diferentes localidades, niveles de la pendiente, profundidades y condiciones de luz, están vivas lo que significa el amplio

espectro que tienen para almacenar semillas en el suelo y formar reservas de semillas de tipo permanente.

## 7.6) Longevidad

La viabilidad que presentan las semillas de las cuatro especies durante los tres años de enterramiento, se perdió entre un 20-50%, *Acacia schaffneri*, *Mimosa biuncifera* y *Prosopis laevigata* fueron las especies que perdieron mayor viabilidad y *Mimosa depauperata* presentó la menor pérdida. Esto puede ser debido a la superficie de contacto que presenta la semilla de *M. depauperata*, la cual es más pequeña que la de las otras especies, debido a su forma es casi redonda y puede establecerse en micrositios seguros antes de su germinación.

Existen pocos trabajos los cuales reportan la longevidad de las semillas de Leguminosas. Owens *et al.* (1995), reportan que las semillas de *Acacia berlandieri* que son enterradas a diferentes profundidades (0-5 cm) pierden su viabilidad en los primeros dos meses (<55%). Las semillas de *Leucaena pulverulenta* en cambio, conservan una viabilidad y germinación alta (97% a 83%), durante un año de enterramiento. Ortega *et al.* (2001), reportan que en el parque los Cardones en Argentina las semillas de *Prosopis ferox* almacenadas en el suelo después de un año, conservan un porcentaje de germinación de ca. 40% y en el transcurso de dos y seis años el porcentaje de semillas disminuye del 33% al 5% respectivamente, pero el porcentaje de germinación se conserva. En el caso de *Acacia schaffneri* y *Prosopis laevigata* son semillas que al permanecer en las capas más superficiales del suelo pierden su viabilidad por susceptibles al ser depredadas por insectos u otros animales.

Orozco-Almanza *et al.* (2003), reportan que después de un año de enterramiento las semillas de *Mimosa depauperata* y *Mimosa similis* pierden entre el 56 y 73% de su viabilidad, así mismo *Mimosa lacerata* y *Mimosa texana* pierden entre 20-50%. Estos resultados son similares a los registrados en este trabajo, donde las semillas de algunas especies de leguminosas, pierden viabilidad entre 20 y 70%, durante periodos de enterramiento entre uno y seis años.

Thompson *et al.* (1993), encontraron la relación que existe entre la forma y tamaño de la semilla con la longevidad, clasificando la longevidad de especies en dos grupos: transitorios y permanentes, en los cuales las semillas que presentan un peso <3 mg (pequeñas y casi esféricas) son persistentes, de aquí que las semillas de *Mimosa depauperata* presenten la mayor viabilidad en relación al tiempo. En el caso de *Prosopis laevigata* su forma ampliamente ovada y su tamaño (6.4 mm largo y 4.7 mm ancho) no le permite enterrarse fácilmente y por lo tanto la mayor densidad se acumula a nivel del mantillo.

## 7.7) Comparación de las semillas de la reserva durante tres años de estudio.

Las densidades de semillas en el suelo, para las tres especies de leguminosas estudiadas, mostraron diferencias en relación a la localidad, mes de muestreo, profundidad y condición (bajo dosel y área inter-arbustiva). Las tres especies bajo estudio, acumularon semillas en la reserva del suelo, durante los tres años de estudio. La tendencia fue la misma, para las tres especies, se registraron las mayores densidades, durante el mes de agosto, lo cual responde a su ciclo de floración y fructificación. Por otro lado, la densidad de semillas disminuyó en el tercer año.

Para *Prosopis laevigata* el hecho de haber encontrado la mayor densidad de semillas durante el tercer año, responde a la cantidad de estructuras reproductivas que tiene la especie, además de la época de dispersión y el grado de conservación de la localidad, si bien Ortega *et al.* (2001) menciona que las vainas de *Prosopis*, una vez dispersadas pueden tardar hasta cinco años en liberar las semillas (en época de sequía).

*Mimosa depauperata* y *Mimosa biuncifera*, también presentaron una disminución de semillas en el tercer año. Esta disminución se puede atribuir a una menor producción de frutos y semillas durante este año.

Por otro lado, el hecho de haber registrado menor densidad de semillas en el tercer año, pudo responder a una mayor actividad de los depredadores, especialmente insectos de la familia Bruchidae (Armella, 1990), lo cual se relacionó con el registro de una gran cantidad de semillas depredadas. Es importante mencionar que para estas dos especies, se registraron semillas a una profundidad entre 5-10 cm, las cuales presentaron menos depredación y mayores porcentajes de viabilidad y germinación. De acuerdo a estos resultados, las dos especies del género *Mimosa*, forman bancos de semillas permanentes. Cavers *et al.* (1989), mencionan que las semillas pequeñas y casi esféricas como las del género *Mimosa*, son persistentes en la reserva del suelo, dada su capacidad de enterramiento.

La formación de un banco de semillas del suelo está determinada por los movimientos horizontal y vertical de las semillas, y estos a su vez se ven afectados por una serie de factores ya que de ellos depende el enterramiento de estas. Según lo propuesto por Alexander-Schrag (2003) (citado en Souza *et al.*, 1998), la supervivencia de las semillas así como el tamaño del banco de semillas del suelo, dependen de las condiciones de enterramiento y hábitat, edad de la semilla, densidad y depredación, que afectan el flujo de entrada de semillas en el suelo. Estas relaciones entre el tamaño de las semillas, el entierro y la depredación llevan casi una relación universal entre el tamaño de las semillas pequeñas y la persistencia en el suelo. Por lo tanto, la preferencia de hábitat está vinculada de forma predecible a la vez al tamaño de las semillas y la persistencia (Fenner y Thompson, 2005),

Además se considera que para la formación de un banco de semillas persistente, es necesario el enterramiento de la semilla, ya que si permanece en la superficie probablemente germine o sea objeto de la depredación. Una vez enterradas las semillas, ambas situaciones se vuelven menos probables, dado que la mayoría de las especies germinan en presencia de luz (Wesson & Wareing, 1969). Además, la mayoría de los depredadores son herbívoros de superficie (Thompson, 1987; Price & Joyner, 1997). Cabe destacar que las semillas más pequeñas son enterradas más fácilmente como es el caso del género *Mimosa* (Peart, 1984; Thompson *et al.*, 1994), representan un alimento más difícil para los depredadores (Hulme, 1993) y requieren mayor estímulo lumínico para poder germinar (Milberg *et al.*, 2000). Las características de las semillas persistentes de ser pequeñas y compactas, ofrecen la posibilidad de poder predecir la persistencia a través de simples mediciones del tamaño y forma seminal (Leck *et al.*, 1989; Tsuyuzaki, 1991; Thompson *et al.*, 1993; Bekker *et al.*, 1998). El tamaño y la forma de las semillas son consideradas de gran importancia para determinar el comportamiento de un banco de semillas (Thompson, *et al.*, 1993).

Los depredadores (insectos, roedores, cabras, etc.) pueden regular la densidad de semillas de algunas especies e influir en la distribución espacial (Harper, 1977; Cavers, 1983). Las pérdidas por depredación influyen no solo sobre la abundancia y distribución de las semillas en el suelo, sino sobre los estadios siguientes del ciclo de vida. Aún cuando la magnitud de tales pérdidas sean pequeñas el impacto sobre la dinámica de las poblaciones y comunidades puede ser importante (Louda, 1989).

Las características que presentan las semillas (testa dura e impermeable) de las tres especies estudiadas, al presentar latencia física, puede indudablemente ser responsable de la persistencia de las semillas, (Baskin y Baskin, 2001) en el suelo. En general, para las tres especies, la conservación de la cubierta vegetal, presentó una relación directa con las densidades de semillas registradas en el suelo de cada localidad. El Rincón 1 y 2, presentaron las mayores densidades de semillas, donde la cobertura vegetal es >70% y fue menor para González-González, donde la cobertura es de 60% (Flores, 2006).

## VIII CONCLUSIONES

*Prosopis laevigata*, *Mimosa depauperata* y *Mimosa biuncifera*, forman reservas de semillas de tipo permanente en el suelo, donde las semillas permanecen viables durante un periodo mayor a tres años de enterramiento.

*Prosopis laevigata* presentó la mayor densidad de semillas en la reserva del suelo debido a la gran producción de frutos y semillas, durante la época de estudio.

*Mimosa biuncifera* presentó las menores densidades de semillas en respuesta a la alta tasa de depredación por insectos.

Las semillas encontradas en la reserva del suelo, de las tres especies se acumulan principalmente a profundidades someras (mantillo, 0-5 cm) y el 70% bajo el dosel de los individuos y conservan su viabilidad entre 25 y 100%.

En general las semillas de las cuatro especies independientemente de la condición (profundidad y dosel) pierden de 20 a 50% de su viabilidad después de tres años de enterramiento. Solo *Mimosa depauperata* conservó su viabilidad hasta en un 80%.

Las tres especies estudiadas forman reservas de semillas en el suelo, lo cual indica su alta potencialidad para reclutar plántulas y contribuir a la recuperación de cubierta vegetal en sitios de exclusión, como es el caso de González- González.

## IX. LITERATURA CITADA

1. Adams, V.M., Marsh D.M. y Knox J.S. (2005). Importance of the seed bank for population viability and population monitoring in a threatened wetland herb. *Biological Conservation*. (124): 425-436.
2. Andreza, M. M. y Vera, L. E. (2007). Soil seed bank in tropical forest fragments whit different disturbances histories in southeastern Brazil. *Ecological Engineering*. 10 pp.
3. Arias, T. A.A., Valverde V. M.T., Reyes, S.J. (2001). Las plantas de la región de Zapotitlán Salinas, Puebla. Instituto Nacional de Ecología-SEMARNAT. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 72 pp.
4. Armella, V.M.A. (1990). Depredación, predispersión de semilla en la Barranca de Metztlán. Tesis de Maestría en Ciencias. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México, 101 pp.
5. Arreguin. S.M.L., Cabrera L.G. Fernández N.R., Orozco L.C. Rodríguez C.B. y Yopez B.M. (1997). Introducción a la flora del estado de Querétaro. Consejo de Ciencia y Tecnología del estado de Querétaro, del Instituto Politécnico Nacional y la Universidad Autónoma Chapingo. 361pp.
6. Arzola, G. C. S. (2006). Reserva de semillas en el suelo de *Prosopis laevigata* (Willd.) M. C. Johnst. y *Mimosa biuncifera* Benth., en tres matorrales xerófilos del Valle del Mezquital, estado de Hidalgo. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM. México. 71 pp.
7. Baskin, C. C. y Baskin J. M. (2001). *Seeds Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination*. Academic Press. E. U. A 666 pp.
8. Bekker, R.M., J.P. Bakker, U. Grandin, R. Kalamees, P. Milberg, P. Poschlod, K. Thompson y J.H. Willems, (1998). Seed size, shape and vertical distribution in the soil: indicators of seed longevity. *Functional Ecology*. 12, N° 4: 834-842.
9. Caballero, I., Olano J.M., Loidi I. y Escudero A. (2003). Seed bank structure along a semi-arid gypsum gradient in Central Spain. *Journal of Arid Environments*. (55): 287-299.
10. Calderón, B.O., Espinoza, G.J. (1997). Manual de Identificación de Semillas de Maleza. Comisión Nacional de Sanidad Agropecuaria. SAGAR. 113 pp.
11. Camacho, M., 1994. Dormición de Semillas; causas y tratamientos. Ed. Trillas, México, 125pp.
12. Camargo-Ricalde, S.L., Grether, R., (1998). Germinación, dispersión y establecimiento de plántulas de *Mimosa tenuiflora* (leguminosae) en México. *Revista de Biología Tropical* 46 (3), 1–12.

13. Camargo-Ricalde S.L., Grether, R., Martínez-Bernal A., García-García V. Y Barrios-Del-Rosal. (2001). Especies útiles del género *Mimosa* (Fabaceae-Mimosoidae) en México. *Sociedad Botánica de México*. (68): 33-44.
14. Camargo-Ricalde, S.L., Dhillion, S. y Grether, R. (2002) Community structure of endemic *Mimosa* species and environmental heterogeneity in a semi-arid Mexican valley. *Journal of Vegetation Science*. (13): 697-704.
15. Cavers, P. (1983) Seed demography. *Canadian Journal of Botany*. (61):3578-3590.
16. Cavers, P.B., Benoit, D.L., Leck, M.A., Parker, V.T. y Simpson, R.L. (1989). Ecology of soil seed banks. *Seed bank in arable land* New York: Academic Press. (14):309-326.
17. De la Vega C.F.R. (1992). Principales productos forestales no maderables de México. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, México. 376pp.
18. Dhillion S.S. y Camargo-Ricalde S.L. 2005. The cultural and ecological roles of *Mimosa* species in the Tehuacán –Cuicatlán Valley, México. *Economic botanic* (59): 390-394.
19. Durán, C. A. O. (2008). Estructuras reproductivas de cuatro especies de la Familia *Leguminosae* en el Valle del Mezquital, Hidalgo. Proyecto de investigación de Servicio Social. UNAM. FES Zaragoza. México, D.F. 31pp.
20. Durán, C. A. O. (inédito). Depredación-Predispersión de semillas de especies nativas de dos zonas semisecas de México. Tesis de licenciatura. UNAM. FES Zaragoza. México, D. F.
21. Durán, G. M. (2008). Caracterización edáfica bajo el dosel de cuatro especies de la familia *Leguminosae*, en la Zona semiseca del Valle del Mezquital, Estado de Hidalgo. Tesis de Licenciatura. UNAM. FES Zaragoza. México, D. F. 87 pp.
22. Fagg .C. W. y Stewart J. L. (1994). The value of *Acacia* and *Prosopis* in arid and semi-arid environment. *Journal of Arid Environments*. (27): 3-25.
23. Fenner, M. y Thompson K., (2005). *The Ecology of Seeds*. Cambridge University Press. United Kingdom. 76 – 89 pp.
24. Felger, R. (1985). New arid land crops from México. In: usos y preservación de los recursos biológicos y marinos y de zonas áridas. 120 pp.
25. Flores, R. G. (2006). Reserva de semillas del suelo y dinámica de plántulas de dos especies de leguminosas, *Acacia schaffneri* (S. Wats.) Hermann y *Mimosa depauperata* Benth., en el Valle del Mezquital Hidalgo. FES Zaragoza. Carrera de Biología. Servicio social. México, D. F. 17 pp.
26. García-Carreño, F. L., Troyo-Diequez, E. (1991) Potencialidad del mezquite como indicador de la calidad del agua subterránea. *BIOTAM*. (3): 47-57

27. García-Fayos P. y Verdu M. (1998). Soil seed bank, factors controlling germination and establishment of a Mediterranean shrub: *Pistacia lentiscus* L. *Acta Oecologica*. (19): 357-366.
28. Gómez, F., J. Signoret, y M.C. Abuín. (1970). Mezquites y Huizaches. Algunos Aspectos de la Economía, Ecología y Taxonomía de los Géneros, *Prosopis* y *Acacia* en México. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables, A. C. México.
29. González-Castañeda, J; Angoa-Pérez, M.V.; Frías-Hernández, J.T.; Olalde-Portugal, V.; Flores-Ancira, E.; Terrones-Rincón, T.R.L.; Van Cleemput, O.; Dendooven, L. (2004). Germination of seeds of huisache (*Acacia schaffneri*) and catclaw (*Mimosa monancistra*) as affected by sulphuric acid and mechanical scarification and subsequent growth and survival in a greenhouse and field experiment. *Seed Science and Technology*. (12): 727-738 pp.
30. Granados, S. D. y López R.G.F. (2001). *Ecología de Poblaciones Vegetales*. Universidad Autónoma Chapingo. México. 143pp.
31. Grime, J. P. (1979). *Plant strategies and vegetation processes*. New York: John Wiley and Sons. 222 pp.
32. Grimme, J. P. (1982). *Estrategias de adaptación de las plantas y procesos que controlan la vegetación*. Limusa, México, 291 pp.
33. Grime, J. P., (1989). *Estrategias de adaptación de las plantas y procesos que controlan la vegetación*. Limusa. México. 291 pp.
34. Günster A. (1994). Seed bank dynamics –longevity, viability and predation of seed the serotinous plants in the central Namib Desert. *Journal of Arid Environments*. (28): 195-205.
35. Guo, Q., Rundel P.W. y Goodall D. W. (1998). Horizontal and Vertical Distribution of Desert Seed Banks: Patterns, Causes, and Implications. *Journal of Arid Environments*. (38): 465-478.
36. Habit, M.A., Contreras, D.T. y González, R.H. (1981). *Prosopis tamarugo: arbusto forrajero para zonas áridas*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO 143 pp.
37. Harper, J. L. (1977). *Population biology of Plants*. London: Academic Press. 33-111 pp.
38. Hernández, V. V. (2009). Persistencia de semillas en la reserva del suelo de cuatro especies de leguminosas nativas de una zona semiseca de México. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM. México.
39. Hulme, P.E., (1993). Post-dispersal seed predation by small mammals. In: *Symposium of the zoological society of London*, 65, Londres. pp. 269-287.

40. Ingalill, E., Demel T. y Anders, G. (2003). Response of plant communities to fire in an Acacia woodland and a dry Afromontane forest, southern Ethiopia. *Forest Ecology and Management*. 39-50 pp.
41. Jurado, E., García, J.F., Flores, J. y Estrada, E. (2006). Leguminous seedling establishment in Tamaulipas thornscrub of northeastern Mexico. *Forest Ecology and Management*, (221): 133-139.
42. Leck, M.A., V.T. Parker y R.L. Simpson, (1989). *Ecology of Soil Seed Banks*. San Diego: Academic Press.
43. Louda, S.M. (1989). Predation in the Dynamics of Seed Regeneration. *Ecology of Soil Seed Banks*. School of Biological Sciences University of Nebraska Lincon. 25-51 pp.
44. Luzuriaga, A. L., Escudero A., Olano J. M. y Loidi J. (2005). Regenerative role of seed bank following an intense soil disturbance. *Acta Oecologica*. (27): 57-66.
45. Ma. J. Y., Ren J., Wang G. y Chen F.H. (2006). Influence of different microhabitats and stand age on viable soil seed bank of sand-stabilising species. *South African Journal of Botany*. (72): 46-50.
46. Maldonado, A. L. J. (1985). Descripción y Desarrollo de las regiones áridas de México. IV Reunión de Intercambio tecnológico en Zonas áridas y semiáridas. Argentina, 36 – 57 pp.
47. Márquez, M. J. (2001). *Estadística básica, un enfoque no paramétrico*. Universidad Nacional Autónoma de México, FES-Zaragoza. D.F. México. 171pp.
48. Martínez, B. A., Grether, R. y González A. R. M. (2008). Flora de Veracruz. Fascículo Leguminosae I: Mimosa. Departamento de Biología, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. Instituto de Ecología A. C. Xalapa, Veracruz, México. 129 pp.
49. Milberg, P., L. Andersson y K. Thompson, (2000). Largeseeded species are less dependent on light for germination than small-seeded ones. *Seed Science Research* 10: 99-104.
50. Molina, M. C., García, M. E., Aguirre, R. J. R. y González, F. C. (1991). La reserva de semillas de un pastizal de *Bouteloa gracilis*. *Agrociencia serie Recursos Naturales Renovables* Vol. 1 Núm. 3 93-103.
51. Monroy, A. A., Esteves, T. J, García, S. R., Ríos G. R. (2007). Establecimiento de plantas mediante el uso de Micorrizas y de Islas de recursos en un matorral xerófilo deteriorado. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, A. C. 49-57 pp.
52. Morales, V. G & Camacho M. R. (1987). Estudio de los mecanismos que inhiben la germinación de la semilla del tejocote (*Crataegus pubescens* H. B. K.). *Acta Mexicana de Ciencia y Tecnología*. 5(20): 79-83 pp.

53. Nisensohn, L., Faccini, D. y Montero, G. y Lietti, M. (1999). Predación de semillas de *Amaranthus quitensis* H.B.K. en cultivo de soja: Influencia del sistema de siembra. Brasil. (34): 377-384.
54. Orozco, A. M. S. (2003). Ecología Funcional de cuatro especies del Género *Mimosa* (Leguminosae) en la cuenca del río Estórax, en el estado de Querétaro, México. Universidad Autónoma Metropolitana. División de Ciencias Biológicas y de la Salud. Tesis de Doctorado, México 247 pp.
55. Orozco, A. M. S., Ponce L. G. L., Grether R. y García M. E. (2003). Germination of four species the genus *Mimosa* (Leguminosae) in a semi-arid zone or Central México. Journal of Arid Environments. (55): 75-92.
56. Ortega, B. P., De Viana M. y Saravia M. (2001). The fate of *Prosopis ferox* seeds from unremoved pods at National Park los Cardones. Journal of Arid Environments. (48): 185-190.
57. Owens, M.K., Wallece R.B. y Archer S. (1995). Seed dormancy and persistence of *Acacia berlandieri* and *Leucaena pulverulenta* in a semi-arid environment. Journal of Arid Environments. (29): 15-23.
58. Peart, M.H. (1984). The effects of morphology, orientation and position of grass diaspores on seedling survival. Journal of Ecology 72: 437-453.
59. Perea, P.J.M. (1995). Evaluación de tratamientos pregerminativos, sustrato y fungicida sobre la emergencia de dos especies forrajeras para zonas áridas (*Mimosa biuncifera* y *Atriplex numularia*). Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de México, 60pp.
60. Price, M.V. and J.W. Joyner, (1997). What resources are available to desert granivores: seed rain or soil seed bank? Ecology 78: 764-773.
61. Rzedowski, J. (1978). Vegetación de México. Ed. Limusa. México. 432pp.
62. Rzedowski J. y Rzedowski G.C. (1979). La flora fanerogámica del Valle de México. 2ª Edición. Volumen 1. Compañía Editorial Continental, S.A. D.F. México. 403pp.
63. Rzedowski J. y Rzedowski G.C. (2001). La flora fanerogámica del Valle de México. 2ª Edición. Volumen 1. Instituto de Ecología, A.C., Centro Regional del Bajío, Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán, México. 1406 pp.
64. Salgado, H. I. (1992). El Análisis exploratorio de datos biológicos. Fundamentos y aplicaciones. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Zaragoza. UNAM. Marc ediciones. 243 pp.
65. Sánchez S.O. (1980). La flora del Valle de México. Sexta edición. Editorial Herrero, S.A. México. pp.519.
66. Shiferaw, H., Teketay, D., Nemomissa, S. y Assefa, F.,(2004). Some biological characteristics that foster the invasion of *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. At Middle

Awash Rift Valley Area, north-eastern Ethiopia. *Journal of Arid Environments*. (58): 135-154.

67. Sousa, S. M. y Delgado, S. A., (1998). Leguminosas mexicanas: fitogeografía, endemismo y orígenes. *In*: Ramamoorthy, T. P., Bye, R., Lot, A., Fa, J. (Eds.), *Diversidad biológica de México: orígenes y distribución*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, pp. 449–500.
68. Terradas, J. (2001). *Ecología de la vegetación. De la ecofisiología de las plantas a la dinámica de las comunidades y paisajes*. Ed. Omega, Barcelona España. 485 – 499 pp.
69. Thompson, K. (1987). Seeds and seed banks. *In* *Frontiers of Comparative Plant Ecology*. Ed. I. H. Rorison, J. P. Grime, R. Hunt, G. A. F. Hendry & D. H. Lewis, London: Academic Press, 23 – 34 pp.
70. Thompson, K., A. Green y A.M. Jewels, (1994). Seeds in soil and worm casts from a neutral grassland. *Functional Ecology* 8: 29-35.
71. Thompson, K., Band, S.R. y Hodgson, J. G. (1993). Seed size and shape predict persistence in soil. *Functional Ecology* (7): 236-241.
72. Thompson, K., Bakker, J. P. y Bekker, R. M. (1997). *The soil seed bank of North West Europe: Methodology, density and longevity*. Cambridge: Cambridge University Press.
73. Thompson, K. y Grime, J. P. (1979). Seasonal variation in the seed banks of herbaceous species in ten contrasting habitats. *Journal of Ecology* 67, 893 – 921.
74. Thompson, K.; S.R. Band y J.G. Hodgson, (1993). Seed size and shape predict persistence in soil. *Functional Ecology* 7: 236-241.
75. Tsuyuzaki, S., 1991. Survival characteristics of buried seeds 10 years after the eruption of the Usu volcano in northern Japan. *Canadian Journal of Botany*. 69: 2251-2256.
76. Vázquez-Yanes, C. (1987). Los bancos de almacenamiento de semillas en la conservación de especies vegetales. *Ciencia* 38: 239-246 pp.
77. Vázquez-Yanes, C. y Orozco-Segovia A. (1990). Seed Dormancy in a Tropical Rain Forest. *En* Bawa, K. S. y M. Hadley. *Reproductive Biology of Tropical Plants*. 247-258 pp.
78. Velasco-Molina, A. (1991). *Las zonas áridas y semiáridas: sus características y manejo*, Ed. Limusa, México, 727 pp.
79. Went, F. W. (1973). Competition among plants. *Proceeding of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 70: 585-590 pp.

- 80.** Wesson, G. and P.F. Wareing, (1969). The role of light in the germination of naturally occurring populations of buried weed seeds. *Journal of Experimental Botany* 20: 403-413.
- 81.** [http:// www.mapasmexico.net/mapahidalgo.html](http://www.mapasmexico.net/mapahidalgo.html) (26-diciembre-2008)
- 82.** [http:// www.ipni.org/ipni/simplePlantNameSearch.do](http://www.ipni.org/ipni/simplePlantNameSearch.do) (17-marzo-2009)

## X. ANEXO

Cuadro 7. Resultados del análisis de varianza (95% de confianza)

Especie	Localidad	Variable	Prueba	F	t	p	Observaciones
<i>Prosopis laevigata</i>	Rincón 1	Pendiente	t-student		0.4455	0.6601	Varianzas iguales
		Condición	t-student		0.4942	0.6258	Varianzas iguales
		Mes	Kwallis			0.1161	
		Profundidad	ANDEVA	2.82		0.0812	
	Rincón 2	Pendiente	t-student		0.2283	0.8202	Varianzas iguales
		Condición	t-student		1.0471	0.2992	Varianzas iguales
		Mes	ANDEVA	7.91		<b>0.0009</b>	Bartlett's 0.076
		Profundidad	Kwallis			<b>0.0001</b>	
<i>Mimosa dapauperata</i>	Rincón 1	Pendiente	t-student		0.4096	0.6836	Varianzas diferentes
		Condición	t-student		1.9281	0.0584	Varianzas iguales
		Mes	ANDEVA	3.35		<b>0.0417</b>	Bartlett's 0.089
		Profundidad	ANDEVA	1.71		0.1888	
	Rincón 2	Pendiente	t-student		0.0552	0.9562	Varianzas iguales
		Condición	t-student		1.7542	0.0843	Varianzas iguales
		Mes	ANDEVA	0.26		0.7727	
		Profundidad	ANDEVA	8.43		<b>0.0006</b>	Bartlett's 0.121
<i>Mimosa biuncifera</i>	Rincón 1	Pendiente	t-student		1.5844	0.1203	Varianzas iguales
		Condición	t-student		1.3192	0.2021	Varianzas diferentes
		Mes	ANDEVA	3.77		<b>0.0311</b>	Bartlett's 0.062
		Profundidad	Levene	46		0.076	No hubo diferencias entre varianzas
	González	Pendiente	t-student		1.1127	0.2784	Varianzas iguales
		Condición	t-student		0.8206	0.4211	Varianzas iguales
		Mes	ANDEVA	0.08		0.9267	Bartlett's 0.051
		Profundidad	ANDEVA	0.66		0.5300	Bartlett's 0.718

Cuadro 8. Resultados del análisis de varianza para Longevidad

Especie	Localidad	Variable	Prueba	F	t	p
<i>A. schaffneri</i>	Longevidad	Condición	t-student		0.4344	0.6676
	Longevidad	Mes	kwallis	7.946		<b>0.0188</b>
<i>P. laevigata</i>	Longevidad	Condición	t-student		2.2169	<b>0.0357</b>
	Longevidad	Mes	kwallis	13.143		<b>0.0014</b>
<i>M. biuncifera</i>	Longevidad	Condición	t-student		1.3998	0.1739
	Longevidad	Mes	leven			0.9758
<i>M. dapauperata</i>	Longevidad	Condición	t-student		1.2703	0.2190
	Longevidad	Mes	leven			0.0785

Valores de  $p \leq 0.05$  indican diferencias significativas.

Cuadro 9. Resumen de resultados

Parámetro	Localidad	Condición y profundidad	<i>P. laevigata</i>	<i>M. depauperata</i>	<i>M. biuncifera</i>	<i>A. schaffneri</i>
No. de semillas/m <sup>2</sup>	Rincón 1	BDM	316.5	783.3	837.5	
		BD 0-5	95	152.3	207.4	
		BD 5-10	17.67	194.2	233.9	
		AIM	237.5	166.7	529.2	
		AI0-5	19.67	39.3	12.3	
		AI5-10	0	4.92	88.2	
	Rincón 2	BDM	5779.2	1341.7		
		BD 0-5	167.21	334.3		
		BD 5-10	80.88	247.9		
		AIM	1855.46	229.2		
		AI0-5	23.58	11.75		
		AI5-10	94.13	17.63		
	González-González	BDM				233.3
		BD 0-5				64.2
		BD 5-10				17.5
		AIM				29.17
		AI0-5				8.88
		AI5-10				0
Viabilidad de las semillas	Rincón 1	BDM	72.08%	74.18%	61.37%	
		BD 0-5	11.12%	82.9%	51.32%	
		BD 5-10	16.67%	82.6%	40.08%	
		AIM	22.22%	67.5%	66.7%	
		AI0-5	25%	66.7%	33.33%	
		AI5-10	0%	16.66%		
	Rincón 2	BDM	44.38%	89.17%		
		BD 0-5	58.9%	90.18%		
		BD 5-10	37.5%	78.25%		
		AIM	47.45%	73.43%		
		AI0-5	33.33%	33.33%		
		AI5-10	20.8%	33.33%		
	González-González	BDM				54.4%
		BD 0-5				63.3%
		BD 5-10				16.7%
		AIM				66.7%
		AI0-5				16.7%
		AI5-10				0%
Longevidad	Rincón 2	BD	92.5%	83.9%	82.5%	68.1%
		AI	85.3%	85.2%	79.6%	68.7%

BDM: bajo dosel a nivel de mantillo

BD 0-5: bajo dosel a una profundidad de 0-5 cm

BD 5-10: bajo dosel a una profundidad de 5-10 cm

AIM: área inter-arbustiva a nivel de mantillo

AI 0-5: área inter-arbustiva a una profundidad de 0-5 cm

AI 5-10: área inter-arbustiva a una profundidad de 5-10 cm