



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES "ZARAGOZA"

**Persistencia de semillas en la reserva del suelo de
cuatro especies de leguminosas nativas de una zona
semiseca de México**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

B I O L O G O

P R E S E N T A:

HERNÁNDEZ VÁZQUEZ VIRIDIANA



DIRECTOR DE TESIS: DRA. MA. SOCORRO OROZCO ALMANZA
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN EN ECOLOGÍA VEGETAL

MÉXICO, D.F.

JUNIO 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 mi hijo Eran

A mi Madre

Yrene Elia Vázquez Romero

A mi esposo

Salvador

A mis hermanos

Vicente, Jimmy, Israel y Samuel

AGRADECIMIENTOS

Agradezco especialmente a mi madre por su esfuerzo y sacrificio para no hacerme desistir, los cuales han resultado en la terminación de este trabajo y a mis hermanos por aconsejarme y apoyarme en todo momento.

Al Dr. Arcadio Monroy Ata, a la Dra. Esther García Amador y a la Dra. Socorro Orozco Almanza por su guía y apoyo durante mi estancia en la Unidad de Investigación en Ecología Vegetal.

Al M. en C. Carlos Castillejos Cruz y al Biól. Jorge Gutiérrez Gallegos por las observaciones realizadas para la mejora de este trabajo.

A mis compañeros y amigos Norma M., Norma Z., Araceli, Laura, Paola, Karina, Martha Lourdes, Raquel, Roberto, Carlos, Gerardo y Miriam, Omar, por hacer grata mi estancia y por los momentos compartidos.

Al Biól. Carlos Arzola Galindo por su apoyo para realizar el análisis estadístico.

Al M. en C. Ernesto Mendoza Vallejo por su apoyo para poder realizar este trabajo.

CONTENIDO

	RESUMEN	
I.	INTRODUCCIÓN	2
II.	ANTECEDENTES	3
	2.1 Definición de bancos de semillas	3
	2.2 Tipos de bancos de semillas	4
	2.3 Formación de bancos de semillas en el suelo	5
	2.4 Latencia de semillas	6
	2.5 Longevidad	7
	2.6 Estudios de caso	8
	2.7 Descripción de la zona de estudio	10
	2.7.1 Características generales del Valle del Mezquital	10
	2.7.2 Geología	10
	2.7.3 Clima	10
	2.7.4 Hidrología	11
	2.7.5 Suelos	12
	2.7.6 Vegetación	12
	2.8 Localización de los sitios de estudio	14
III.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
IV.	HIPÓTESIS	17
V.	OBJETIVOS	17
	5.1 Objetivo general	17
	5.2 Objetivos específicos	18
VI.	MATERIALES Y METODO	18
	6.1 Distribución horizontal y vertical de la reserva de semillas del suelo	18
	6.2 Cuantificación de las semillas de la reserva	18
	6.3 Viabilidad de semillas	19
	6.4 Persistencia de la viabilidad de las semillas	19
	6.5 Comparación del número de semillas por metro cuadrado en la reserva durante año y medio de estudio	21
	6.6 Análisis estadístico	21
VII.	RESULTADOS	21
	7.1 Densidad de semillas por metro cuadrado	21
	7.2 Distribución horizontal de las semillas de la reserva del suelo	24
	7.2.1 <i>Acacia schaffneri</i>	24
	7.2.2 <i>Mimosa biuncifera</i>	25
	7.2.3 <i>Mimosa depauperata</i>	26
	7.2.4 <i>Prosopis laevigata</i>	27
	7.3 Distribución vertical	28
	7.3.1 <i>Acacia schaffneri</i>	28
	7.3.2 <i>Mimosa biuncifera</i>	29
	7.3.3 <i>Mimosa depauperata</i>	30
	7.3.4 <i>Prosopis laevigata</i>	31
	7.4 Viabilidad de la reserva de semillas del suelo	32
	7.4.1 Comparación de la viabilidad de semillas de la reserva del suelo por localidad	35
	7.5 Longevidad de las semillas en campo	36
	7.6 Comparación de las semillas por metro cuadrado durante año y medio de estudio	38
	7.6.1 Rincón 1	38

	7.6.1.1 <i>Prosopis laevigata</i>	38
	7.6.1.2 <i>Mimosa biuncifera</i>	38
	7.6.1.3 <i>Mimosa depauperata</i>	39
	7.6.2 Rincón 2	39
	7.6.2.1 <i>Acacia schaffneri</i>	39
	7.6.2.2 <i>Mimosa depauperata</i>	40
	7.6.3 González González	40
	7.6.3.1 <i>Acacia schaffneri</i>	40
	7.6.4 Parque Ecológico Cubitos	41
	7.6.4.1 <i>Acacia schaffneri</i>	41
	7.6.4.2 <i>Prosopis laevigata</i>	41
	7.6.5 Santiago de Anaya	42
	7.6.5.1 <i>Mimosa depauperata</i>	42
VIII.	DISCUSIÓN	43
	8.1 Densidad de semillas en la reserva del suelo	43
	8.2 Distribución horizontal	44
	8.3 Distribución vertical	45
	8.4 Viabilidad de las semillas de la reserva	46
	8.5 Longevidad de semillas	47
	8.6 Comparación de las semillas de la reserva durante año y medio de estudio	48
IX	CONCLUSIONES	49
X.	LITERATURA CITADA	50

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Clasificación de los bancos de semillas del suelo	4
Cuadro 2.	Estudios realizados en reserva de semillas del suelo en diferentes países.	9
Cuadro 3.	Densidad de semillas por metro cuadrado en la reserva del suelo, para las especies bajo estudio en diferentes localidades.	23
Cuadro 4.	Germinación de las semillas del banco de los meses marzo-mayo de 2006.	33
Cuadro 5.	Viabilidad de las semillas de la reserva del suelo de los meses agosto y octubre de 2006.	34
Cuadro 6.	Comparación de la germinación de las semillas del suelo de las especies bajo estudio en los meses de marzo-mayo de 2006.	35
Cuadro 7.	Comparación de la viabilidad de las semillas del suelo de las especies bajo estudio en los meses de agosto y octubre de 2006.	35
Cuadro 8.	Viabilidad de las semillas de las cuatro especies bajo estudio después de 15 meses de enterramiento.	37

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Localización de los sitios de estudio.	15
Figura 2.	Enterramiento de semillas en campo en febrero de 2005.	20
Figura 3.	Distribución horizontal de la reserva de semillas del suelo de <i>Acacia schaffneri</i> en las localidades Rincón 2 y Parque Ecológico Cubitos.	24
Figura 4.	Distribución horizontal de la reserva de semillas del suelo de <i>Mimosa biuncifera</i> en la localidad Rincón 1.	25
Figura 5.	Distribución horizontal de la reserva de semillas del suelo de <i>Mimosa depauperata</i> en las localidades Rincón 1, Rincón 2 y Santiago de Anaya.	26
Figura 6.	Distribución horizontal de la reserva de semillas del suelo de <i>Prosopis laevigata</i> en las localidades Rincón 1 y Parque Ecológico Cubitos.	27
Figura 7.	Distribución vertical de la reserva de semillas del suelo de <i>Acacia schaffneri</i> en las localidades Rincón 2 y Parque Ecológico Cubitos.	28
Figura 8.	Distribución vertical de la reserva de semillas del suelo de <i>Mimosa biuncifera</i> en la localidad Rincón 1.	29
Figura 9.	Distribución vertical de la reserva de semillas del suelo de <i>Mimosa depauperata</i> en las localidades Rincón 1, Rincón 2 y Santiago de Anaya.	30
Figura 10.	Distribución vertical de la reserva de semillas del suelo de <i>Prosopis laevigata</i> en las localidades Rincón 1 y Parque Ecológico Cubitos.	31
Figura 11.	Reserva de semillas de <i>Prosopis laevigata</i> y <i>Mimosa biuncifera</i> en la localidad Rincón 1 durante año y medio de estudio.	38
Figura 12.	Reserva de semillas de <i>M. depauperata</i> en la localidad Rincón 1 durante los meses de mayo y agosto de 2006.	39
Figura 13.	Reserva de semillas de <i>Acacia schaffneri</i> y <i>Mimosa depauperata</i> en la localidad Rincón 2 durante año y medio de estudio.	40
Figura 14.	Reserva de semillas de <i>Acacia schaffneri</i> en la localidad de González González durante año y medio de estudio.	41
Figura 15.	Reserva de semillas del suelo de <i>A. schaffneri</i> y <i>P. laevigata</i> en la localidad Parque Cubitos durante los meses de abril y octubre de 2006.	42
Figura 16.	Reserva de semillas de <i>M. depauperata</i> en la localidad Santiago de Anaya durante los meses de mayo y agosto de 2006.	42

RESUMEN

La cubierta vegetal de los ecosistemas semisecos del Valle del Mezquital, en el Estado de Hidalgo, presenta graves daños, ocasionados principalmente por la agricultura, pastoreo y tala de especies valiosas. El estudio de la reserva de semillas del suelo es una herramienta que 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 autóctonas perennes. El objetivo de este trabajo fue evaluar la persistencia de semillas en el suelo, de cuatro especies de leguminosas presentes en diferentes asociaciones vegetales del Valle del Mezquital, Hidalgo. Para evaluar la reserva de semillas del suelo, se tomaron muestras de seis individuos de cada especie, tanto del mantillo y dos profundidades, bajo el dosel y áreas abiertas. Las semillas extraídas, fueron sometidas a una prueba de viabilidad, con cloruro de tetrazolio. En campo, se evaluó la viabilidad de un lote de semillas enterrado, con el fin de determinar la pérdida de ésta. Se encontró que las especies que registraron mayor densidad de semillas en el suelo, fueron: *Mimosa biuncifera*, *Acacia schaffneri* y *Mimosa depauperata*. *Prosopis laevigata* registró menor densidad de semillas durante el tiempo de estudio. Con relación a la distribución horizontal, las cuatro especies, registraron mayor densidad de semillas bajo el dosel. En la distribución vertical, las cuatro especies acumularon mayor densidad de semillas en el mantillo. Los porcentajes de germinación de las semillas de la reserva del suelo, presentaron valores entre 60-100%. Después de 15 meses de enterramiento, las semillas de las especies perdieron viabilidad en el siguiente orden: *Prosopis laevigata*, *Mimosa depauperata*, *Mimosa biuncifera* y *Acacia schaffneri*. El comportamiento de año y medio, de las semillas en la reserva, para estas especies, demostró una acumulación continua de semillas en el suelo y se observó una variación entre el primer y segundo año de muestreo como respuesta directa de las especies a las condiciones ambientales, para su floración y fructificación. Se concluye que las especies estudiadas, forman reservas de semillas de tipo permanente pues persistieron viables en el suelo durante el período de estudio.

I. INTRODUCCIÓN

En México, las zonas áridas y semiáridas ocupan 50% del territorio nacional (Challenger, 1998). Estos ecosistemas albergan una alta diversidad (aproximadamente 6000 especies de plantas) y un número importante de endemismos (Orozco-Almanza *et al.*, 2003).

Las zonas áridas y semiáridas enfrentan serios problemas de deterioro debido a actividades humanas como sobrepastoreo, extracción de leña, sobreexplotación de algunas especies vegetales, desmonte para el cambio de uso de suelo a la agricultura y urbanización (Monroy-Ata *et al.*, 2007). Este es el caso del Valle del Mezquital en el estado de Hidalgo, en donde la pérdida de suelo y vegetación es alarmante, por lo que es urgente implementar medidas que reviertan el deterioro en esta región.

Una alternativa para recuperar la vegetación en esta zona la constituye el estudio de la reserva de semillas en el suelo también conocidos como bancos de semillas. La reserva de semillas en el suelo constituye un elemento importante para los ecosistemas del desierto, en donde las plantas anuales forman gran parte de la flora y sus semillas pueden permanecer viables en el suelo por varios años

Los bancos de semillas son componentes importantes en la dinámica vegetal. En las zonas áridas, la existencia continua de varias especies efímeras depende del mantenimiento de un banco de semillas (Kemp, 1989). Sin embargo, la dinámica y la importancia en el mantenimiento de especies perennes ha recibido poca atención (Auld, 1995).

El interés por conocer la reserva de semillas del suelo en diferentes hábitats se ha incrementado en los últimos años debido a la importancia que tienen en el control de malezas (Roberts y Nelson, 1981), además en la dinámica, mantenimiento, diversidad y distribución de la vegetación (Baskin y Baskin, 2001; Thompson, 1987) y en la sucesión ecológica (Fenner y Thompson, 2005).

II. ANTECEDENTES

2.1 Definición de bancos de semillas

Existen varias definiciones para los bancos o reservas de semillas del suelo a continuación se citan algunas de ellas:

Molina-Maldonado *et al.*, (1991) lo definen como: “las semillas y frutos, así como aquenios y carióspsides que se encuentran sobre y dentro del suelo”.

De acuerdo a Fenner y Thompson (2005), son las semillas maduras liberadas de la planta madre, que luego de un cierto periodo pueden encontrarse en la superficie del suelo. Estas semillas pueden germinar inmediatamente o permanecer latentes por períodos indefinidos de tiempo.

El banco de semillas es la reserva de semillas maduras viables en la planta (banco de semillas aéreo), enterradas en el suelo y las presentes en los residuos vegetales (De Souza *et al.*, 2006).

2.2 Tipos de bancos de semillas

La clasificación de los bancos de semillas se ha hecho en función de la viabilidad (Grime, 1982; Thompson y Grime, 1979) y longevidad (Thompson *et al.*, 1997) en el cuadro siguiente resume las clasificaciones más utilizadas.

Cuadro 1. Clasificación de los bancos de semillas del suelo

Autor	Clasificación
Grime (1982)	<p>Transitorios: ninguna semilla permanece en el hábitat en condición viable por más de un año.</p> <p>Permanentes: algunas de las semillas tienen cuando menos un año de edad.</p>
Thompson y Grime (1979)	<p>Tipo I. Este grupo incluye gran número de gramíneas cuyas semillas se dispersan hacia el final de la primavera y durante el verano, para luego germinar en las condiciones frescas y húmedas del otoño.</p> <p>Tipo II. Son bancos transitorios con especies de regiones continentales de zonas templadas. En estas áreas geográficas, el crecimiento de las plantas hacia el final del otoño y durante el invierno es restringido por las bajas temperaturas. Las semillas son relativamente grandes; germinan en un amplio rango de temperaturas y en ausencia de luz.</p> <p>Tipo III. Son bancos persistentes en los cuales muchas de las semillas germinan después de la dispersión y las que no lo hacen se incorporan al suelo. Este modelo incluye herbáceas anuales y gramíneas.</p> <p>Tipo IV. Son bancos persistentes en los cuales pocas semillas germinan inmediatamente después de la dispersión, y las especies mantienen un reservorio de semillas cuyo tamaño está estrechamente relacionado con la producción de semillas anuales.</p>
Thompson <i>et al.</i> , (1997)	<p>Bancos transitorios. Especies que persisten en el suelo menos de un año.</p> <p>Banco de semillas persistentes a corto plazo. Semillas de especies que persisten en el suelo al menos un año, pero menos de cinco.</p> <p>Banco de semillas persistente a largo plazo. Semillas de especies que persisten al menos cinco años.</p>

2.3 Formación de bancos de semillas en el suelo

La formación del banco de semillas del suelo inicia con la dispersión y finaliza con la germinación o muerte de las semillas (De Souza *et al.*, 2006). Su dispersión alrededor de la planta que le dio origen, establece una distribución agregada en la superficie del suelo. La agregación de las semillas que caen en un área en particular depende de una variedad de factores tales como la altura, la distancia, la distribución y concentración de la fuente de las semillas, de los agentes de dispersión y la capacidad de dispersión de las semillas (Harper, 1977).

La distribución horizontal se debe en algunos casos a la acción de los animales, la lluvia de semillas y la forma de las estas, parecen ser importantes en la dispersión y distribución (Guo *et al.*, 1998). En la distribución vertical las semillas pueden penetrar en el suelo, a través de cavidades o grietas de origen biológico, ya sea por la acción animal o en espacios dejados por raíces muertas. Asimismo, las semillas pequeñas pueden enterrarse por la acción de las lluvias o alojarse en grietas provocadas por la sequía.

Un mecanismo que contribuye a la sobrevivencia de las especies y establecimiento de bancos de semillas es la germinación en el tiempo. De esta manera, todas las semillas producidas y dispersadas en un determinado año no necesariamente germinaran al año siguiente, muchas de ellas permanecen en un estado de latencia o presentan inhibición de la germinación después de haber caído en el suelo (De Souza, 2006).

2.4 Latencia de semillas

La latencia de semillas es el fenómeno de reposo que guardan las semillas antes de germinar y que presentan en su ciclo de vida un gran número de plantas. Este período de reposo usualmente ocurre durante condiciones desfavorables (Granados y López, 2001).

La adaptación a un fenómeno estacional requiere que la conducta de los organismos se sincronice con los cambios de la estación, en particular las semillas requieren de un estímulo externo que les indique la llegada de la época más favorable para su germinación, por ejemplo, un cambio térmico en el suelo, una determinada precipitación, fotoperíodo, entre otros. Sin embargo, este estímulo que puede sacar a las semillas de la latencia, puede ser un aviso falso, ya que por ejemplo, en el caso de la temperatura, una semilla puede germinar con un cambio térmico del suelo de 10-30°C, no obstante unos días de calor pueden ir seguidos de una mortal helada; de igual forma sucede en muchos lugares en donde el suministro de agua es incierto ya que las semillas que son inducidas a germinar por una lluvia temprana, después de una estación seca, pueden morir, si la siguiente lluvia se demora (Granados y López, 2001).

La latencia es considerada como la presencia de un período de interrupción en el crecimiento y disminución en el metabolismo durante el ciclo vital, es una estrategia adaptativa de supervivencia que se presenta en gran parte de los seres vivos frente a condiciones ambientales desfavorables. En las plantas superiores puede existir latencia en el tejido meristemático, así como en las semillas (Granados y López, 2001).

Fenner y Thompson (2005) definen tres tipos de latencia:

- **Latencia morfológica.** En muchas especies el retraso de la germinación puede resultar de la presencia de un embrión rudimentario, es decir, poco desarrollado o no diferenciado en el momento en que la semilla madura.
- **Latencia física.** En este tipo de latencia la razón principal de la ausencia de germinación es la impermeabilidad de las cubiertas de la semilla al agua. Otra razón es que la cubierta de la semilla presente resistencia mecánica a la expansión del embrión una vez que éste ha absorbido agua.
- **Latencia fisiológica.** En este caso se presentan inhibición fisiológica de los mecanismos de germinación en el embrión que evitan la emergencia de la radícula (embrión totalmente desarrollado, pero latente).

Los tipos de latencia pueden estar combinados en una misma semilla; por ejemplo, la combinación de latencia física y morfológica (morfofisiológica), siendo esta última la combinación más común.

2.5 Longevidad

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 más 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. En el extremo opuesto tenemos las que no sobreviven más que algunos días o meses, como es el caso de las semillas de arce (*Acer*), sauces (*Salix*) y chopos (*Populus*) que pierden su viabilidad en unas semanas; o los olmos (*Ulmus*) que permanecen viables 6 meses.

Las semillas pierden su viabilidad por causas muy diversas. Se puede pensar que mueren porque agotan sus reservas nutritivas, pero no es así, sino que conservan

la mayor parte de las mismas cuando ya han perdido su capacidad germinativa. 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. Ralentizar el metabolismo puede conseguirse bajando la temperatura 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 si 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. En resumen podemos decir que, para alargar más tiempo la vida de una semilla, ésta debe conservarse en las siguientes condiciones: mantenerla seca, en ciertos límites de temperaturas bajas (3-10°C) y, reducir al mínimo la presencia de oxígeno en el medio de conservación (Fenner y Thompson, 2005; Granados y López, 2001).

2.8 Estudios realizados sobre bancos de semillas

Actualmente hay muy pocos estudios, sobre la formación de bancos de semillas en el suelo, por especies perennes de zonas semiáridas; los géneros más estudiados en el nivel mundial han sido: *Acacia* y *Cassia* spp. (Westoby y Grice, 1987; Auld, 1995; Marone y Horno, 1997; Guo *et al.*, 1998; Barnes, 2001). Los estudios sobre reserva de semillas en zonas secas y semisecas se han efectuado principalmente en África (Günster, 1994); Asia (Nakagoshi, 1984; Jalili *et al.*, 2003) y Europa (Menchén *et al.*, 2000; Caballero *et al.*, 2003; Bossuyt *et al.*, 2006; Luzuriaga *et al.* 2005). En América los estudios de banco de semillas se han

hecho en Argentina (Mayor *et al.*, 2003; Villagra *et al.* 2002; Ortega *et al.*, 2001); Estados Unidos y Norte de México (Guo *et al.*, 1998; Guo *et al.*, 1999) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Estudios realizados en reserva de semillas del suelo en diferentes países.

Autor	Año	Lugar	Resultados
Luzuriaga <i>et al.</i>	2005	España	Determinaron la contribución del banco de semillas en la regeneración de un pastizal perenne después una perturbación intensa en el suelo.
Jalili <i>et al.</i>	2003	Irán	Analizaron la composición del banco de semillas como alternativa para recuperar diferentes tipos de vegetación en el área Protegida de Arasbaran.
Orozco-Almanza	2003	México	Evaluó la formación de reservas de semillas en el suelo para cuatro especies del género <i>Mimosa</i> en la Cuenca del Río Estórax, en Querétaro.
Villagra <i>et al.</i>	2002	Argentina	Evaluaron la pérdida de semillas de la reserva del suelo de <i>Prosopis flexuosa</i> debido a la germinación y depredación durante la postdispersión en una zona semiseca de Argentina
Ortega-Baes <i>et al.</i>	2001	Argentina	Determinaron la pérdida de semillas de la reserva del suelo debido a la depredación por brúquidos en el Parque Nacional los Cardones
Guo <i>et al.</i>	1998, 1999	Estados Unidos y Norte de México	Compararon la distribución horizontal y vertical de la reserva de semillas de cuatro localidades en los desiertos de Norte América.
Auld	1995	Australia	Estudio las reservas de semillas que forma <i>Acacia</i> spp. y <i>Casuarina pauper</i> en zonas áridas y semiáridas del Parque Nacional Kinchega
Günster, A.	1994	África	Efectuó un estudio sobre la dinámica del banco de semillas, longevidad, viabilidad y depredación de seis especies arbóreas-arbustivas en el Desierto de Namib.

2.7 Descripción de la zona de estudio

2.7.1 Características generales del Valle del Mezquital

El Valle del Mezquital se localiza en la región central del Estado de Hidalgo. Está situado en lo alto de la Meseta Mexicana, a 60 km de la ciudad de México, con una altitud entre 1640 y 2400 m, localizado entre las coordenadas geográficas 20°11' y 20°40' de latitud Norte y 98°50' y 99°20' de longitud Oeste.

Es una zona semiárida que comprende una superficie de 822,000 hectáreas lo que equivale al 39.4% del estado de Hidalgo. Limita al norte con la Sierra de Juárez; al este, con la serranía que incluye el cerro del Fraile hasta el cerro del Águila y la Sierra de Actopan; al sur con la serranía del Mexe y al oeste con la Sierra de Xinthé (Rivera y Rivera, 1989).

2.7.2 Geología

En la región predominan rocas ígneas extrusivas, vulcano-sedimentarias y sedimentarias del Terciario Superior de composición y textura variada. Dentro de las primeras se encuentran las siguientes unidades: brecha volcánica intermedia, basalto, toba y brecha ácida. En cuanto a las unidades formadas por rocas sedimentarias se tienen: arenisca-conglomerado y vulcanoclástico (Rivera y Rivera, 1989).

2.7.3 Clima

De acuerdo con la escala de Köppen modificada por García (1973), el tipo climático que corresponde a la zona de estudio es seco estepario (BS). Rivera y Rivera (1989), documentaron la variante BSo para los valles de Ixmiquilpan y los alrededores hasta el municipio del Cardonal y el centro-norte de Zimapán. El clima

BSo es el más seco de los climas templados, con una temperatura media anual de 18.3°C y con una oscilación térmica de -9 hasta 38°C.

Por lo que se refiere a las precipitaciones, en el Valle del Mezquital, los valores anuales oscilan entre los 350 y 450 mm repartidos en dos períodos máximos de lluvia, uno en junio y el otro en septiembre. Los valores mensuales disminuyen sensiblemente del verano al invierno. En su mayor parte la región tiene el subtipo climático BS1, que es el menos seco de los tipo BS y se caracteriza por tener un coeficiente de precipitación/temperatura mayor al valor crítico de 22.9 y una temperatura anual de 12 a 18°C con temperaturas mayores de 18°C en el mes más cálido y de -3 a 18°C en el mes más frío (Rivera y Rivera, 1989).

El período de precipitación pluvial se presenta al final del verano, pero a veces es irregular y la media anual en promedio es baja, alrededor de 400 mm, de modo que el grado de humedad es bajo, lo que explica la resequedad del ambiente. Los vientos dominantes provienen del noreste resultando ser los más fuertes, a diferencia de los que vienen del suroeste, que son apacibles y benignos para la flora y fauna (Rivera y Rivera, 1989).

2.7.4 Hidrología

El Valle del Mezquital, constituye una de las partes más elevadas de la Cuenca del río Moctezuma, se encuentra drenado por el río Tula, el cual tiene una corriente permanente gracias a las aguas provenientes de la cuenca de México a través del Tajo de Nochistongo y del túnel perforado cerca de Tequixquiac. Además existen corrientes intermitentes de menor importancia en toda la región, que tienen relativamente poca influencia sobre la vegetación.

El río Tula atraviesa el Valle del Mezquital con una trayectoria de sur a norte en la parte oriental del mismo y recibe en su margen derecha los escurrimientos de la sierra Xinthé. A la altura de Ixmiquilpan se le une el río Tepe en su margen

izquierda; continúa su curso recogiendo arroyos de la Sierra de Juárez para salir finalmente al cañón del Abra.

El sureste y centro de esta área se encuentran drenados por el río Actopan, que nace en la sierra de Pachuca. Tiene una trayectoria sureste-noroeste; recibe los escurrimientos de la serranía de San Miguel de la Cal y finalmente va alimentar la presa Debodé (Rivera y Rivera, 1989).

2.7.5 Suelos

Los suelos del Valle son profundos, casi sin rocas superficiales, pobres en materia orgánica y deficientes en varios elementos, cuya textura más común es el migajón arenoso y el migajón arcilloso. El pH de los suelos es alrededor de 8, esto se debe indudablemente al depósito de materiales producto de la erosión que sufren las calizas que existen en la zona. Los suelos son más delgados en la cercanía de las elevaciones montañosas y en algunos casos llega a aflorar el horizonte B del suelo (caliche). Las laderas tienen suelos inmaduros y en la mayoría de los casos son muy someros (Rivera y Rivera, 1989).

2.7.6 Vegetación

En el Valle del Mezquital se presentan áreas fisonómicamente diferentes, según las asociaciones vegetales, independientemente del dominio de las especies, entre las que destacan: matorrales crasicaules, matorrales subinermes y matorrales espinosos, los dos últimos se refieren a la cantidad de plantas espinosas que contenga el matorral a simple vista, si tiene un 50% de especies sin espinas es subinerme.

Miranda y Hernández X. (1963); Rzedowski (1966) y Flores *et al.*, (1971) citados por Rzedowski (2006), clasifican al matorral xerófilo típico de las zonas áridas y semiáridas como:

1) Matorral espinoso o matorral semidesértico micrófilo. Se caracteriza por la abundancia de especies arbustivas espinosas pequeñas (microfilia) donde domina el mezquite (*Prosopis*), huizache (*Acacia*) y uña de gato (*Mimosa*), cuya altura es de 4 a 8 m y su cobertura de 6 a 8 m. La temperatura varía entre los 17 y 21°C, la precipitación pluvial entre 150 y 600 mm y la altitud entre 1,800 y 2,000 m. Comprende los municipios de Ixmiquilpan y Actopan.

2) Matorral submontano. La vegetación arbustiva de esta asociación vegetal pierde las hojas durante dos meses al año. Las especies del estrato superior alcanzan de 3 a 5 m de altura. Dentro de las regiones semiáridas es probablemente la formación que presenta la mayor riqueza florística. La temperatura varía entre los 21 y 24°C, la precipitación pluvial entre 600 y 640 mm, y la altitud entre 1,600 y 2,000 m. Comprende los municipios de Huichapan, Zimapan e Ixmiquilpan. Las principales especies son: huizache (*Acacia farnesiana*), guajillo (*A. berlandieri*), vara dulce (*Eysenhardtia polystachya*), barreta (*Heliopsis parvifolia*), tullidora (*Karwinskia mollis*) y nopal cardón (*Opuntia streptacantha*).

3) Matorral crasicale. Se caracteriza por la fisonomía espectacular de las cactáceas columnares. La temperatura varía entre los 18 y 20°C, la precipitación entre 370 y 500 mm, y la altitud entre 1,000 y 2,500 m. Comprende los municipios de Chílcuautila, y Cardonal. Las principales especies son: cabeza de viejo o viejito (*Cephalocereus senilis*), palma china (*Yucca filifera*), órgano (*Stenocereus dumortieri*), garambullo (*Myrtillocactus geometrizans*) ocotillo o albarda (*Fouquieria splendens*), lechuguilla (*Agave lechuguilla*) y biznaga (*Ferocactus latispinus*).

4) Matorral rosetófilo. Está constituido por plantas suculentas, generalmente espinosas, cuyas hojas están dispuestas en roseta, sin tallo aparente. La temperatura varía entre los 15 y 20°C, la precipitación pluvial entre 370 y 500 mm, y la altitud entre 1,000 y 2,600 m, Corresponde a los municipios de Ixmiquilpan, Huichapan y Actopan. Las especies características son: lechuguilla (*Agave*

lecheguilla), huapilla (*Hechtia podantha*), vara de cuete (*Dasylliron longissimum*), biznaga (*Echinocactus platyacanthus*) y nopal cardón (*Opuntia streptacantha*).

2.8 Localización de los sitios de estudio

En particular para este estudio, se trabajó en cuatro matorrales y en cada uno de ellos, en una asociación vegetal, previamente seleccionada en función de la abundancia de las especies bajo estudio (número de individuos de cada especie por unidad de área) (Durán-Coyote y Hernández-Vázquez 2006). Los sitios fueron:

1. ■ Localidad el Rincón, Municipio el Arenal (20°16'13"N y 98°54'76" W), con presencia de *Prosopis laevigata* y *Mimosa biuncifera* en una ladera (3-4°), con una exposición sureste a una altitud de 2054 m. Vegetación: Matorral espinoso con dominancia de *Mimosa depauperata* (Rzedowski, 2006) (Fig. 1).

2. ■ Localidad el Rincón, Municipio el Arenal (20°16'19"N y 98°54'34" W), con presencia de *Prosopis laevigata*, *Acacia schaffneri*, *Mimosa depauperata* y *Mimosa biuncifera* en una ladera (3-4°), con una exposición sureste a una altitud de 2053 m. Vegetación: Matorral espinoso de *Prosopis laevigata* y *Mimosa depauperata* (Rzedowski, 2006) (Fig. 1).

3. ■ Localidad: 2.1 km al noreste de González-González, Municipio Santiago de Anaya (20°24'30"N y 98°58'26"W), con presencia de *Acacia schaffneri* y *M. biuncifera* en una ladera (6-7°), con una exposición noreste, a una altitud de 2238 m. Vegetación: Matorral espinoso de *Mimosa biuncifera* y matorral crasicaule de *Echinocactus plathyacanthus* (Rzedowski, 2006) (Fig. 1).

4. ■ Localidad Parque Ecológico Cubitos. Colonia Adolfo López Mateos y la Raza, Pachuca, Hidalgo (20°6'33" y 20°7'39" N y 98°44' 60" y 98° 45' W), con presencia de *Acacia schaffneri*, *Prosopis laevigata* y *Mimosa lacerata*, en una ladera (7°) con una exposición noroeste a una altitud de 2230 m. Vegetación: Matorral espinoso

de *Mimosa biuncifera* en la parte intermedia de la ladera y matorral crasicale de *Opuntia streptacantha* en la parte alta de la ladera (Rzedowski, 2006) (Fig. 1).

5. ■ Localidad Santiago de Anaya. 20° 21' y 20° N y 98° 11' y 98° 54' W. Municipio Santiago de Anaya, con presencia de *Mimosa depauperata* en una planicie a una altitud 2059 m. Vegetación: Matorral subinermes de *Flourensia resinosa* y *Mimosa depauperata* (Rzedowski, 2006) (Fig. 1).

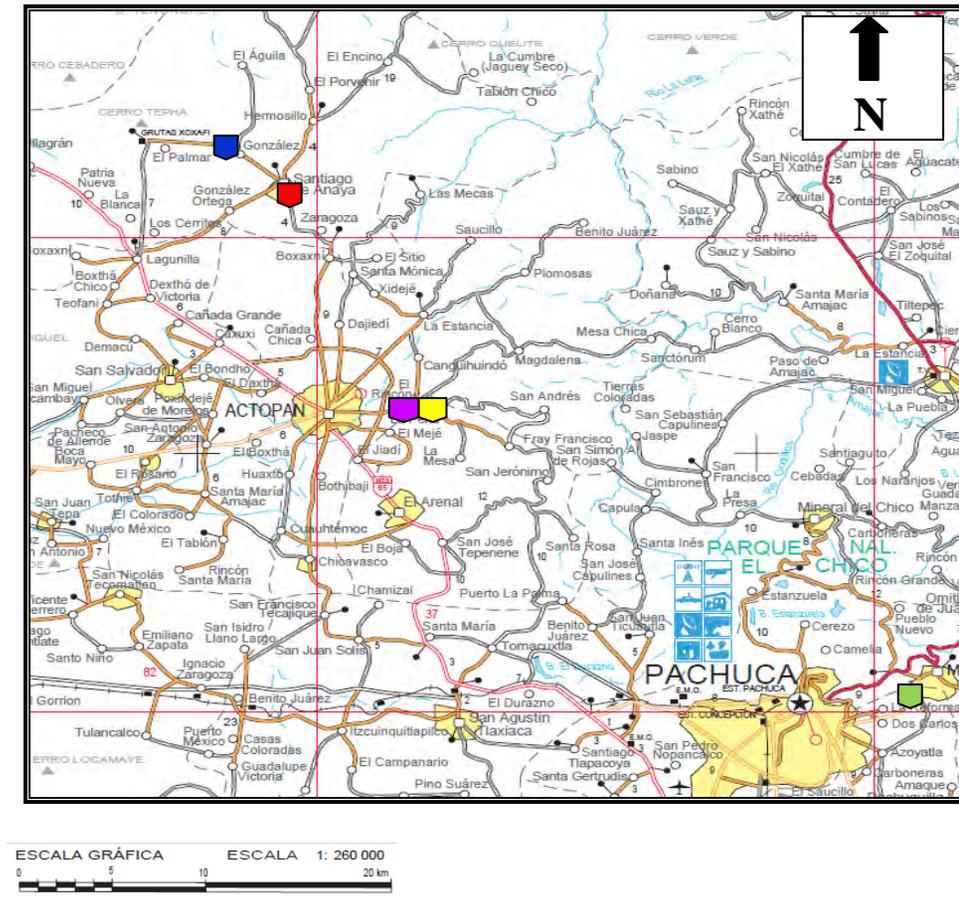


Figura 1. Localización de los sitios de estudio.

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente, los ecosistemas de matorral xerófilo de la zona semiseca del Valle del Mezquital, Hidalgo, presentan graves daños provocados principalmente por la apertura de áreas para la agricultura, la cual se mantiene gracias al riego con aguas negras procedentes del Valle de México; lo anterior ha provocado severos problemas de contaminación y salinización de suelos y con ello pérdida de la vegetación original. También el pastoreo principalmente por ganado caprino y la tala de especies valiosas como el mezquite (*Prosopis laevigata*) y el huizache (*Acacia* spp.); así como el crecimiento de la mancha urbana, han provocado la disminución y en algunas áreas la desaparición total de las poblaciones de muchas especies valiosas.

FAO (1995); SARH (1994) y SEMARNAP (1995; 1996 y 1997), reportan tasas de deforestación en matorrales de México de 20 a 54 mil hectáreas por año. La pérdida de vegetación genera graves problemas como: la erosión de los suelos, alteraciones en los ciclos hidrológicos y de nutrientes, incremento del calentamiento global (Rivera, 2000; Parmesan, 2005) y la pérdida irreversible de especies vegetales importantes económica y ecológicamente. Es urgente la aplicación de medidas inteligentes que permitan la recuperación de especies valiosas de manera particular y en general, de la vegetación y de los servicios ambientales que proporciona.

El estudio de la reserva de semillas del suelo es una herramienta que puede indicar la potencialidad de recuperación de un sitio deteriorado, su grado de salud en cuanto a la proporción de especies autóctonas perennes o la necesidad de cambiar el uso del suelo en función de la gran proporción de especies indeseables.

El banco o reserva de semillas del suelo es un componente importante en la dinámica vegetal, ya que constituye una estrategia de supervivencia de las

especies a lo largo del tiempo (Fenner y Thompson, 2005; Grime, 1982; De Souza *et al.*, 2006). Es importante para las comunidades, debido a que puede persistir a pesar de los fuertes disturbios y por lo tanto contiene recursos genéticos que posibilitan la recuperación de las poblaciones de plantas (Molina-Maldonado *et al.*, 1991).

IV. HIPÓTESIS

Las semillas de *Prosopis laevigata* (Willd.) M. C. Johnst., *Mimosa biuncifera* Benth., *Mimosa depauperata* Benth. y *Acacia schaffneri* (S. Watson) F. J. Herm., al conservar su viabilidad después de año y medio 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).

V. OBJETIVOS

5.1 Objetivo general

Evaluar la persistencia de las semillas en el suelo de *Prosopis laevigata* (Willd.) M. C. Johnst., *Mimosa biuncifera* Benth., *Mimosa depauperata* Benth. y *Acacia schaffneri* (S. Watson) F.J. Herm. en diferentes asociaciones vegetales de matorral xerófilo del Valle del Mezquital, Hidalgo.

5.2 Objetivos específicos

- Evaluar la distribución horizontal y vertical de la reserva de semillas de las especies bajo estudio.
- Cuantificar la viabilidad de las semillas registradas en la reserva del suelo.
- Estimar la persistencia de la viabilidad de las semillas de las cuatro especies bajo condiciones de campo.

VI. MATERIALES Y MÉTODO

6.1 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 de 3-7°, (la cual fue medida con un clisímetro). Se tomaron muestras de suelo de seis individuos de cada especie en cada sitio de estudio; tres 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 bajo el dosel y las áreas abiertas, de cada individuo, tomando el mantillo y dos profundidades: 0-5 cm y 5-10 cm. El mantillo se recolectó trazando una parcela de 10 x 10 cm (volumen = 100 cm²), para las profundidades se tomó un volumen de 1 dm³, utilizando un cubo de madera con dimensiones de 10x10x10 cm. El número total de muestras fue de 36 para cada zona de estudio. Las muestras se colocaron en bolsas de plástico previamente etiquetadas.

6.2 Cuantificación de las semillas de la reserva

La extracción y recuento de las semillas del banco se realizó mediante el método de recuento directo, el cual consistió en tamizar las muestras de suelo en seco con tamices del número 10 y 18, los residuos se revisaron en el estereoscopio con el objetivo 4x (Guo *et al.*, 1998).

El cálculo de semillas por m² se realizó de la siguiente forma. Para el mantillo se extrapolaron el número de semillas encontradas en las muestras de 100 cm² a 1 m². Para las semillas encontradas en las dos profundidades el cálculo se realizó de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\text{No. de semillas/cm}^2 = \frac{\text{No.} \times \text{Da} \times \text{Profundidad muestreada (cm)}}{\text{Peso de la muestra (g)}}$$

No = Número de semillas registradas en el suelo
 Da = Densidad aparente del suelo (g/cm³)

6.3 Viabilidad de semillas

La viabilidad de las semillas de la reserva del suelo se determinó, por especie, condición (dosel, áreas abiertas) y profundidad, utilizando la prueba topográfica del cloruro de tetrazolio (Hartmann *et al.*, 2002).

Para llevar a cabo esta prueba se hizo lo siguiente: Las semillas se remojaron en agua durante 24 horas, bajo condiciones de oscuridad, para facilitar la remoción de la testa. Posteriormente las semillas sin testa, se remojaron en la solución de cloruro de tetrazolio durante 24 horas (Hartmann *et al.*, 2002). El porcentaje de viabilidad se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de Viabilidad} = \frac{\text{Número de embriones teñidos de rojo}}{\text{Número de semillas totales}} \times 100$$

6.4 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 la localidad Rincón 2 únicamente, debido a la falta de semillas suficientes para llevar a cabo este estudio en las otras localidades (Fig. 2). Las semillas fueron enterradas a una profundidad entre 5 y 10 cm bajo dosel y en área abierta de mezquite y de huizache. Se cuantificó en este trabajo la viabilidad de las semillas enterradas durante el periodo entre marzo-junio de 2006.

Cada tres meses a partir del mes de marzo se desenterraron por especie, seis cápsulas de inclusión que contenían, en el enterramiento inicial (febrero-05), 10 semillas sanas (Arzola-Galindo, 2006; Flores-Román, 2006), dichas cápsulas presentaban ranuras que permitían el intercambio de gases, agua y aire, así como la actividad de microorganismos en el suelo (Fig. 2). Posteriormente en el laboratorio, a las semillas recolectadas se les realizó una prueba de germinación para conocer su viabilidad con relación al tiempo de enterramiento. Antes de la germinación las semillas se lavaron con agua destilada y se escarificaron mecánicamente para acelerar este proceso.



Figura 2. Enterramiento de semillas en campo.

6.5 Comparación del número de semillas por metro cuadrado en la reserva del suelo durante año y medio de estudio

Los resultados obtenidos en este trabajo (marzo a octubre, 2006) se compararon con los de un trabajo previo (febrero, 05-febrero, 06) (Arzola-Galindo, 2006) y un reporte de servicio social (Flores-Román, 2006); con el fin de estimar la persistencia de las semillas en la reserva del suelo para cada una de las especies bajo estudio.

6.6 Análisis estadístico

Los resultados de densidad de semillas por metro cuadrado y longevidad de semillas en campo, se transformaron con logaritmo natural y posteriormente se les aplicó un análisis exploratorio de datos. Para el análisis de la condición (bajo dosel y área abierta) se aplicó una t-student. Para el análisis entre profundidades se aplicó un ANDEVA de un factor, (Márques, 2001). Los análisis fueron realizados con el programa estadístico Stata 9 (StataCorp) y Excel 2003. Las medias se compararon mediante Bonferroni (Salgado-Ugarte, 1992).

VII. RESULTADOS

7.1 Densidad de semillas por metro cuadrado

Es importante mencionar, que no se presentaron diferencias significativas ($p \geq 0.05$) en las densidades de semillas registradas entre los dos niveles de la pendiente, por lo que los resultados relacionados con estas variables no se presentan.

Las cuatro especies bajo estudio, acumularon semillas en la reserva del suelo, excepto *Acacia schaffneri* en González, González. En general las densidades van de 8 a 1008 semillas/m². Las especies que registraron un mayor número de semillas fueron: *Mimosa biuncifera*, *Acacia schaffneri* y *Mimosa depauperata*, esto en función de la localidad, la condición (bajo dosel y área abierta) y la profundidad (Cuadro 3).

De esta manera, para las especies estudiadas, las localidades en las que se encontraron más semillas en orden decreciente fueron: el Rincón 1, Parque Ecológico Cubitos, Santiago de Anaya y Rincón 2 (Cuadro 3).

En general, las cuatro especies acumularon un mayor número de semillas en el mantillo y, este disminuyó con el aumento de la profundidad, así mismo se registró un mayor número de semillas bajo el dosel que en el área abierta.

Cuadro 3. Densidad de semillas por metro cuadrado en la reserva del suelo, para las especies bajo estudio en diferentes localidades.

		Semillas/m ²												
		Bajo Dosel						Área abierta						
		mantillo		0-5 cm		5-10 cm		mantillo		0-5 cm		5-10 cm		Total
Localidad	Especie	\bar{x}	\pm ds	\bar{x}	\pm ds	\bar{x}	\pm ds	\bar{x}	\pm ds	\bar{x}	\pm ds	\bar{x}	\pm ds	
Rincón 1	<i>Mimosa biuncifera</i>	941.66	\pm 689.26	667.49	\pm 410.13	391.66	\pm 593.13	233.33	\pm 233.33	78.33	\pm 90.45	78.33	\pm 156.66	2390.8
	<i>Mimosa depauperata</i>	300	\pm 112.21	235	\pm 372.94	313.33	\pm 0	108.33	\pm 152.44	0		156.66	\pm 180.9	1113.32
	<i>Prosopis laevigata</i>	125	\pm 164.14	0		0		33.33	\pm 27.21	0		0		158.33
Rincón 2	<i>Acacia schaffneri</i>	216.66	\pm 350.13	148.74	\pm 189.88	99.16	\pm 198.33	8.33	\pm 16.66	0		0		472.89
	<i>Mimosa depauperata</i>	1008.33	\pm 1233.59	247.91	\pm 249.56	99.16	\pm 198.33	33.33	\pm 27.21	49.58	\pm 99.16	0		1438.31
Santiago de Anaya	<i>Mimosa depauperata</i>	450	\pm 293.76	575	\pm 414.04	766.66	\pm 828.09	91.66	\pm 139.77	47.91	\pm 95.83	287.5	\pm 575	2218.73
Parque Cubitos	<i>Acacia schaffneri</i>	950	\pm 813.17	68.75	\pm 97.22	275	\pm 368.9	187.5	\pm 265.16	756.25	\pm 1069.49	0		2237.5
	<i>Prosopis laevigata</i>	437.5	\pm 17.67	68.75	\pm 97.22	0		12.5	\pm 17.67	0		0		518.75

ds=desviación estándar

\bar{x} =media

7.2 Distribución horizontal de las semillas de la reserva del suelo

7.2.1 *Acacia schaffneri*

A. schaffneri solo presentó semillas en la reserva del suelo en las localidades Rincón 2 y Parque Ecológico Cubitos. La mayor densidad de semillas que se registró fue significativamente mayor en el Parque Ecológico Cubitos ($p < 0.05$).

Con relación a la condición, la densidad de semillas fue significativamente mayor ($p < 0.05$) bajo dosel (96.52 semillas/m²) en Rincón 2. En el Parque Ecológico Cubitos, las densidades de semillas que se registraron fueron: 431 semillas/m² bajo dosel y 314 semillas/m² en el área abierta. No se registraron diferencias estadísticas significativas entre condición ($p \geq 0.05$) (Fig. 3).

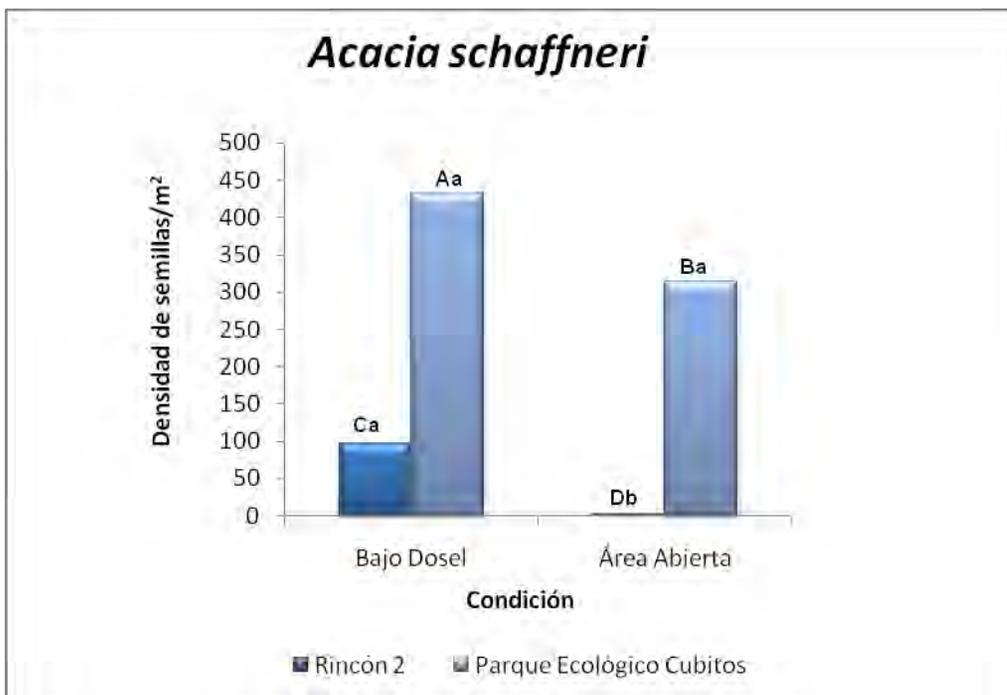


Figura 3. Distribución horizontal de la reserva de semillas del suelo de *Acacia schaffneri* en las localidades Rincón 2 y Parque Ecológico Cubitos. Literales minúsculas diferentes, indican diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) entre condición. Literales mayúsculas diferentes indican diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) entre localidad.

7.2.2 *Mimosa biuncifera*

M. biuncifera, solo se muestreó en el Rincón 1, donde registró semillas en la reserva del suelo, la cual fue significativamente ($p < 0.05$) mayor bajo dosel (679.44 semillas/m²) que en el área abierta 130 semillas/m² (Fig. 4).



Figura 4. Distribución horizontal de la reserva de semillas del suelo de *Mimosa biuncifera* en la localidad Rincón 1. Literales diferentes indican diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) entre condición.

7.2.3 *Mimosa depauperata*

M. depauperata presentó semillas en el suelo en las tres localidades estudiadas, (Rincón 1, Rincón 2 y Santiago de Anaya), en las cuales las diferencias fueron significativas ($p < 0.05$).

Con relación a la condición, en las tres localidades la mayor densidad de semillas se registró bajo el dosel (282.77 semillas/m², 629.58 semillas/m² y 591.66 semillas/m² respectivamente), sin embargo, sólo se presentaron diferencias estadísticas significativas entre Rincón 2 y Santiago de Anaya ($p < 0.05$) (Fig. 5).

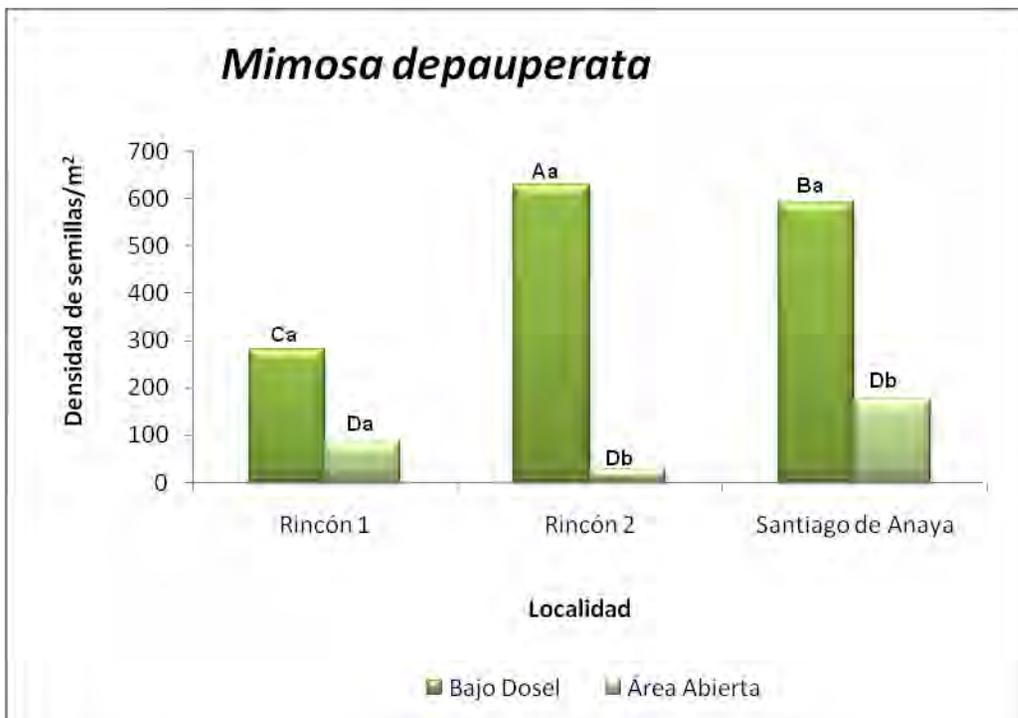


Figura 5. Distribución horizontal de la reserva de semillas del suelo de *Mimosa depauperata* en las localidades Rincón 1, Rincón 2 y Santiago de Anaya. Literales minúsculas diferentes indican diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) entre condición. Literales mayúsculas diferentes indican diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) localidad.

7.2.4 *Prosopis laevigata*

Se registraron semillas en el suelo en las dos localidades estudiadas (Rincón 1 y Parque Ecológico Cubitos). La densidad de semillas fue significativamente mayor bajo dosel en Parque Ecológico Cubitos ($p < 0.05$). En el área abierta en ambas localidades la densidad de semillas fue menor, aunque las diferencias estadísticas no fueron significativas ($p \geq 0.05$).

En relación a la condición, *P. laevigata* presentó la mayor densidad de semillas bajo el dosel en las dos localidades muestreadas con densidades de 41.66 semillas/m² y 168.75 semillas/m² respectivamente. En el área abierta, también hubo registro de semillas, aunque en menor densidad en Rincón 1 (11.11 semillas/m²) y en el Parque Ecológico Cubitos (4.16 semillas/m²). Para la localidad el Rincón 1, no hubo diferencias estadísticas significativas ($p \geq 0.05$) entre el dosel y el área abierta; mientras que si las hubo en el Parque Ecológico Cubitos ($p < 0.05$) (Fig. 6).

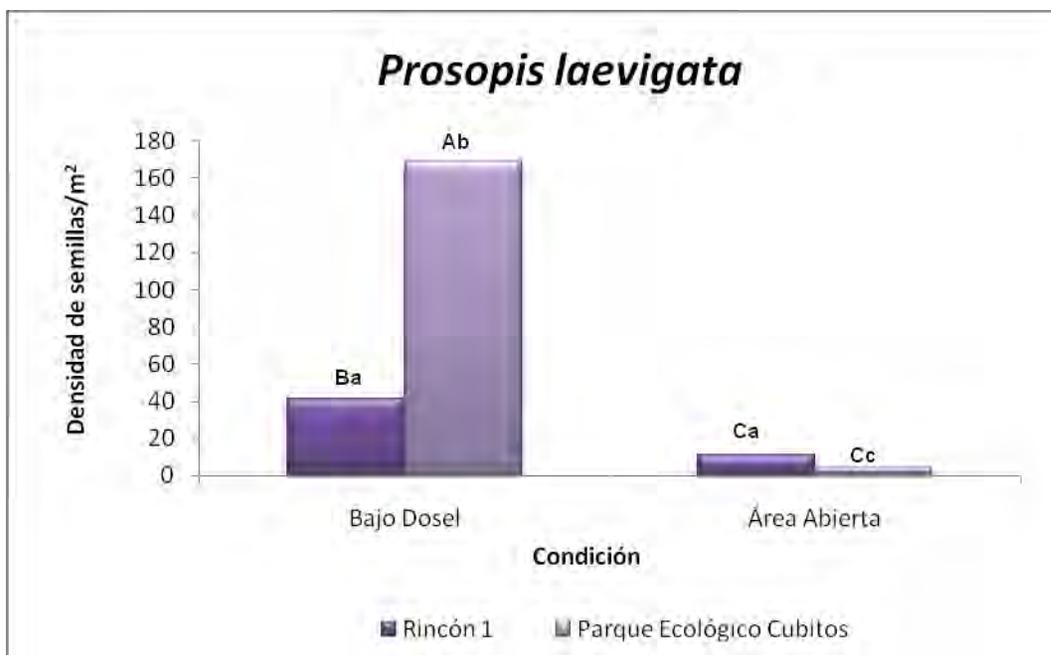


Figura 6. Distribución horizontal de las semillas de la reserva del suelo de *Prosopis laevigata* en las localidades Rincón 1 y Parque Ecológico Cubitos. Literales minúsculas diferentes indican diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) entre condición. Literales mayúsculas diferentes indican diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) entre localidad.

7.3 Distribución Vertical

7.3.1 *Acacia schaffneri*

Se registraron semillas tanto en el mantillo como en las dos profundidades del suelo, en las dos localidades estudiadas, el Parque Ecológico Cubitos presentó una mayor densidad ($p < 0.05$) en los tres niveles del suelo muestreados.

En relación a la profundidad del suelo, se registraron semillas a las tres profundidades (112.5 semillas/m² en el mantillo, 74.37 semillas/m² en 0-5 cm y 49.58 semillas/m² en 5-10 cm en la localidad Rincón 2). En el Parque Ecológico Cubitos las densidades registradas fueron: 568.75 semillas/m² en el mantillo, 412.5 semillas/m² en 0-5 cm y 137.5 semillas/m² en 5-10 cm. Las diferencias estadísticas no fueron significativas en ambas localidades ($p \geq 0.05$) (Fig. 7).

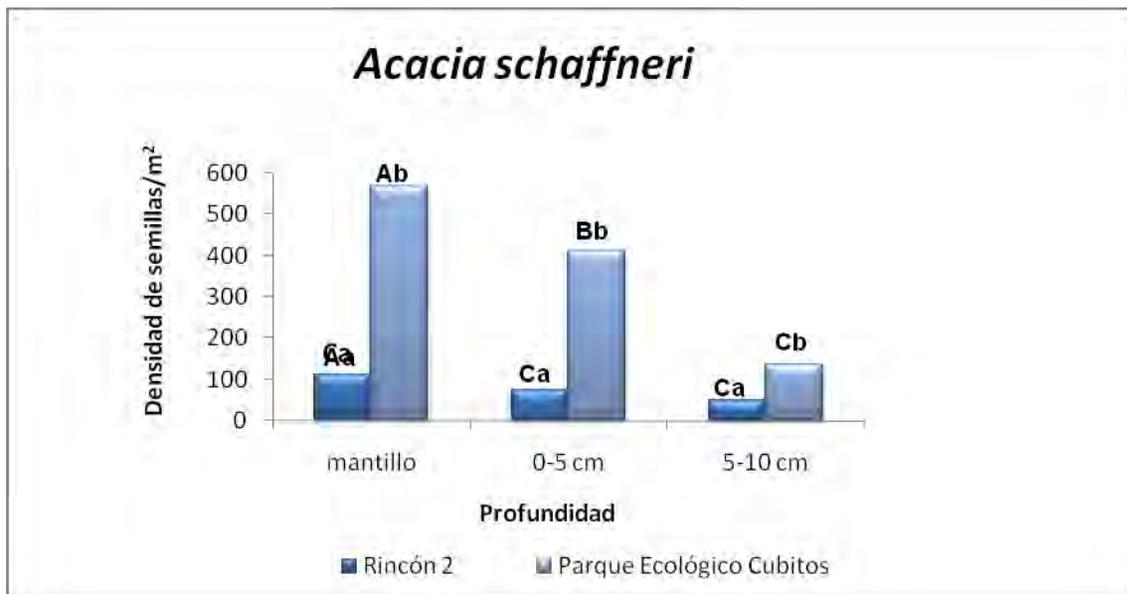


Figura 7. Distribución vertical de la reserva de semillas del suelo de *Acacia schaffneri* en las localidades Rincón 2 y Parque Ecológico Cubitos. Literales minúsculas diferentes indican diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) entre profundidad. Literales mayúsculas diferentes indican diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) entre localidad.

7.3.2 *Mimosa biuncifera*

M. biuncifera, presentó semillas tanto en el mantillo 587.5 semillas/m²; como en las profundidades de 0-5 391 semillas/m² y 5-10 cm 235 semillas/m²; sin embargo, el número de semillas fue significativamente mayor en el mantillo ($p < 0.05$) (Fig. 8).

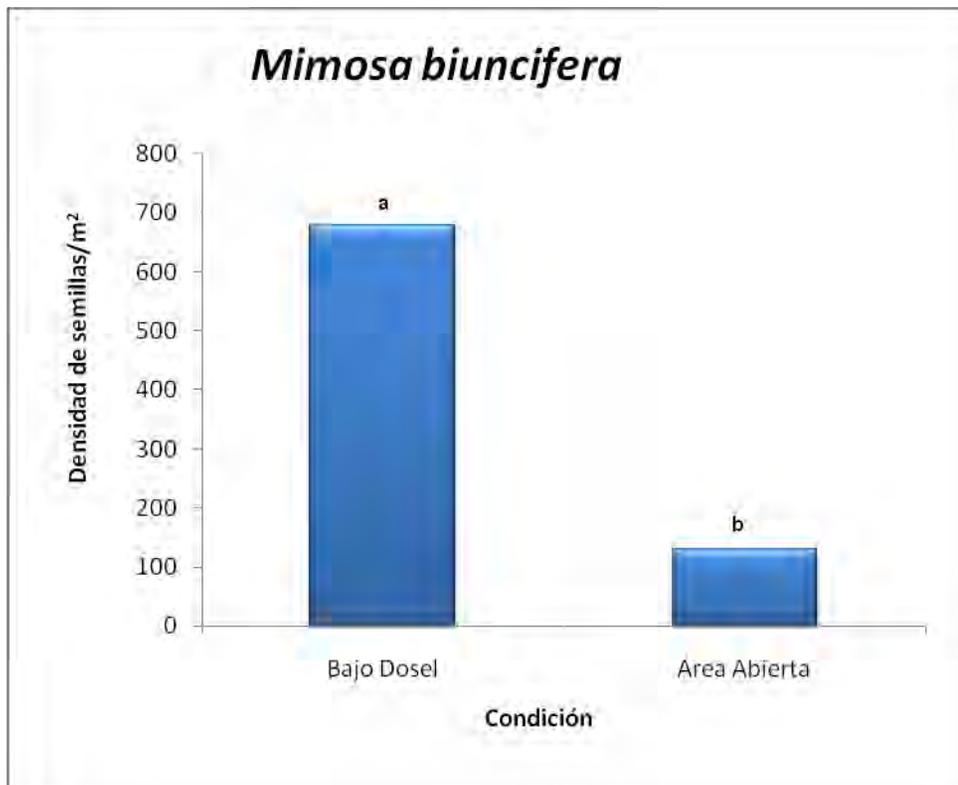


Figura 8. Distribución vertical de la reserva de semillas del suelo de *Mimosa biuncifera* en la localidad Rincón 1. Literales diferentes indican diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) entre profundidad.

7.3.3 *Mimosa depauperata*

M. depauperata registró semillas en las localidades estudiadas (Rincón 1, Rincón 2 y Santiago de Anaya). Las diferencias entre localidad fueron significativas ($p < 0.05$).

En las localidades muestreadas *M. depauperata* presentó semillas en el suelo en el mantillo y en las profundidades de 0-5 y 5-10 cm. En las localidades Rincón 1 y Santiago de Anaya la reserva de semillas de *M. depauperata*, fue mayor en la profundidad de 5-10 cm (262.5 semillas/m² y 527.08 semillas/m² respectivamente). Las diferencias estadísticas entre profundidades en estas dos localidades, fueron significativas ($p < 0.05$) (Fig. 9).

En Rincón 2, *M. depauperata* registró un mayor número de semillas en el mantillo (787.5 semillas/m²) las diferencias estadísticas no fueron significativas ($p \geq 0.05$) (Fig. 9).



Figura 9. Distribución vertical de la reserva de semillas del suelo de *Mimosa depauperata* en las localidades Rincón 1, Rincón 2 y Santiago de Anaya. Literales minúsculas diferentes indican diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) entre profundidad. Literales mayúsculas diferentes indican diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) entre localidad.

7.3.4 *Prosopis laevigata*

En las localidades donde fue muestreada esta especie (Rincón 1 y Parque Ecológico Cubitos) acumuló semillas en el suelo. En Rincón 1, sólo registro semillas en el mantillo (79.16 semillas/m²), mientras que en el Parque Ecológico Cubitos se registraron semillas en el mantillo y en la profundidad de 0-5 cm la densidad de semillas fue significativamente mayor en el mantillo ($p < 0.05$) (Fig. 10).

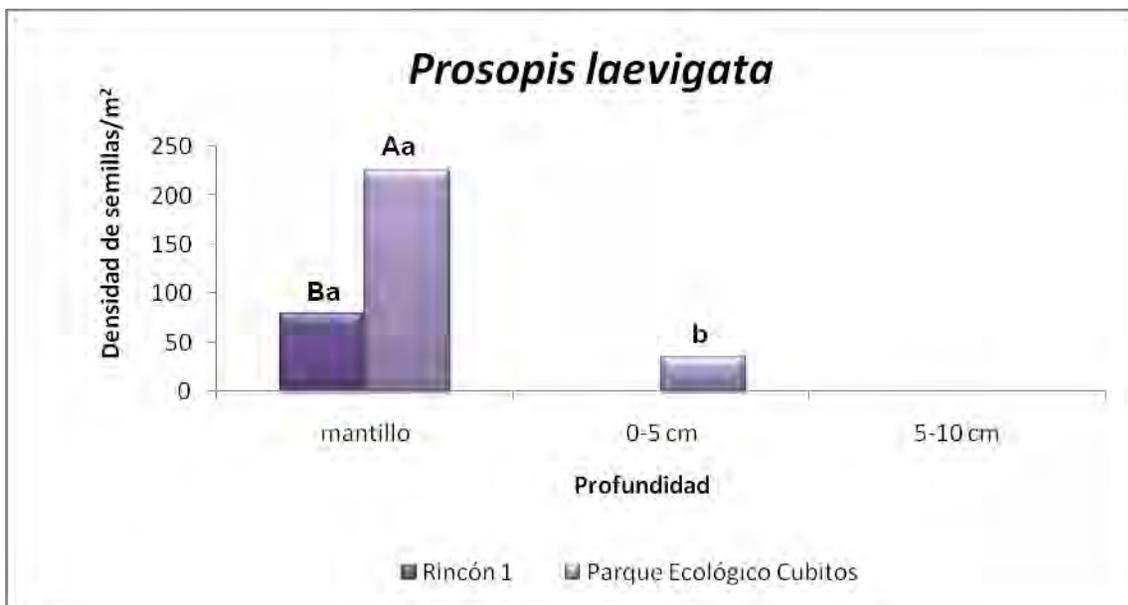


Figura 10. Distribución vertical de la reserva de semillas del suelo de *Prosopis laevigata* en las localidades Rincón 1 y Parque Ecológico Cubitos. Literales minúsculas diferentes indican diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) entre profundidad. Literales mayúsculas diferentes indican diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) entre localidad.

7.4 Viabilidad de la reserva de semillas del suelo

Las semillas de *Acacia schaffneri* en las localidades donde fue muestreada no fueron viables en los meses de marzo y mayo. Para las demás especies los porcentajes de germinación fueron de bajos a altos 20-100%, independientemente de la profundidad y nivel de pendiente (Cuadro 4), sin embargo es importante resaltar que la mayor cantidad de semillas presentan valores entre 60 y 100%, los porcentajes más altos se registraron principalmente en el área abierta.

Durante el segundo muestreo *A. schaffneri* registró porcentajes bajos de viabilidad (10-30%). Al igual que en el muestreo anterior, las demás especies presentaron porcentajes altos (70-100%), los cuales se registraron principalmente en las profundidades de 0-5 cm y 5-10 cm (Cuadro 5).

Cuadro 4. Germinación de las semillas del banco de los meses marzo a mayo de 2006.

Localidad	Especie	Nivel de Pendiente	Condición											
			Bajo Dosel						Área Abierta					
			% germinación		% germinación				% germinación					
n	mantillo	n	0-5 cm	n	5-10 cm	n	mantillo	n	0-5 cm	n	5-10 cm			
Rincón 1	<i>Mimosa biuncifera</i>	Alto	13	23.07%	3	33.33%	0	-	19	78.94%	0	-	0	-
		Bajo	52	63.46%	8	37.50%	0	-	0	-	0	-	1	-
	<i>Mimosa depauperata</i>	Alto	5	100%	0	-	1	100%	2	100%	0	-	1	100%
		Bajo	8	87.50%	0	-	1	100%	1	100%	0	-	0	-
	<i>Prosopis laevigata</i>	Alto	2	100%	0	-	0	-	1	100%	0	-	0	-
		Bajo	11	54.50%	0	-	0	-	2	100%	0	-	0	-
Rincón 2	<i>Acacia schaffneri</i>	Alto	1	0	1	0	0	-	0	-	0	-	0	-
		Bajo	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
	<i>Mimosa depauperata</i>	Alto	47	93.61%	3	100%	1	100%	1	100%	0	-	0	-
		Bajo	41	87.80%	1	100%	0	-	1	100%	0	-	0	-
Santiago de Anaya	<i>Mimosa depauperata</i>	Alto	4	100%	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
		Bajo	7	86%	4	50%	2	100%	1	100%	0	-	0	-
Parque Ecológico Cubitos	<i>Acacia schaffneri</i>		54	0	1	0	2	0	20	0	11	0	0	-
	<i>Prosopis laevigata</i>		18	83%	0	-	0	-	1	100%	0	-	0	-

n=número de semillas

Cuadro 5. Viabilidad de las semillas de la reserva del suelo en los meses agosto y octubre de 2006.

Localidad	Especie	Nivel de Pendiente	Condición											
			Bajo Dosel						Área Abierta					
			% germinación						% germinación					
n	mantillo	n	0-5 cm	n	5-10 cm	N	mantillo	n	0-5 cm	n	5-10 cm			
Rincón 1	<i>Mimosa biuncifera</i>	Alto	39	100%	3	100%	1	100%	5	80%	1	100%	0	-
		Bajo	9	100%	4	100%	4	100%	1	100%	0	-	0	-
	<i>Mimosa depauperata</i>	Alto	10	10%	1	100%	1	100%	0	-	0	-	0	-
		Bajo	13	84.61%	5	100%	1	100%	10	60%	0	0	1	100%
	<i>Prosopis laevigata</i>	Alto	2	50%	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
		Bajo	0	-	4	100%	3	100%	1	100%	0	-	0	-
Rincón 2	<i>Acacia schaffneri</i>	Alto	20	10%	2	0	1	0	1	100%	0	-	0	-
		Bajo	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
	<i>Mimosa depauperata</i>	Alto	35	74.28%	1	100%	0	-	2	100%	0	-	0	-
Bajo		18	94.44%	0	-	0	-	0	-	1	100%	0	-	
Santiago de Anaya	<i>Mimosa depauperata</i>	Alto	21	80.95%	3	100%	3	0	1	100%	0	-	0	-
		Bajo	21	95.23%	5	100%	8	100%	5	100%	1	100%	3	100%
Parque Ecológico Cubitos	<i>Acacia schaffneri</i>		15	33.33%	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
	<i>Prosopis laevigata</i>		23	60.86%	1	100%	0	-	0	-	0	-	0	-

n=número de semillas

7.4.1 Comparación de la viabilidad de semillas de la reserva del suelo por localidad

La viabilidad de las semillas de la reserva del suelo fue menor en las localidades Santiago de Anaya y Rincón 1 en la profundidad de 0-5 cm. En general los porcentajes de germinación van de intermedios a altos en las localidades restantes, independientemente de la profundidad y de la condición (Cuadro 6).

Durante los meses de agosto y octubre, la viabilidad más baja se registró en las localidades Rincón 2 y Parque Ecológico Cubitos (Cuadro 7).

Cuadro 6. Comparación de la germinación de las semillas del suelo de las especies bajo estudio en los meses de marzo-mayo de 2006

Localidad	Porcentaje de germinación					
	Bajo Dosel			Área Abierta		
	mantillo	0-5 cm	5-10 cm	mantillo	0-5 cm	5-10 cm
Rincón 1	71.42%	35.41%	100%	79.82%	*	100%
Rincón 2	90.70%	100%	100%	100%	*	*
Parque Ecológico Cubitos	41.50%	*	*	100%	*	*
Santiago de Anaya	93%	25%	100%	100%	*	*

* No se registraron semillas

Cuadro 7. Comparación de la viabilidad de las semillas del suelo de las especies bajo estudio en los meses de agosto y octubre de 2006.

Localidad	Porcentaje de viabilidad					
	Bajo Dosel			Área Abierta		
	mantillo	0-5 cm	5-10 cm	mantillo	0-5 cm	5-10 cm
Rincón 1	65.76%	100%	100%	73.33%	100%	100%
Rincón 2	44.68%	100%	*	100%	100%	*
Parque Ecológico Cubitos	47.09%	100%	*	*	*	*
Santiago de Anaya	88%	100%	50%	100%	100%	100%

* No se registraron semillas

7.5 Longevidad de las semillas en campo

Después de 15 meses de enterramiento en el suelo las semillas de las especies bajo estudio perdieron viabilidad en el siguiente orden: *Prosopis laevigata* (46-66%), *Mimosa depauperata* (42-62%), *M. biuncifera* (45-56%) y *Acacia schaffneri* (25-45%). *P. laevigata* y *M. biuncifera* fueron las especies que presentaron diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$), con relación a la pérdida de viabilidad de sus semillas (Cuadro 8).

Cuadro 8. Viabilidad de las semillas de las cuatro especies bajo estudio después de 15 meses de enterramiento.

Germinación de las semillas incorporadas al banco (%)

Especies	Fecha de enterramiento										
	Mar-05	3 meses, Mayo		6 meses, Agosto		9 meses, Noviembre		12 meses mar 06		15 meses Junio 06	
		Bajo dosel	Área abierta	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 ± 5.1a	68.33 ± 4.71a	66 ± 1.67a	70 ± 4.89a	64 ± 5.29a	70 ± 2.3a	63.33 ± 8.16a	45 ± 25.88a	61.66 ± 16.02a	45.19 ± 17.22a
<i>Mimosa biuncifera</i>	88±5.65a	81.8±24.63a	74.62±10.75a	86.34±13a	88±17.8a	97.14±6.4a	87.5±12.5a	93,5 ± 9,28a	88,57 ± 15,64a	38.33 ± 26.39b	48.33 ± 14.71b
<i>Mimosa depauperata</i>	98 ± 4.97a	90 ± 8.94a	90 ± 8.94a	76.6 ± 2.88a	68 + 7.2a	64 ± 3.46a	74 + 6.63a	53.33±13.66a	53.33±13.66a	36.66+ ± 8.16a	40.83± 11.69a
<i>Prosopis laevigata</i>	100a	100a	100a	97.14±6.4a	100a	100a	100a	100a	100a	55±10.48b	33.33±17.51b

7.6 Comparación de las semillas por metro cuadrado durante año y medio de estudio

7.6.1 Rincón 1

7.6.1.1 *Prosopis laevigata*

La densidad de semillas durante el primer año de muestreo fue mayor (1600 semillas/m²) que en el segundo (266 semillas/m²) (Fig. 11). Los meses que presentaron un mayor número de semillas en el suelo, fueron: para el primer año, el mes de agosto y en el segundo el mes abril (Fig. 11).

7.6.1.2 *Mimosa biuncifera*.

En el primer año de muestreo (febrero-marzo de 2006) el número de semillas/m² fue menor (510 semillas/m²) respecto al segundo año (1083.33 semillas/m²). Los meses que presentaron mayor número de semillas fueron: en el primer año el mes de agosto y para el segundo los meses de marzo y abril (Fig. 11).

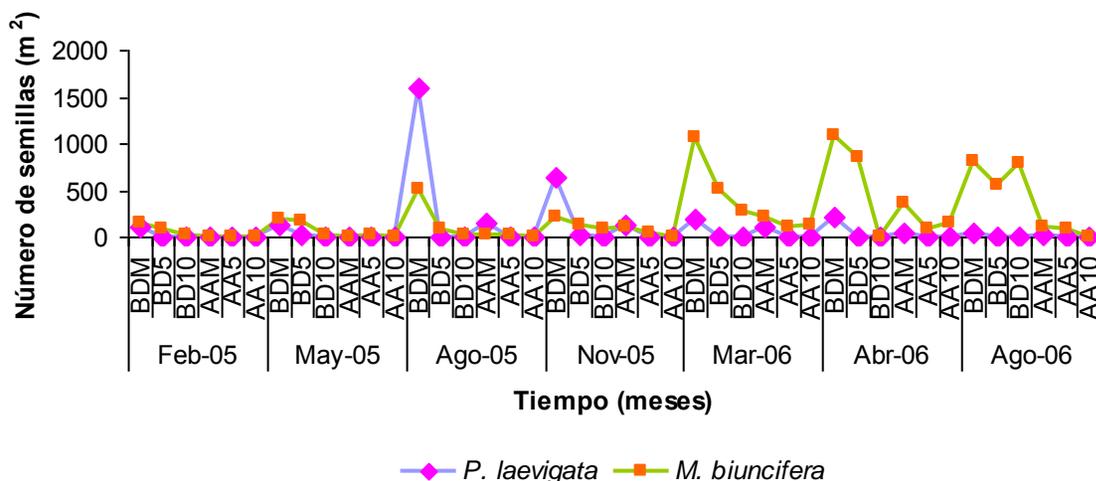


Figura 11. Reserva de semillas de *Prosopis laevigata* y *Mimosa biuncifera* en la localidad Rincón 1 durante año y medio de estudio. **BDM**=Bajo Dosel Mantillo; **BD5**=Bajo Dosel 0-5 cm; **BD10**=Bajo Dosel 5-10 cm; **AAM**=Área Abierta Mantillo; **AA5**=Área Abierta 0-5 cm; **AA10**=Área Abierta 5-10 cm.

7.6.1.3 *Mimosa depauperata*

La densidad de semillas que registró *M. depauperata* durante los meses de muestreo fue de (156.66-470 semillas/m²). El mes con mayor número de semillas fue agosto (Fig. 12)

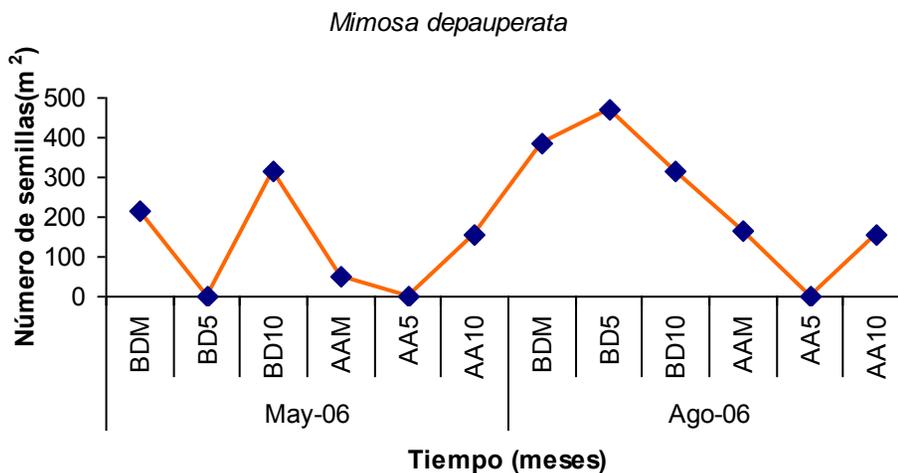


Figura 12. Reserva de semillas de *M. depauperata* en la localidad Rincón 1 durante los meses de mayo y agosto de 2006. **BDM**=Bajo Dosel Mantillo; **BD5**=Bajo Dosel 0-5 cm; **BD10**=Bajo Dosel 5-10 cm; **AAM**=Área Abierta Mantillo; **AA5**=Área Abierta 0-5 cm; **AA10**=Área Abierta 5-10 cm.

7.6.2 Rincón 2

7.6.2.1 *Acacia schaffneri*

La reserva de semillas en el suelo de *A. schaffneri* se encuentra principalmente bajo dosel en el mantillo. La densidad de semillas obtenidas en el primer año de estudio fue de 8-845 semillas/m², y en el segundo 366.66 semillas/m². En el primer año el mes que registró mayor número de semillas fue febrero y en el segundo año el mes de agosto (Fig. 13).

7.6.2.2 *Mimosa depauperata*

Durante el primer año de estudio el número de semillas fue de 1840 semillas/m², mientras que en el segundo año la densidad aumenta (1983.33 semillas/m²). Los meses con mayor densidad de semillas fueron mayo y noviembre en el primer año y marzo-mayo en el segundo (Fig. 13).

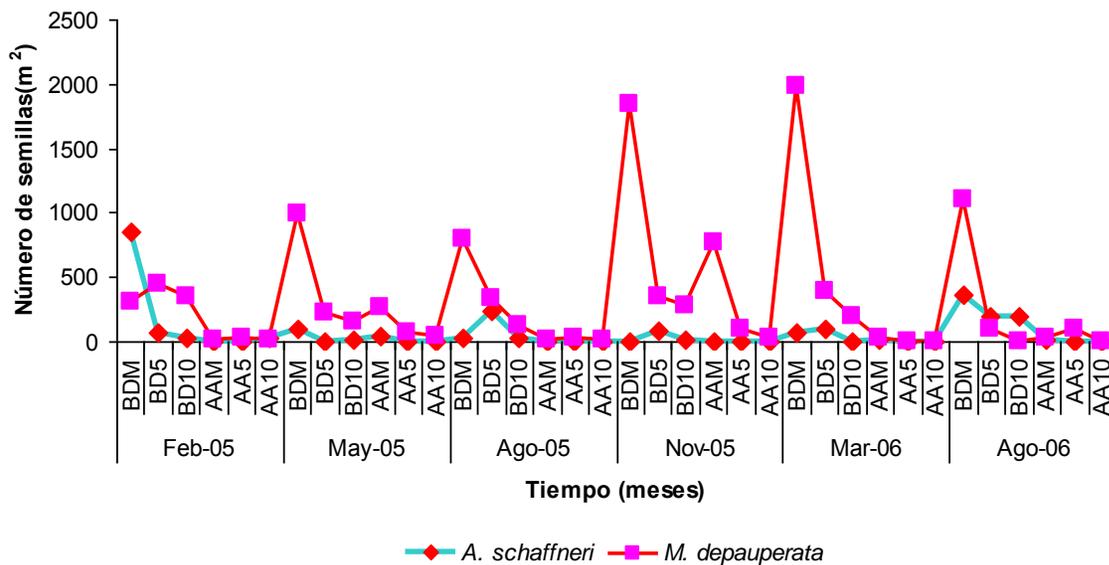


Figura 13. Reserva de semillas de *Acacia schaffneri* y *Mimosa depauperata* en la localidad Rincón 2 durante año y medio de estudio. **BDM**=Bajo Dosel Mantillo; **BD5**=Bajo Dosel 0-5 cm; **BD10**=Bajo Dosel 5-10 cm; **AAM**=Área Abierta Mantillo; **AA5**=Área Abierta 0-5 cm; **AA10**=Área Abierta 5-10 cm.

7.6.3 González González

7.6.3.1 *Acacia schaffneri*

A. schaffneri presentó semillas en la reserva del suelo sólo durante el primer año de estudio, en este año la densidad de semillas fue baja (10-89 semillas/m²), durante el segundo año de muestreo, esta especie no registró semillas en el suelo (Fig. 14).

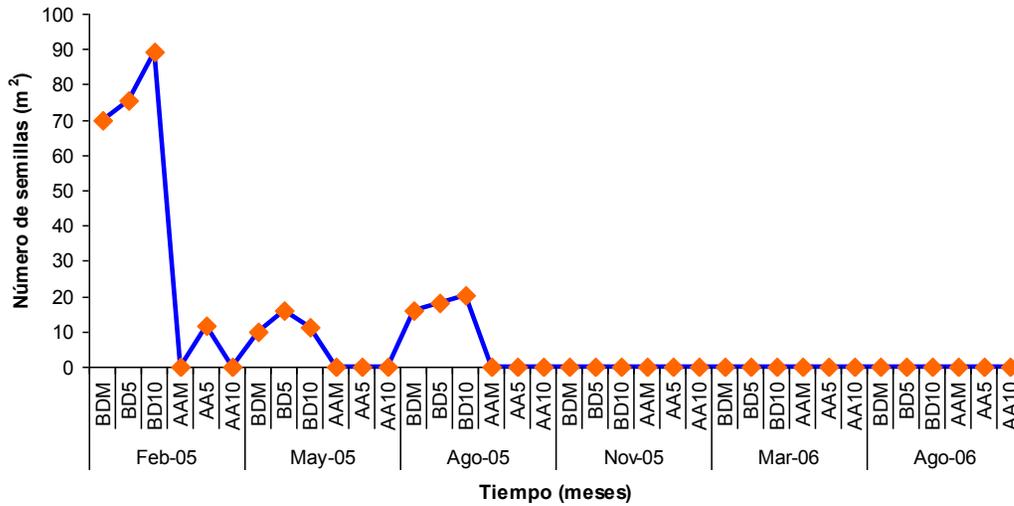


Figura 14. Reserva de semillas de *Acacia schaffneri* en la localidad de González González durante año y medio de estudio. **BDM**=Bajo Dosel Mantillo; **BD5**=Bajo Dosel 0-5 cm; **BD10**=Bajo Dosel 5-10 cm; **AAM**=Área Abierta Mantillo; **AA5**=Área Abierta 0-5 cm; **AA10**=Área Abierta 5-10 cm.

7.6.4 Parque Ecológico Cubitos

7.6.4.1 *Acacia schaffneri*

Durante el año de estudio, *A. schaffneri* registró la mayor densidad de semillas en el mes de abril en el mantillo bajo dosel y en la profundidad de 0-5 cm en el área abierta (1525-1512.5 semillas/m², respectivamente). El número de semillas comenzó a disminuir drásticamente en el mes de octubre (375 semillas/m²) (Fig. 15).

7.6.4.2 *Prosopis laevigata*

Esta especie solo registró semillas en el mantillo bajo el dosel (450-425 semillas/m²). El mes con mayor densidad de semillas fue el mes de abril (Fig. 15).

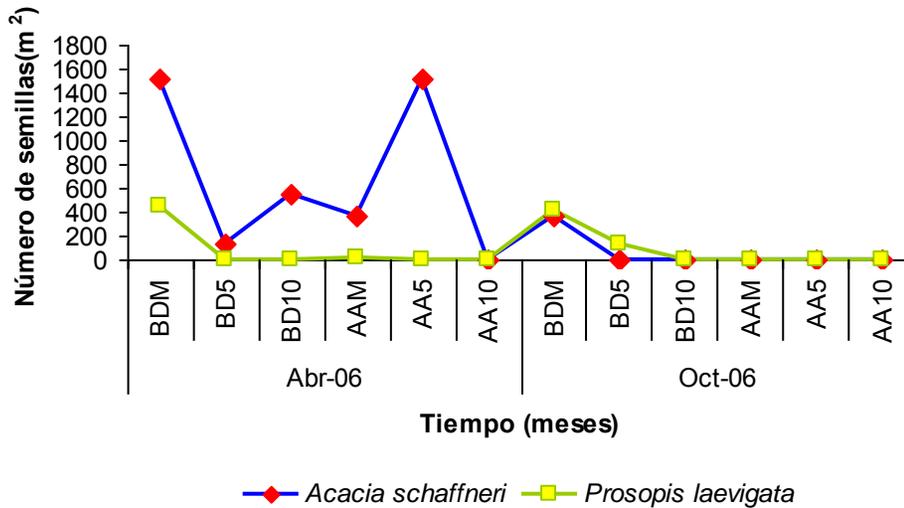


Figura 15. Reserva de semillas del suelo de *A. schaffneri* y *P. laevigata* en la localidad Parque Ecológico Cubitos durante los meses de abril y octubre de 2006. **BDM**=Bajo Dosel Mantillo; **BD5**=Bajo Dosel 0-5 cm; **BD10**=Bajo Dosel 5-10 cm; **AAM**=Área Abierta Mantillo; **AA5**=Área Abierta 0-5 cm; **AA10**=Área Abierta 5-10 cm.

7.6.5 Santiago de Anaya

7.6.5.1 *Mimosa depauperata*

M. depauperata presentó densidades de semillas entre 16.66-1150 semillas/m². El mes con mayor número de semillas fue el mes de agosto, en la profundidad de 5-10 cm, bajo el dosel (1150 semillas/m²) (Fig. 16).

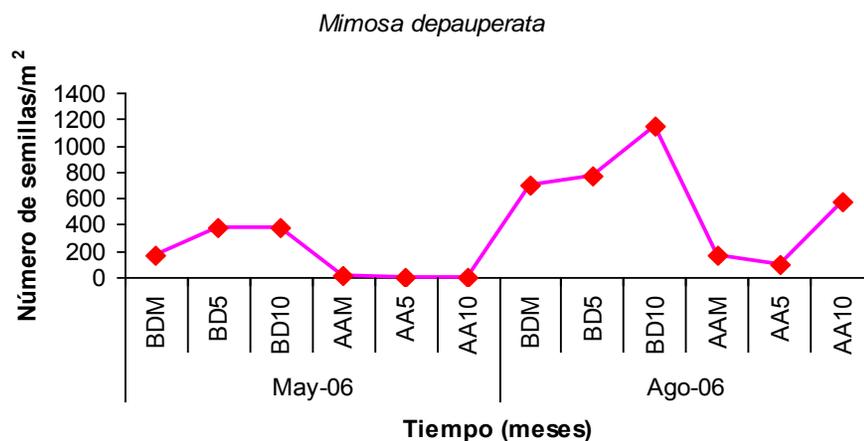


Figura 16. Reserva de semillas de *M. depauperata* en la localidad Santiago de Anaya durante los meses de mayo y agosto de 2006. **BDM**=Bajo Dosel Mantillo; **BD5**=Bajo Dosel 0-5 cm; **BD10**=Bajo Dosel 5-10 cm; **AAM**=Área Abierta Mantillo; **AA5**=Área Abierta 0-5 cm; **AA10**=Área Abierta 5-10 cm.

VIII. DISCUSIÓN

8.1 Densidad de semillas en la reserva del suelo

Las especies que presentaron mayor densidad de semillas en la reserva fueron: *Mimosa biuncifera* (2390 semillas/m²) Rincón 1, *Acacia schaffneri* (2237 semillas/m²) Parque Ecológico Cubitos y *M. depauperata* (2218 semillas/m²) Santiago de Anaya. Las variaciones numéricas entre las especies se deben en gran medida a: la depredación por brúquidos y ganado; la variación ambiental a través de los años influye en la floración y fructificación de las especies (Grime, 1982). También se sabe que los cambios numéricos en el banco de semillas se deben a muerte fisiológica, parasitismo, depredación y germinación, los cuales influyen en el establecimiento de plántulas (Granados y López, 2001; Chambers *et al.*, 1991)

Por su parte, *Prosopis laevigata* fue la especie que presentó una densidad de semillas menor en la reserva del suelo (158.33 semillas/m² en Rincón 1 y 518.75 semillas/m² en Parque Cubitos), lo anterior se relaciona con la pérdida de semillas antes de que sean dispersadas, ya que por un lado el ganado vacuno consume la legumbre con las semillas, dañando algunas de ellas cuando pasan por su tracto digestivo; así mismo las que logran sobrevivir son escarificadas por los jugos gástricos, provocando su germinación, si las condiciones de humedad son favorables. Asimismo, las legumbres son infestadas por insectos de la familia Bruchidae ya sea cuando estas están en el árbol en pie o cuando caen al suelo, estas larvas perforan las legumbres, hasta llegar a las semillas y una vez hospedadas en ellas, consumen el endospermo y parte del embrión hasta que esta queda vacía, el porcentaje de daño varía; sin embargo la pérdida de semillas por esta vía es significativa (Armella-Villalpando, 1990).

Janzen (1969); Johnson (1981) y Aizen (1991), citan que los brúquidos son escarabajos depredadores que se han especializado en el consumo de varias semillas de la familia Leguminosae. Para *Acacia cymbispina* reportan 70% de

depredación en las semillas antes de la dispersión. Para algunas especies de *Prosopis* del norte y sur de América, Solbring y Cantino (1975), reportan 75% de semillas depredadas después de la dispersión. Por el contrario, ellos mencionan que en *Prosopis ferox*, los porcentajes de depredación son bajos (10%), mientras los frutos permanecen en los árboles y que las tasas de depredación se incrementan cuando los frutos permanecen en el suelo debido a la reinfestación por parásitos, con el 99% de destrucción de las semillas después de 6 años.

Por otro lado, la densidad de semillas fue muy baja comparada con la que reporta Ortega-Baes *et al.* (2001) para *P. ferox* (17-188 semillas/m²) con un porcentaje de depredación del 24%.

El hecho de que las otras especies, hayan acumulado un mayor número de semillas, está en función del número de individuos por área en fructificación, el tamaño de la semilla el cual puede favorecer su enterramiento en el suelo y la depredación por animales. Fenner y Thompson (2005) establecen que las semillas pequeñas son producidas en mayor número que las semillas de mayor tamaño, y tienen mayor probabilidad de persistir en el suelo, porque son protegidas de las condiciones adversas del medio; así como de los depredadores.

8.2 Distribución horizontal

La distribución horizontal de las semillas en la reserva del suelo para las cuatro especies, registro la siguiente tendencia: mayores densidades de semillas bajo el dosel y un decremento hacia las áreas abiertas. Los resultados obtenidos son consistentes con los de Zhao *et al.* (2007) y Ribas-Fernández *et al.* (2009)

El decremento de semillas en las áreas abiertas se debe a que las plantas de las zonas secas y semisecas son dispersadas de manera local y las grandes densidades de semillas están asociadas a plantas anuales (Orozco-Almanza, 2003). Además, bajo el dosel, las propiedades físicas y químicas del suelo

condiciones microclimáticas son mejoradas, lo cual representa un sitio seguro para la germinación y emergencia de plántulas; las semillas se acumulan principalmente bajo dosel de los arbustos ya que éstos atrapan semillas dispersadas por el viento y proporcionan protección contra depredadores (Zhao *et al.*, 2007).

De acuerdo a Ellner y Shmida (1981), las reservas de semillas del suelo de las zonas desérticas, presentan una gran variación espacial debido a que son dispersadas localmente lo cual permite que se acumulen grandes reservas de semillas bajo los arbustos. El viento y el agua, son los principales dispersores de las semillas en los desiertos de Norte América y pueden transportar directamente a las semillas horizontalmente (Reichman, 1984). Debido a la densa vegetación anual y a la baja velocidad del viento bajo los doseles de los arbustos, las semillas son más abundantes bajo los doseles, con una gradual declinación hacia las áreas periféricas del dosel o hacia las áreas abiertas.

8.3 Distribución vertical

Con relación a la distribución vertical, no se observó una tendencia clara, las cuatro especies acumularon semillas tanto en el mantillo como entre 0-5 cm y 5-10 cm de profundidad. Los movimientos verticales y la distribución final de las semillas en el perfil del suelo están determinados principalmente por la morfología de las semillas (Baskin y Baskin, 2001; Grime, 1982) ya que las semillas pequeñas y de forma redondeada se entierran más fácilmente en el suelo que las de mayor tamaño (Moles *et al.*, 2000). Esta tendencia fue observada en las especies estudiadas, ya que la forma de la semilla de las especies del género *Mimosa* les permite enterrarse más fácilmente, al contrario *A. schaffneri* y *P. laevigata* presentan semillas de mayor tamaño.

Otro aspecto importante que influye en la distribución vertical de las semillas es la estructura y tamaño de la partícula del suelo (Guo *et al.*, 1998), las perturbaciones animales u otros procesos físicos (Goodall *et al.*, 1972; Chambers *et al.*, 1991).

Diferentes especies de semillas con diferentes tamaños pueden presentar diferentes respuestas; así, que la tendencia es encontrar pocas semillas grandes en la superficie del suelo debido a la alta presión de depredación y muchas semillas pequeñas enterradas a mayores profundidades dada la relación entre su tamaño y la partícula del suelo.

8.4 Viabilidad de semillas de la reserva

Las semillas registradas en la reserva del suelo de *Mimosa biuncifera*, *Mimosa depauperata* y *Prosopis laevigata* presentaron porcentajes de viabilidad altos entre 60 y 100%, esta varió según la localización de las semillas, las que se encontraron en el área abierta presentaron valores de germinación más altos que las localizadas bajo el dosel, posiblemente debido a que las semillas necesitan luz para germinar (Bakin y Baskin, 1989); por otro lado, la diferencia puede deberse a que las semillas en el área abierta fueron depositadas más tardíamente, es decir son más jóvenes que las que están bajo el dosel. En sí, las diferencias en los porcentajes de germinación se atribuyen a las diferencias de edades entre las semillas lo cual es confirmado por Günster (1994) y Cervantes *et al.* (1996). En relación a la profundidad de enterramiento, no se observó ninguna diferencia, las que se entierran entre 0-5 cm y 5-10 cm pueden germinar con tasas altas (100%).

El hecho de que las semillas de las especies bajo estudio, sean viables, indica que forman reservas de semillas en el suelo. Las cuatro especies presentan semillas con testas duras impermeables al agua, es decir presentan una latencia física (Baskin y Baskin, 2001), lo cual les permite conservar su viabilidad durante periodos relativamente largos en la reserva del suelo.

Las semillas de la reserva del suelo de *Acacia schaffneri* presentaron entre 10-100% de viabilidad. Los resultados obtenidos son similares a los que publicó Cervantes *et al.* (1996) para seis especies de leguminosas, este intervalo tan amplio se debe posiblemente a la diferencia entre edades de las semillas

enterradas, lo cual tiene una relación directa con el grado de latencia, es decir a mayor tiempo de enterramiento mayor posibilidad de germinación, debido a que la latencia puede ser eliminada por diversos factores bióticos y abióticos (Cervantes *et al.*, 1996).

8.5 Longevidad de semillas en campo

Las semillas de las cuatro especies estudiadas, al haber sido enterradas artificialmente, perdieron su viabilidad en forma diferencial, en relación a las que fueron colocadas bajo su dosel y en áreas abiertas. Las especies que perdieron mayor viabilidad en sus semillas fueron: *Mimosa depauperata* la cual perdió entre el 42-62%; *Prosopis laevigata* entre 45-66%, *M. biuncifera* perdió entre el 45- 56% y *Acacia schaffneri* entre 25-45%.

Esto implica que las cuatro especies después de un año y medio después de haber sido enterradas, son capaces de germinar si las condiciones ambientales son favorables. Auld (1995) indica, que la persistencia de las semillas en el suelo es un factor crucial para germinación y reclutamiento de plántulas.

Es importante resaltar, que en el caso de *A. schaffneri*, en el enterramiento inicial, las semillas presentaron ca. 80% de germinación, la cual se conservó como ya se mencionó anteriormente después de 15 meses de enterramiento, en comparación con las semillas no viables encontradas en las muestras obtenidas para el análisis directo, esto indica que las semillas al permanecer en las capas superficiales del suelo, son depredadas, perdiendo su viabilidad.

De acuerdo a Fenner y Thompson (2005), las diferencias presentadas en la pérdida de viabilidad de las semillas de las diferentes especies depende del tipo de suelo y de las condiciones climáticas, sin embargo en este caso todas fueron enterradas en el mismo sitio; las diferencias más bien son atribuidas a la especie y a la dureza de su testa, la cual le permite entrar en latencia inmediatamente

después de la dispersión, hasta que las condiciones ambientales sean favorables para la germinación (Cavieres y Arroyo, 2001).

8.6 Comparación de las semillas durante dos años de estudio

Las especies de leguminosas estudiadas, al ser comparadas con respecto a su capacidad para formar reservas de semillas en el suelo, mostraron diferencias en cuanto a la localidad, año y mes de muestreo. En la localidad del Rincón 1, se encontraron semillas en el suelo de *Prosopis laevigata* y *Mimosa biuncifera*, después de 20 meses de muestreo, en el Rincón 2 *M. depauperata* y *Acacia schaffneri*, las variaciones entre años, responden a la cantidad de frutos producidos en la temporada anterior y las fluctuaciones dentro de los meses del año, se deben a las diferencias en la producción de estructuras reproductivas, las cuales en el caso de las semillas son dispersadas en la zona semiseca de Hidalgo entre los meses de octubre-febrero, lo cual coincidió con los meses con mayores densidades de semillas en el suelo. Para las cuatro especies, se registró una pérdida de viabilidad en las semillas después que son enterradas, de entre 40-70%; sin embargo la producción de cada año y la reserva acumulada en el suelo son los principales factores de mantener estas reservas en el suelo.

Por otro lado, estas especies también acumularon semillas en otras localidades: como Santiago de Anaya y Parque Ecológico Cubitos, donde están presentes, aunque en estos casos el estudio no pudo ser comparativo.

De acuerdo a Thompson y Grime, (1979); Fenner y Thompson, (2005) y Baskin y Baskin, (2001), el hecho de que una especie acumule semillas viables en el suelo por más de un año, puede ser considerada como que la especie forma reservas de semillas permanentes en el suelo.

IX. CONCLUSIONES

Mimosa depauperata, *Mimosa biuncifera*, *Acacia schaffneri* y *Prosopis laevigata*, forman reservas de semillas permanentes en el suelo, donde las semillas permanecen viables durante un período mayor a un año.

Prosopis laevigata presentó la menor densidad de semillas en la reserva del suelo, como una respuesta a la alta tasa de forrajeo por vacas y cabras, las cuales consumen una gran cantidad de vainas antes de que estas sean dispersadas.

Las reservas de semillas en el suelo de las cuatro especies se almacenan principalmente en el mantillo y bajo su dosel y conservan su viabilidad entre 50 y 100%.

Las especies que perdieron mayor viabilidad después de año y medio de enterramiento fueron: *Mimosa depauperata* y *Prosopis laevigata*.

Las cuatro especies estudiadas forman reservas de semillas en el suelo con potencialidad para reclutar individuos en las zonas estudiadas.

X. LITERATURA CITADA

- Aizen, M. A. 1991. Predación de semillas de *Acacia aroma* por el brúquido *Pseudopachymeringa grata* en función de la posición de las semillas y el número de semillas por vaina. *Ecología Austral* **1**:17-23.
- Armella-Villalpando, M. A. 1990. Depredación predisposición de semillas en la barranca de Metztitlan. Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F. 95 pp.
- Arzola-Galindo, C. S. 2006. Reserva de semillas en el suelo de *Prosopis laevigata* (Willd.) M. C. Jonhst. y *Mimosa biuncifera* Benth., en tres matorrales xerófilos del Valle del Mezquital, Estado de Hidalgo. Tesis de Licenciatura, FES Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F. 71 pp.
- Auld, D. T. 1995. Soil seedbank patterns of four trees and shrubs from arid Australia. *Journal of Arid Environments* **29**:33-45.
- Barnes, M. E. 2001. Seed predation, germination and seedling establishment of *Acacia erioloba* in northern Botswana. *Journal of Arid Environments* **49**:541-554.
- Baskin, C. C. y Baskin, J. M. (2001). *Seeds Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination*. Academic Press. E. U. A 666 pp.
- Baskin, C. C. y Baskin, J. M. (1989). Physiology of dormancy and germination in relation to seed bank ecology. En: Leck, M. A., Parker, V. T. y Simpson, R. L. Eds. *Ecology of soil seed bank*, pp. 53-66, Academic Press, San Diego.
- Bossuyt, B., Botaye, J. y Honnay, O. 2006. Seed banks composition of open and overgrown calcareous grassland soils a case study from Southern Belgium. *Journal of Environmental Management*. **79**:364-371.
- Caballero, I., Olano, J. M., Loidi, J. y Escudero, A. 2003. Seed banks structure along a semi-arid gypsum gradient in Central Spain. *Journal of Arid Environments* **55**:287-299.

- Cavieres I. A. y Arroyo, M. T. K. 2001. Persistent soil seed banks in *Phacelia secunda* (Hydrophyllaceae); experimental detection of variation along an altitudinal gradient in the Andes of central Chile. *Journal of Ecology* **89**: 31-90.
- Cervantes, V., Carabias, J. y Vázquez-Yanes, C. 1996. Seed germination of woody legumes from deciduous tropical forest of southern Mexico. *Forest Ecology and Management* **82**:171-184.
- Chambers, J. C., MacMahon, J. A. y Haefner, J. H. 1991. Seed entrapment in alpine ecosystems, effects of soil particle size and diaspore morphology, *Ecology* **5**:1668-1677.
- Challenger, A. 1998. *Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México, pasado, presente y futuro*. Comisión Nacional Para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Instituto de Biología, UNAM Agrupación Sierra Madre, S. C, México 847 pp.
- De souza, M. M., Maia, F. C. y Pérez, M. A. 2006. Bancos de semillas en el suelo. *Agriscientia* **23**:33-44.
- Durán-Coyote, S. y Hernández-Vázquez, V. 2006. Predominio ecológico de cuatro especies de leguminosas en cuatro matorrales xerófilos del Valle del Mezquital Hidalgo. Servicio social, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Carrera de Biología. México, D. F. 37 pp.
- Ellner, S. y Shmida, A. 1981. Why are adaptations for long-range seed dispersal rare in desert plants? *Oecología* **51**:133-144.
- FAO. 1995. Evaluación de los recursos forestales, países tropicales en 1990. Estudios FAO Montes, No.112. Roma.
- Fenner, M. y Thompson, K. 2005. *The ecology of seeds*. Cambridge University Press. United Kingdom. 250 pp.
- Flores-Román, 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. Servicio social, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Carrera de Biología. México, D. F. 17 pp.

- García, A. E. 1973. *Modificación al sistema de clasificación climática de Köeppen*. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F., 186 pp.
- Goodall, D. W., Childs, S. y Wiebe, H. H. 1972. Methodological and Validation Study of seed Reserves in Desert Soils. US/IBP Desert Biome research Memorandum 72-8. Logan: Utah State University, 9 pp.
- Granados, S. P. y López R. G. 2001. *Ecología de poblaciones vegetales*. Universidad Autónoma Chapingo. México 143 pp.
- Grime, J. P. 1982. *Estrategias de adaptación de las plantas y procesos que controlan la vegetación*. Limusa. México, 291 pp.
- Günster, A. 1994. Seed bank dynamics longevity, viability and predation of seeds of serotinous plants in central Namib Desert. *Journal of Arid Environments* **28**:195-205.
- 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.
- Guo, Q., Rundel P. W. y Goodall D. W. 1999. Structure of desert seed banks: comparisons across four North American desert sites. *Journal of Arid Environments* **42**:1-14.
- Harper, J. L. 1977. *Population Biology of Plants*. Academic Press. New York, 892 pp.
- Hartmann, H. T., Kester, E. D., Davies, Jr F. T. y Geneve, R. L. 2002. *Plant propagation; principles and practices*. 7^a Ed. Prentice Hall. Saddle. New Jersey, 880 pp.
- Jalili, A., Hamzeh' ee B., Asri, Y., Shirvany, A., Yazdani, S., Khoshnevis, M., Zarrinkamar, F., Ghahramani, M-A, Safavi, R., Shaw, S., Hodgson, J. G., Thompson, K., Akbarzadeh, M., y Pakparvar, M. 2003. Soil seed banks in the Arasbaran Protected Area of Iran and their significance for conservation management. *Biological Conservation* **109**:425-431.
- Janzen, D. H. 1969. Seed-eaters versus size, number, toxicity and dispersal. *Evolution* **23**:1-27.

- Johnson, C. D. 1981. Interactions between bruchid (Coleoptera) feeding guilds and behavioral pattern of pods of the Leguminosae. *Environmental Entomology* **10**:249-253.
- Kemp, P. R. 1989. Seed banks and vegetation processes in deserts. En: Leck, M. A., Parker, V. T. y Simpson, R. L. Eds. *Ecology of soil seed bank*, pp. 257-287, Academic Press, San Diego.
- Luzuriaga, L. A., Escudero, A., Olano, J. M. y Loidi, J. 2005. Regenerative role of soil seed bank following an intense soil disturbance. *Acta Oecologica* **27**:57-66.
- Marone, L. y Horno, M. E. 1997. Seed reserves in the central Monte Desert, Argentina: implications for granivory. *Journal of Arid Environments* **36**:661-670
- Márques, M. J. 2001. *Estadística básica, un enfoque no paramétrico*. Universidad Nacional Autónoma de México, FES-Zaragoza. México, D.F. 171 pp.
- Mayor, M. D., Bóo, R. M., Pélaez, P. V. y Elía, O. R. 2003. Seasonal variation of the soil seed bank of grasses in Central Argentina as related to grazing and shrub cover. *Journal of Arid Environments* **53**: 467-47.
- Menchén, A., López J. A., Ferradis, P. y Orozco, E. 2000. El banco edáfico de semillas en forestaciones con matorral en terrenos agrícolas de la Mancha. Tesis de Licenciatura, Universidad de Castilla-La Mancha, Albacete España, 200 pp.
- Moles, A. T., Hodson, D. W. y Webb C. J. 2000. Seed size shape and persistence in the soil in the New Zealand flora. *OIKOS* **89**:541-545.
- Molina-Maldonado, C., García-Moya, E., Aguirre-Rivera, R J. y González-Cossio, F. V. 1991. La reserva de semillas de un pastizal de *Bouteloa gracilis*. *Agrociencia* **3**:93-103.
- Monroy-Ata, A., Estevez-Torres, J., García-Sánchez, R. y Ríos-Gómez, 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* **80**: 49-57.

- Nakagoshi, N. 1984. Ecological studies on the buried viable seed population in soil of the forest communities in Niyajima Island, southwestern Japan II. *Hikobia* **9**:109-122.
- Orozco-Almanza. M. S. 2003. Ecología funcional de cuatro especies del género *Mimosa* (Leguminosae) en la cuenca del río Estórax, en el Estado de Querétaro, México. Tesis Doctoral, Universidad Autónoma Metropolitana. México, D. F. 247 pp.
- Ortega-Baes, 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.
- Parmesan. 2005. *Biotic Response: Range and Abundance Changes*. In: *Climate Change and Biodiversity*. T.E., Lovejoy y Lee Ana (Eds). Yale University Press. EUA, 418 pp.
- Reichman, O. J. 1984. Spatial and temporal variation of seed distribution in Sonoran Desert soils. *Journal of Biogeography* **11**:1-11.
- Ribas-Fernández, Y., Quevedo-Robledo, L. y Pucheta, E. 2009. Pre- and post-dispersal seed loss and soil seed dynamics of the dominant *Bulnesia retama* (Zygophyllaceae) shrub in a sandy Monte desert of western Argentina. *Journal of Arid Environments* **73**:14-21.
- Rivera, A. 2000. El cambio climático: el calentamiento de la tierra. Debate. España, 2170 pp.
- Rivera, R. R. y Rivera, T. J. F. 1989. Los ecosistemas y las regiones áridas de México. Tesis Profesional, Universidad Autónoma Chapingo, México D. F. 647 pp.
- Roberts, H. A. y Nelson, J. E. 1981. Changes in the soil seed bank of four long term crop/herbicide experiments. *Journal of Applied Ecology* **18**:661-668.
- Rzedowski, J. 2006. *Vegetación de México*. 1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, 504 pp.

- Salgado-Ugarte, I. H. 1992. *Análisis exploratorio de datos biológicos. Fundamentos y aplicaciones*. Coeditado por ENEP-Zaragoza, UNAM y Marc ediciones, México, D. F. 243 pp.
- SARH. 1994. Inventario Nacional Forestal Periódico. Memoria Nacional. Subsecretaría Forestal y de Fauna Silvestre. México, D. F.
- SEMARNAP. 1995. Programa Forestal y de Suelo 1995-2000. Subsecretaría de Recursos Naturales. Dirección General Forestal. México, D. F.
- SEMARNAP. 1996. Estudio para determinar la Tasa de Deforestación en México en el período 1973-1995. Términos de Referencia. Subsecretaría de Recursos Naturales. Dir. Gral. Forestal. Unidad del Inventario Nacional de Recursos Naturales. Inédito. México, D. F.
- SEMARNAP. 1997. Escenarios de Deforestación en México. Subsecretaría de Recursos Naturales. Dirección General Forestal. Inédito. México, D. F.
- Solbring, O. T., y Cantino, P. D. 1975. Reproductive adaptations in *Prosopis* (Leguminosae, Mimosoidae). *Journal of Arnold Arboretum* **56**:185-210.
- Thompson, K. (1987). Seeds and seed banks. *New Phytologist* **106**: 23-48.
- Thompson, K., Bakker, J. P., y Bekker, R. M. 1997. The soil seed banks of North West Europe: methodology, density and longevity. Cambridge University Press. Cambridge, 276 pp.
- Thompson, K. y Grime, J. P. 1979. Seasonal variations in the seed banks of herbaceous species in ten contrasting habitats. *Journal of Ecology* **67**:893-921.
- Villagra, P. E., Marone, L. y Cony, M. A. 2002. Mechanism affecting the fate of *Prosopis flexuosa* (Fabaceae, Mimosoideae) seeds during early secondary dispersal in the Monte Desert, Argentina. *Austral Ecology* **27**:416-421.
- Westoby, M. y Grice, A. C. 1987. Aspect of the dynamics of the seed-banks and seedling population of *Acacia victoriae* and *Acacia* spp. in arid western New South Wales. *Australian Journal of Ecology* **12**:209-215.

- Zhao, H. L, Zhou, R.L., Su, Y. Z., Zhang, H., Zhao, L.Y. y Drake, S. 2007. Shrub facilitation of desert land restoration in the Horqin Sand Land of Inner Mongolia. *Ecological Engineering* **31**:1-8.