



CASA ABIERTA AL TIEMPO

Universidad Autónoma Metropolitana

División de Ciencias Biológicas y de la Salud

ECOLOGÍA FUNCIONAL DE CUATRO ESPECIES DEL GÉNERO *MIMOSA*
(LEGUMINOSAE) EN LA CUENCA DEL RÍO ESTÓRAX, EN EL ESTADO
DE QUERÉTARO, MÉXICO.

TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE DOCTOR EN
CIENCIAS BIOLÓGICAS

P R E S E N T A:

María Socorro Orozco Almanza

Directora de la tesis : Dra. Rosaura Grether González

Codirectora: Dra. Leticia Ponce de León García

Asesor: Dr. Edmundo García Moya

Septiembre, 2003

**EL JURADO DESIGNADO POR LAS DIVISIONES DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD DE
LAS UNIDADES IZTAPALAPA Y XOCHIMILCO
APROBÓ LA TESIS QUE PRESENTÓ**

MA. SOCORRO OROZCO ALMANZA

**DRA. ROSAURA GREYER GONZÁLEZ
(PRESIDENTE)**

**DRA. LETICIA PONCE DE LEÓN GARCÍA
(SECRETARIO)**

DR. EDMUNDO GARCÍA MOYA

DR. JERSEY RZEDOWSKI ROTTER

DRA. ALMA D. OROZCO SEGOVIA

Agradecimientos

El logro de este trabajo de tesis fue gracias a la participación y entusiasmo de un gran equipo de personas dedicadas a la ecología, fisiología y sistemática vegetal, por lo que deseo agradecer a cada uno de ellos su asesoría durante la realización de esta tesis.

A la Dra. Rosaura Grether González, por su incondicional apoyo en todo momento, por compartir conmigo sus valiosos conocimientos sobre la sistemática del género *Mimosa*, por su interés en la revisión del manuscrito final y muy especialmente por su confianza y amistad.

A la Dra. Leticia Ponce de León por su asesoría constante, pero especialmente por su apoyo durante el desarrollo de la publicación, gracias por la confianza, amistad y optimismo.

Al Dr. Edmundo García Moya por su asesoría particularmente en los experimentos de Predominio Ecológico, Reserva de Semillas y Nodrizaje. Gracias también por haberme permitido hacer uso de su gran reserva bibliográfica y sobre todo por ser un maestro y amigo desde el inicio de mi formación académica.

Al Dr. Jerzy, Rzedowski Rotter por sus valiosos comentarios y por haber aceptado ser parte del jurado.

A la Dra. Orozco Segovia por sus atinados comentarios en el manuscrito final.

Al Dr. Arcadio Monroy Ata por su asesoría constante, apoyo en el trabajo de campo y comentarios en la revisión final del manuscrito.

Al Biól. Roberto Ramos por su valiosa participación en el desarrollo técnico de esta tesis, por su incondicional apoyo en el trabajo de campo y por su gran empeño en la edición final del manuscrito.

A mis alumnos Rita Camacho, Arnulfo Cuestas y Juan Estévez por su participación entusiasta al realizar su tesis de licenciatura durante el desarrollo de esta investigación.

A la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza y la Dirección General de Asuntos del Personal Académico de la UNAM por haberme apoyado en mis estudios de Doctorado.

A la Universidad Autónoma Metropolitana por haberme permitido la realización de esta meta.

Finalmente agradezco a todas aquellas personas que participaron de una u otra manera en la culminación de este trabajo.

**Con todo mi amor
Para mis dos pequeños
Hijos Brenda Arlette y
Adolfo Dziel y para
Mi esposo Arcadio quién
Siempre me ha motivado a superarme.
Con todo mi cariño a mis padres,
Hermanos y a todos mis amigos.**

CONTENIDO

1 Resumen	1
Abstract	3
2 Introducción General	5
2.1 Presentación	5
2.2 Objetivo general	6
2.3 Objetivos específicos	6
3 Área de estudio	7
3.1 Localización geográfica y política	7
3.2 Fisiografía.	9
3.3 Geología	10
3.4 Hidrología.	10
3.5 Suelos.	11
3.5.1 Redzinas	12
3.5.2 Regosol	12
3.5.3 Litosol	12
3.5.4 Feozem	13
3.5.5 Luvisol	14
3.5.6 Vertisol	14
3.5.7 Xerosol	14
3.6 Clima	14
3.6.1 Precipitación	16
3.6.2 Temperatura	17
3.6.3 Granizo	17
3.6.4 Heladas	18
3.7 Causa de la aridez	18
3.8 Flora	18

3.9 Vegetación	20
3.10 Manejo de los recursos vegetales	22
3.10.1 Agricultura	22
3.10.2 Ganadería	22
3.10.3 Explotación forestal	23
3.10.4 Minería	23
3.10.5 Uso y recolección de plantas	23
4 Materiales y Métodos	25
4.1 Elección de los sitios de muestreo	25
4.2 Delimitación de las áreas de muestreo	28
4.3 Recolección de ejemplares de herbario e identificación	28
5 Taxonomía	29
5.1 Introducción y antecedentes	29
5.2 Objetivo	31
5.3 Materiales y métodos	31
5.4 Resultados	32
5.4.1 Descripción del género <i>Mimosa</i>	32
5.4.2 Clave para la identificación de las cuatro especies del género <i>Mimosa</i>	34
5.4.3 Descripciones morfológicas de las poblaciones estudiadas	35
<i>Mimosa depauperata</i>	35
<i>Mimosa lacerata</i>	38
<i>Mimosa similis</i>	41
<i>Mimosa texana</i> var. <i>texana</i>	45
5.5 Discusión	48
5.6 Conclusiones	50
6 Predominio ecológico	51
6.1 Introducción	51

6.2 Materiales y Métodos	53
6.2.1 Localización de los sitios de muestreo	53
6.2.2 Muestreo de la vegetación	53
6.2.3 Colecta del material botánico	54
6.2.4 Predominio de las especies	54
6.3.4 Índices de diversidad de Shannon Wiener y Simpson	55
6.3.5 Índice de semejanza florística de Jaccard entre sitios de muestreo	56
6.4 Resultados	57
6.4.1 Diversidad florística de los tres sitios de muestreo	57
6.4.2 Índice de semejanza de Jaccard	64
6.4.3 Predominio de las cuatro especies de Mimosa	64
6.5 Discusión	68
6.6 Conclusiones	70
7 Fenología	72
7.1 Introducción	72
7.2 Materiales y métodos	75
7.2.1 Fenología cualitativa	75
7.2.1.1 Selección de los individuos	75
7.2.2 Fenología cuantitativa	76
7.3 Resultados	77
7.3.1 Fenología cualitativa	77
7.3.1.1 Foliación	77
7.3.1.2 Floración	79
7.3.1.3 Fructificación	81
7.3.2 Fenología cuantitativa	83
7.3.2.1 Nudos activos en la rama principal de cada especie	83
7.3.2.2 Porcentaje de nudos activos con hojas	85
7.3.2.3 Porcentaje de nudos activos con inflorescencias	85
7.3.2.4 Porcentaje de nudos activos con frutos	86

7.3.2.5	Desarrollo foliar	89
7.3.2.6	Desarrollo floral	91
7.3.2.7	Desarrollo de frutos	93
7.3.2.8	Atributos de crecimiento evaluados durante un año	95
a)	Tasa de crecimiento anual de la rama principal	95
b)	Desarrollo de nudos activos	96
7.4	Discusión	98
7.5	Conclusiones	105
8	Germinación	107
8.1	Introducción y Antecedentes	107
8.2	Material y Métodos	109
8.2.1	Recolección de semillas	109
8.2.2	Caracterización física de las semillas	110
8.2.3	Germinación bajo condiciones de laboratorio	110
8.2.3.1	Tratamientos térmicos	110
8.2.3.2	Germinación de semillas dañadas por coleópteros	111
8.2.3.4	Germinación bajo condiciones de campo	111
8.2.3.5	Longevidad de semillas	112
8.2.3.6	Análisis estadístico	113
8.3	Resultados	113
8.3.1	Características de las semillas	113
8.3.2	Germinación bajo condiciones de laboratorio	114
8.3.2.1	Tratamientos térmicos	114
8.3.2.2	Germinación de semillas dañadas por coleópteros	118
8.3.2.3	Germinación bajo condiciones de campo	118
8.3.3.4	Longevidad de las semillas	120
8.4	Discusión	120
8.5	Conclusiones	124

9 Morfología de plántulas y Crecimiento Postemergente	125
9.1 Introducción y Antecedentes	125
9.2 Materiales y Métodos	129
9.2.1 Morfología de plántulas	129
9.2.2 Emergencia de plántulas	130
9.2.3 Polimorfismo de plántulas	130
9.2.4 Supervivencia de plántulas	131
9.2.5 Efecto de la temperatura de germinación en la tasa de crecimiento, biomasa y período de establecimiento plantular	131
9.3 Resultados	132
9.3.1 Morfología de plántulas	132
9.3.2 Análisis comparativo de las características entre las especies	142
9.3.3 Número de plántulas emergidas y porcentaje con más de dos cotiledones	144
9.3.4 Emergencia de plántulas	145
9.3.5 Período de establecimiento	145
9.3.6 Supervivencia de plántulas	146
9.3.7 Temperatura de germinación en el crecimiento postemergente de las plántulas	147
9.3.7.1 Tasa de crecimiento relativo (TCR)	147
9.3.7.1.1 Plántulas provenientes de semillas germinadas a 10 °C	147
9.3.7.1.2 Plántulas provenientes de semillas germinadas a 30°C	147
9.3.7.2 Biomasa	148
9.3.7.2.1 Plántulas provenientes de semillas germinadas a 10 °C	148
9.3.7.2.2 Plántulas provenientes de semillas germinadas a 30 °C	151
9.3.7.2.3 Análisis comparativo de la biomasa de plántulas a las dos temperaturas de germinación	154
9.3.8 Período de establecimiento	157
9.4 Discusión	158
9.5 Conclusiones	163

10 Reserva de semillas	164
10.1 Introducción	164
10.2 Materiales y Métodos	167
10.2.1 Localización	167
10.2.2 Obtención de las muestras de suelo con semillas	167
10.2.3 Métodos de extracción de las semillas del suelo	167
10.2.4 Diversidad de las reservas de semillas bajo el dosel y en las áreas interarbustivas de las cuatro especies de Mimosa	168
10.2.5 Índice de similitud de Sørensen	169
10.3. Resultados	170
10.3.1 Composición y densidad de las reservas de semillas, de los matorrales xerófilos donde habitan las cuatro especies de Mimosa .	170
10.3.1.1 Sitio 1. Matorral secundario causicaule	170
10.3.1.1.2 Sitio 2. Matorral rosetófilo	171
10.3.1.1.3 Matorral secundario causicaule	172
10.3.1.2 Índices de diversidad	174
10.3.1.3 Distribución horizontal y vertical de las semillas . .	174
10.3.1.4. Densidad de semillas total para cada uno de los matorrales . .	177
10.3.1.5 Índice de similitud de Sørensen entre las especies de la reservas y de la vegetación	178
10.4 Discusión	179
10.5 Conclusiones	186
11. Influencia en las características del suelo y la vegetación asociada . .	187
11.1 Introducción	187
11.2 Materiales y Métodos	190
11.2.1 Localización geográfica	190
11.2.2 Influencia de las cuatro especies en la vegetación asociada	190
11.2.2.1 Condiciones microclimáticas	190

11.2.2.2	Análisis de la vegetación asociada	191
11.2.2.3	Influencia de las especies de <i>Mimosas</i> en las características del suelo	192
11.3	Resultados	193
11.3.1	VARIABLES MICROCLIMÁTICAS	193
11.3.1.1	Radiación Fotosintéticamente Activa (PAR)	193
11.3.1.2	Temperatura	194
11.3.1.3	Humedad relativa	195
11.3.1.4	Especies asociadas al dosel y a las áreas interarbustivas ..	196
a)	Especies presentes bajo el dosel de <i>M. lacerata</i>	196
b)	Especies presentes bajo el dosel de <i>M. depauperata</i>	196
c)	Especies presentes en las zonas interarbustivas de <i>M. depauperata</i> y <i>M. lacerata</i>	197
d)	Especies presentes bajo el dosel de <i>M. similis</i>	197
e)	Especies presentes en las zonas interarbustivas de <i>M. similis</i> ..	198
f)	Especies presentes bajo el dosel de <i>M. texana</i> var. <i>texana</i>	199
g)	Especies presentes en las zonas interarbustivas	199
11.3.2	Índice de semejanza de entre el dosel y las áreas interarbustivas .	200
11.3.3	Características edáficas bajo los doseles de las especies de <i>Mimosa</i>	200
11.4	Discusión	202
11.5	Conclusiones	206
12	Discusión general	207
13	Conclusión general	219
14	Literatura citada	220
Anexo I.	Artículo derivado del trabajo de tesis	248

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
Figura 3.1 Localización del área de estudio	8
Figura 4.1 Localización de sitios de muestreo	27
Figura 5.1 Mimosa depauperata en floración	36
Figura 5.2 Mimosa depauperata en fructificación	37
Figura 5.3 Mimosa lacerata en floración	39
Figura 5.4 Mimosa lacerata en fructificación	40
Figura 5.5 Mimosa similis en floración y fructificación	42
Figura 5.6 Mimosa similis en foliación y fructificación	43
Figura 5.7 Mimosa texana var. texana en foliación y ramificación	46
Figura 5.8 Mimosa texana var. texana en fructificación	47
Figura 6.1 Formas vitales de las especies	63
Figura 6.2 Distribución de frecuencias de los valores de importancia de las especies	66
Figura 6.3 Valores de importancia para las cuatro especies de Mimosa	67
Figura 7.1 Foliación de M. depauperata y M. lacerata	78
Figura 7.2 Foliación de M. similis y M. texana var. texana	78
Figura 7.3 Floración de M. depauperata y M. lacerata	79
Figura 7.4 Floración de M. similis y M. texana var. texana	80
Figura 7.5 Fructificación de M. depauperata y M. lacerata	81
Figura 7.6 Fructificación de M. similis y M. texana var. texana	82
Figura 7.7 Número de nudos activos en la rama principal de cada especie	84
Figura 7.8 Porcentaje de nudos activos con hojas para las cuatro especies de Mimosa	85
Figura 7.9 Porcentaje de nudos activos con inflorescencias para las cuatro especies de Mimosa	86
Figura 7.10 Porcentaje de nudos activos con frutos para las cuatro especies de Mimosa	87

Figura 7.11	Porcentaje de nudos activos con hojas en diferentes estadios para las cuatro especies de Mimosa	90
Figura 7.12	Porcentaje de nudos activos con flor en diferentes estadios para las cuatro especies de Mimosa	92
Figura 7.13	Porcentaje de nudos activos con frutos en estadios para las cuatro especies de Mimosa	94
Figura 7.14	Desarrollo de los nudos activos para las cuatro especies de Mimosa	97
Figura 8.1	Germinación de semillas escarificadas y no escarificadas de <i>M. depauperata</i> y <i>M. similis</i>	115
Figura 8.2	Germinación de semillas escarificadas y no escarificadas de <i>M. lacerata</i> y <i>M. texana</i> var. <i>texana</i>	116
Figura 8.3	Porcentaje y velocidad de germinación de semillas escarificadas de las cuatro especies de mimosa	117
Figura 8.4	Porcentaje de germinación de semillas parasitadas por bruquidos y semillas escarificadas	118
Figura 8.5	Germinación bajo dosel y en áreas abiertas de <i>M. depauperata</i> y <i>M. similis</i>	119
Figura 8.6	Germinación bajo dosel y en áreas abiertas de <i>M. lacerata</i> y <i>M. texana</i> var. <i>texana</i>	119
Figura 9.1	Morfología de plántulas de <i>Mimosa depauperata</i>	135
Figura 9.2	Morfología de plántulas de <i>Mimosa lacerata</i>	137
Figura 9.3	Morfología de plántulas de <i>Mimosa similis</i>	139
Figura 9.4	Morfología de plántulas de <i>Mimosa texana</i> var. <i>texana</i>	141
Figura 9.5	Porcentaje de plántulas con diferente número de cotiledones para las cuatro especies de Mimosa	144
Figura 9.6	Tiempo de emergencia de las plántulas de las cuatro especies de Mimosa	145
Figura 9.7	Período de establecimiento de las cuatro especies de Mimosa	146
Figura 9.8	Sobrevivencia de plántulas de las cuatro especies de Mimosa	146
Figura 9.9	Biomasa en peso seco de plántulas de <i>M. depauperata</i> y <i>M. lacerata</i> de semillas germinadas a 10 °C	149

Figura 9.10 Biomasa en peso seco de plántulas de <i>M. similis</i> y	
<i>M. texana</i> var. <i>texana</i> de semillas germinadas a 10 °C	150
Figura 9.11 Biomasa en peso seco de plántulas de <i>M. depauperata</i> y	
<i>M. lacerata</i> de semillas germinadas a 30 °C	152
Figura 9.12 Biomasa en peso seco de plántulas de <i>M. similis</i> y <i>M. texana</i> var. <i>texana</i>	
de semillas germinadas a 30 °C	153
Figura 9.13 Biomasa en peso seco de raíz y cotiledones de las cuatro especies	
de Mimosa	155
Figura 9.14 Biomasa en peso seco de hipocótilo-epicótilo y hojas de las cuatro	
especies de Mimosa	156
Figura 9.15 Período de establecimiento de las cuatro especies de Mimosa bajo dos	
regímenes de temperatura	157
Figura 10.1 Distribución horizontal de las semillas de todas las especies registradas	
en las reservas del suelo de los tres sitios de muestreo	175
Figura 10.2 Distribución horizontal de las semillas de las especies de Mimosa en	
los tres sitios de muestreo	175
Figura 10.3 Distribución vertical de las semillas de todas las especies en las	
reservas del suelo en los tres sitios de muestreo	176
Figura 10.4 Distribución vertical de las semillas de las semillas de las especies	
de Mimosa en las reservas del suelo en los sitios de muestreo	177
Figura 10.5 Densidad total de semillas por m² de todas las especies registradas en	
las reservas del suelo de los tres sitios de muestreo	177
Figura 10.6 Reservorio total de semillas por m² en el suelo de las cuatro especies	
de Mimosa	178
Figura 11.1 Radiación Fotosintéticamente Activa (PAR) bajo el dosel y áreas	
interarbustivas de las cuatro especies de Mimosa	193
Figura 11.2 Temperatura media bajo el dosel y en áreas interarbustivas de las	
cuatro especies de Mimosa	195
Figura 11.3 Humedad relativa media, registrada bajo el dosel y en áreas	
interarbustivas de las cuatro especies de Mimosa	195

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
Cuadro 3.1 Tipos de vegetación y asociaciones vegetales de la Cuenca del Río Estórax	21
Cuadro 6.1 Diversidad florística de los tres sitios de muestreo	57
Cuadro 6.2 Área mínima para los tres sitios de muestreo	57
Cuadro 6.3 Densidad, frecuencia, cobertura y valor de importancia de las especies presentes en el sitio uno de muestreo	58
Cuadro 6.4 Densidad, frecuencia, cobertura y valor de importancia de las especies presentes en el sitio dos de muestreo	60
Cuadro 6.5 Densidad, frecuencia, cobertura y valor de importancia de las especies presentes en el sitio tres de muestreo	62
Cuadro 6.6 Índice de similitud de Jaccard entre los tres sitios de muestreo	64
Cuadro 7.1 Número de nudos activos en la rama principal de las cuatro especies de Mimosa	84
Cuadro 7.2 Porcentaje de nudos activos con hojas, inflorescencias y frutos en la rama principal de las cuatro especies de Mimosa	88
Cuadro 7.3 Longitud inicial y final y tasa de crecimiento anual de la rama principal de las cuatro especies de Mimosa	95
Cuadro 8.1 Forma de vida, condiciones del habitat, distribución geográfica y usos de las cuatro especies de Mimosa	109
Cuadro 8.2 Características de las semillas de las cuatro especies de Mimosa . . .	114
Cuadro 8.3 Porcentaje de germinación de semillas enterradas en el suelo durante un ciclo anual	120
Cuadro 9.1 Características morfológicas de las plántulas de Mimosa depauperata	134
Cuadro 9.2 Características morfológicas de las plántulas de Mimosa lacerata . . .	136
Cuadro 9.3 Características morfológicas de las plántulas de Mimosa similis . .	138
Cuadro 9.4 Características morfológicas de las plántulas de Mimosa texana var. texana	140

Cuadro 9.5 Características morfológicas de las plántulas de las cuatro especies de Mimosa	143
Cuadro 9.6 Tiempo de aparición de las diferentes estructuras morfológicas en las cuatro especies de Mimosa	144
Cuadro 9.7 Tasa de crecimiento relativo (TCR) de plántulas de las cuatro especies de Mimosa germinadas a 10 °C	147
Cuadro 9.8 Tasa de crecimiento relativo (TCR) de plántulas de las cuatro especies de Mimosa germinadas a 30 °C	148
Cuadro 10.1 Número de semillas promedio por m² en la reserva del suelo de M. depauperata	170
Cuadro 10.2 Número de semillas promedio por m² en la reserva del suelo de M. lacerata	171
Cuadro 10.3 Número de semillas promedio por m² en la reserva del suelo de M. similis	172
Cuadro 10.4 Número de semillas promedio por m² en la reserva del suelo de M. texana var. texana	173
Cuadro 10.5 Índices de diversidad de Shanon-Wiener de las especies en las reservas del suelo en los tres sitios de muestreo	174
Cuadro 10.6 Índice de similitud de Sorënsen entre las especies de las reservas del suelo y las especies de la vegetación	179
Cuadro 11.1 Tipos de nodrizaje	188
Cuadro 11.2 Radiación Fotosintéticamente Activa (PAR) en cuatro orientaciones bajo el dosel de las especies de Mimosa	194
Cuadro 11.3 Especies presentes bajo del dosel de M. lacerata	196
Cuadro 11.4 Especies presentes bajo el dosel de M. depauperata	196
Cuadro 11.5 Especies presentes en las zonas interarbustivas de M. depauperata y M. lacerata	197
Cuadro 11.6 Especies presentes bajo el dosel de M. similis	198
Cuadro 11.7 Especies presentes en las zonas interarbustivas de M. similis	198
Cuadro 11.8 Especies presentes bajo el dosel de M. texana var. texana	199

Cuadro 11.9	Especies presentes en la zona interarbustiva <i>M. texana</i> var. <i>texana</i>	.. 199
Cuadro 11.10	Similitud entre especies de zona abierta y de dosel 200
Cuadro 11.11	Características edáficas bajo el dosel y áreas interarbustivas de las cuatro especies de <i>Mimosa</i> 201

1. RESUMEN

Este trabajo presenta un estudio sobre: predominio, fenología, germinación, morfología de plántulas, reservas de semillas en el suelo e interacciones con la vegetación asociada, de cuatro especies de *Mimosa* (*M. depauperata*, *M. lacerata*, *M. similis* y *M. texana* var. *texana*), localizadas en la zona semiárida de la Cuenca del Río Estórax, en el estado de Querétaro, con el fin de conocer su funcionalidad respecto a la dinámica de comunidades. La problemática a resolver fue la siguiente: ¿cuál es el papel funcional de las cuatro especies de *Mimosa* en la ecología de la comunidad vegetal en la que se desarrollan? La metodología consistió en realizar estudios de predominio ecológico; análisis fenológicos mensuales durante un ciclo anual; pruebas de germinación bajo diferentes temperaturas; estudios de morfología de plántulas, caracterización de reservorios de semillas en el suelo y una prospección del potencial de las especies como plantas nodrizas.

Los resultados muestran que las cuatro especies presentan características morfológicas y funcionales plásticas que les permiten desarrollarse bajo condiciones de deterioro ambiental. Los individuos maduros crecen y se reproducen bajo las condiciones semisecas de la Cuenca, donde son elementos dominantes y codominantes. En relación a su morfología, los caracteres taxonómicos distintivos entre las especies son los de las legumbres, las cuales presentan semillas con testas duras impermeables al agua, que requieren ser escarificadas mecánicamente para alcanzar porcentajes de germinación superiores al 80 %. Las cuatro especies son caducifolias y presentan un solo período de crecimiento foliar y floral, asociado a la estación lluviosa. Presentan una gran potencialidad para germinar, comprendida entre 60 y 100%, en amplios rangos de temperatura (10 y 35 °C), bajo condiciones de dosel y en áreas abiertas. Las plántulas presentan características morfológicas diferentes en cuanto al número de cotiledones; el período de establecimiento de las plántulas varía entre 19 y 58 días, dependiendo de la especie y la sobrevivencia de las plántulas oscila entre 20 y 60 %. Las cuatro especies forman reservas de semillas en el suelo; sin embargo, su permanencia depende de la producción estacional, de la tasa de depredación y de la longevidad en el suelo. Asimismo, bajo el dosel de las cuatro especies se abaten, tanto la radiación fotosintéticamente

activa (PAR), como la temperatura y humedad; además la pérdida de follaje durante la época seca, favorece la acumulación de materia orgánica bajo el dosel, la cual, únicamente en el caso de *M. depauperata* y *M. texana* var. *texana* enriquece el suelo significativamente con potasio y nitrógeno respectivamente, propiciando el establecimiento de una vegetación más densa que en las áreas interarbustivas. Por lo anterior, se concluye que las cuatro especies de *Mimosa* tienen un papel funcional relevante como plantas dominantes o codominantes en los matorrales xerófilos donde crecen y que pueden ser recomendadas como plantas nucleadoras de la vegetación en programas de rehabilitación ecológica de zonas semiáridas deterioradas, por su alta plasticidad morfológica y ecológica para prosperar en ambientes con sequías prolongadas y periódicas.

ABSTRACT

This work shows a study on dominance, phenology, germination, seedling morphology, soil seed bank and plant community interactions in relation to four species of *Mimosa*: *Mimosa depauperata*, *M. lacerata*, *M. similis* y *M. texana* var. *texana*. They grow in the semi-arid zone of the Central State of Queretaro, know as the “Estorax River Basin”; the objective was to determine the species functionality in the plant community dynamics. The question to answer was: wich is the functional role of the four *Mimosa* species in the plant community ecology? The methodology applied consisted in ecological dominance studies, monthly phenological analysis during a year cycle, germination tests under differential temperatures, seedling morphology characterization, soil seed bank testing and a prospective analysis of the species potential as nurse plants.

The results show that the four species present plastic morphological and functional characteristics; this fact allows high performance of the species in a semiarid degraded soil. The mature individuals grow and reproduce in the semiarid conditions of the Estorax River Basin, where the four species are the dominants or codominants. With respect to morphology, the distinctive taxonomic characters are the legumes, wich have hard coated seeds, impermeable to water; the seeds require mechanical scarification in order to achieve germination porcentages higher than 80 %. The four species are deciduous and present only one leaf production period and one flowering phase in spring, associated with the rainy season. The four species showed a high germination potential, comprised between 60 % and 100 % at a temperature interval of 10-35 °C; all four species germinate under the canopy conditions and in open spaces. The seedlings of the species show different morphological characteristics with respect to cotyledons number. The seedlings establishment period ranges from 19 to 58 days, according to the species and the seedling survival varies between 20 and 60 %. The four species also form a seed bank in the soil. The seeds remained in the soil in function of the seasonal seed production, of the seed predation rate and of the seed longevity in the soil. Under the canopy of the four species, the photosynthetical active radiation (PAR), temperature and relative humidity are lesser than in open areas; additionally, the foliage fall off in the dry

period and favours the organic matter accumulation under the plant canopy, but only in *M. depauperata* and *M. texana* var. *texana*, the soil is significantly enriched with potassium and nitrogen respectively, promoting a better seedling establishment than open areas. In conclusion, the four *Mimosa* species have a prominent functional role as dominant or codominant plants in the arid scrubs, where they grow. Then the four species could be recommended as core vegetation plants in the restoration of disturbed semi-arid ecosystems, because their high ecological and morphological plasticity to grow in environments with long and periodic dry seasons.

2 INTRODUCCIÓN GENERAL

2.1 Presentación

La realización de esta investigación de tesis doctoral tiene como propósito: 1) generar conocimientos de la ecología funcional de cuatro especies del género *Mimosa*, y 2) contribuir al estudio de su posible utilización en programas de rehabilitación ecológica.

Mimosa depauperata Benth., *M. lacerata* Rose, *M. similis* Britton & Rose y *M. texana* (A. Gray) Small var. *texana* son especies de la familia Leguminosae, que crecen en los matorrales xerófilos de la Cuenca del Río Estórax, en la parte central de Querétaro.

En esta región, estas especies son importantes por su valor forrajero, por ser fuente de leña y carbón y por la utilización de su madera en la construcción de cercas vivas; además de estos usos, estas especies tienen un gran valor ecológico, al crecer en sitios perturbados, en donde las condiciones de humedad y nutrimentos del suelo son muy limitados. Bajo estas condiciones, muchas especies de otros géneros han desaparecido y en otros casos, sus poblaciones se han reducido drásticamente.

Por otro lado, se tienen referencias de que algunas especies del género, como *M. luisana* localizada en el Valle de Tehuacan-Cuicatlán es capaz de modificar el microclima y las condiciones edáficas bajo su dosel propiciando el establecimiento de una importante vegetación asociada (Valiente-Banuet *et al.*, 1991); por lo que algunas especies del género podrían ser nodrizas y tener un papel importante en la colonización de hábitats abiertos o perturbados.

El género tiene una amplia distribución en toda la República Mexicana, encontrándose tanto en zonas secas como en regiones templadas y cálidas húmedas y se caracteriza por presentar diversas formas biológicas, desde hierbas, arbustos erectos, trepadores, postrados o decumbentes hasta árboles pequeños de 3 a 10 m de alto (Grether, 1982) lo que refleja su gran plasticidad ecológica.

A pesar de su importancia, se desconocen muchos aspectos de la biología del género *Mimosa*. Actualmente, los estudios han sido enfocados principalmente a descripciones morfológicas, palinológicas, patrones fitogeográficos, fenología y sistemática; sin embargo, no hay otros trabajos sobre la ecología funcional del género que permitan comprender y relacionar los

fenómenos observables a través de la teoría ecológica (Terradas, 2001). El conocimiento de algunos aspectos ecofisiológicos es necesario para comprender la funcionalidad de las especies, así como su participación en las comunidades vegetales y, por otro lado, contribuir a la elaboración de modelos de manejo, que coadyuven a la recuperación de la vegetación en muchas zonas secas del país, que sufren de un alto grado de deterioro.

En este trabajo, se evaluaron algunos atributos ecológicos, con el fin de comprender diversos procesos que permiten que las especies del género sean dominantes o codominantes en los matorrales xerófilos donde crecen, así como evaluar si son especies clave para la estructura de las comunidades dependiendo de sus actividades.

Se estudió el predominio ecológico, la fenología, la germinación, la longevidad y reserva de semillas en el suelo, la morfología de plántulas y la vegetación asociada que crece bajo el dosel de *Mimosa depauperata*, *M. lacerata*, *M. similis* y *M. texana* var. *texana* con el fin de comprender las respuestas adaptativas que les permiten crecer y reproducirse bajo las condiciones ambientales extremas de la zona seca del centro del estado de Querétaro.

2.2 Objetivo general

Caracterizar ecológicamente cuatro especies del género *Mimosa* (*Mimosa depauperata* Benth., *Mimosa lacerata* Rose, *Mimosa similis* Britton & Rose y *Mimosa texana* (A. Gray) Small var. *texana*) con el fin de determinar su funcionalidad en tres comunidades de matorral xerófilo de la Cuenca del Río Estórax, Querétaro.

2.3 Objetivos específicos

- Ø Elaborar una clave de las cuatro especies de *Mimosa* para su identificación en el campo y en el herbario y presentar la descripción de las mismas.
- Ø Determinar la presencia de las especies y su participación en la estructura de la vegetación en comunidades de matorral xerófilo, con el fin de evaluar su predominio.
- Ø Registrar la fenología cualitativa y cuantitativa.
- Ø Estudiar la germinación bajo el efecto de la temperatura, así como la longevidad de las semillas en el campo.

- Ø Describir la morfología de las plántulas y establecer el efecto de la temperatura de germinación en el crecimiento postemergente.
- Ø Estimar los reservorios de semillas y su patrón de distribución vertical y horizontal en el suelo.
- Ø Evaluar la vegetación asociada bajo el dosel de los individuos de *Mimosa*, así como evaluar el potencial de las cuatro especies del género para modificar condiciones microclimáticas y edáficas.

3. ÁREA DE ESTUDIO

3.1 Localización geográfica y política

El área de estudio forma parte de la Cuenca hidrográfica del Río Estórax; se encuentra enclavada en una depresión formada por los cañones de los ríos Tolimán y Estórax y, está situada en la parte media del estado de Querétaro, cubre de manera parcial los municipios de Cadereyta de Montes, Peñamiller y Tolimán. Está delimitada geográficamente por los meridianos 99°37' y 100° 01' oeste y por los paralelos 20° 45' y 21° 12' norte (Fig. 3.1).

El área estudiada incluye la región conocida como la zona árida de Querétaro y abarca una superficie aproximada de 1,200 km². Las sierras que circundan a esta zona forman un complejo montañoso que recibe diferentes nombres locales, de los que el más generalizado es el de la “Sierra Gorda de Querétaro”.

Las características de la cubierta vegetal de la Cuenca están estrechamente relacionadas con los factores ambientales, lo que propicia que al igual que en el estado de Querétaro en su conjunto, se presenten numerosos contrastes.

Las descripciones de los principales aspectos físicos de la flora, la vegetación y uso de las plantas del área, se presentan a continuación y están basadas en Zamudio (1984) y Zamudio, *et al.* (1992).

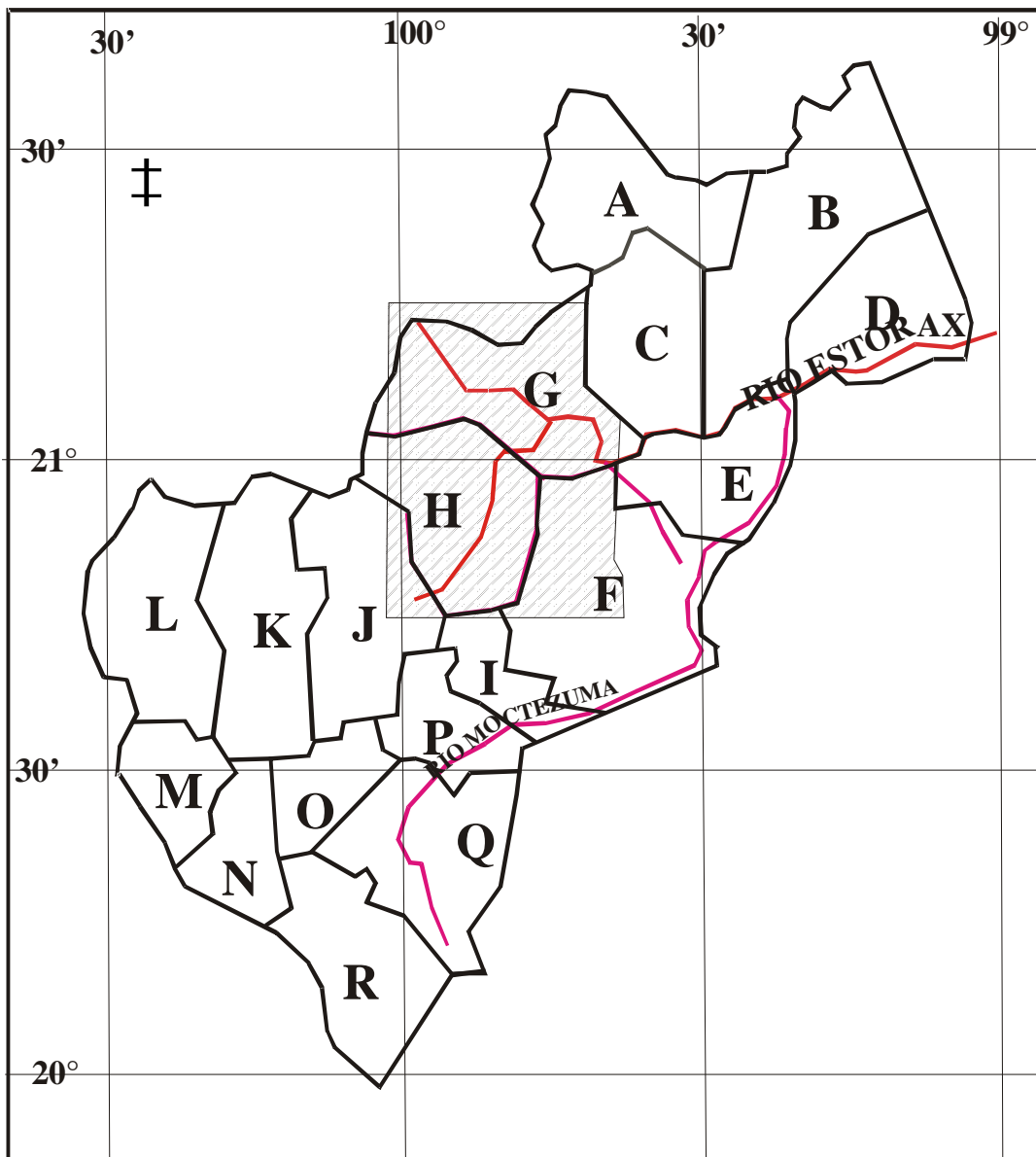


Figura 3.1 Localización del área de estudio en el estado de Querétaro, Municipios de Cadereyta de Montes (F) y Tolimán (H). Los demás municipios son: Peñamiller (G), Arroyo seco (A), Jalpan (B), Amoles (C), Landa de Matamoros (D), San Joaquín (E), Ezequiel Montes (I), Colón (J), El Marqués (K), Querétaro (L), Corregidora (M), Huimilpan (N), Pedro Moreno (O), Tequisquiapan (P), San Joaquín del Río (Q) y Amealco (Tomada de Zamudio, 1984).

3.2 Fisiografía

La Cuenca hidrográfica del Río Estórax se ubica en el límite oriental de la Altiplanicie Mexicana, su topografía es predominantemente montañosa. Se presenta una diferencia altitudinal muy marcada (de más de 1,000 m) entre la parte baja de la cuenca, que se encuentra en el lecho del Río Estórax con una altitud de 1,260 msnm y la parte alta de la misma que podríamos ubicar por arriba de la cota de los 2,000 m, hasta los 3,190 msnm en la cima del Cerro Pingüical. Este cerro, junto con el Cerro de la Calentura (3,060 m) se encuentran en la parte noreste del área y representan las máximas alturas del estado de Querétaro. A partir de los límites de la cuenca, la altitud desciende abruptamente hasta el fondo del cañón del Río Estórax.

Otros cerros que destacan en la parte norte del área son el Cerro El Picacho con 1,580 msnm, situado al este de Peñamiller; el Cerro La Tembladera con 2,020 m y el Cerro Pilincito con 2,020 m. En la parte sur sobresalen el Cerro Frontón con 2,500 m, el Cerro del Ángel con 2,000 m, el Cerro Boludo con más de 2,600 m y la Sierra Peña Azul con 2,700 msnm; sin embargo, existe un número muy alto de cerros pequeños.

Entre estas elevaciones son muy escasos los sitios planos con extensión considerable; los más importantes son los que se encuentran en los alrededores de San Pablo y Tolimán; en Higuerillas, al sur de Peña Blanca en los alrededores del Arroyo, el Derramadero y el plano de Vizarrón.

La orografía tan compleja que presenta esta región refleja los numerosos pliegues que han sufrido las rocas del área durante su historia geológica y la intensa erosión a que han estado expuestas.

Desde el punto de vista de las provincias fisiográficas de la República Mexicana, para algunos autores esta porción del estado de Querétaro se encuentra en la Provincia Fisiográfica de la Altiplanicie Mexicana (Rzedowski, 1978); mientras que para otros, la zona de estudio se encuentra en la Provincia de la Sierra Madre Oriental. Es importante hacer notar que ésta es una zona de transición entre ambas provincias, por lo que comparte características geológicas y topográficas de ambas, la parte baja de la Cuenca se asemeja al Altiplano en muchos aspectos

y, la parte alta, sobre todo las montañas del noreste, es muy parecida a la Sierra Madre Oriental.

3.3 Geología

En todo el estado de Querétaro, al igual que en la Cuenca del Río Estórax, predominan las rocas volcánicas y sedimentarias marinas.

Las primeras prevalecen ampliamente en la mitad SO del estado, pues ahí sólo ceden algo de lugar a llanuras aluviales, que se les intercalan y que ocupan grandes superficies de la Altiplanicie. En la región de Huimilpan, San Juan del Río y Amealco, al igual que en la de Cadereyta, afloran principalmente las andesitas. Los cerros al sur de la ciudad de Querétaro son en su mayoría de naturaleza basáltica, mientras que las riolitas y sus tobas son características de una amplia área que se extiende desde Santa Rosa Jáuregui hasta Tequisquiapan y Colón y de ahí en forma de una franja hasta cerca de Peñamiller.

Desde Tolimán, Vizarrón y El Doctor hacia el NE, las rocas sedimentarias descuellan en forma casi exclusiva, sobre todo calizas y en algunas áreas lutitas. Las últimas cubren mayores superficies en la región de Vizarrón y de Peñamiller, así como a un lado del Río Moctezuma, cerca de Maconí; en ambas zonas son muy deleznales y su erosión produce un paisaje muy característico de relieve profundamente ondulado.

Las rocas metamórficas no son frecuentes y quizás su mayor extensión es la que se observa a lo largo de la carretera de San Pablo a Higuierillas, donde prevalecen afloramientos de gneiss.

3.4 Hidrología

La superficie del estado de Querétaro en su mayor parte desagua en la vertiente del Golfo y está ubicada dentro de la Cuenca del Río Pánuco; solo la parte situada al sureste corresponde a la vertiente del Pacífico y se localiza dentro de la Cuenca del Río Lerma.

La Cuenca del Río Estórax, junto con la de los Ríos San Juan, Moctezuma, Santa María-Acapulco, Conca, Ayutla y Jalpan, forman el sistema de drenaje del estado de Querétaro que desagua a través del Río Pánuco en el Golfo de México.

El sistema de drenaje del área estudiada está formado por los Ríos Tolimán y Estórax y numerosos arroyos y barrancas que conducen el agua de lluvia a través de los cerros hacia su cauce.

El Río Tolimán nace al sureste de Tolimán, en donde recoge el agua de los cerros El Zamorano, Mora y Las Minas. Su curso pasa por San Pedro Tolimán con dirección noreste y por el pueblo de Tolimán, en donde continúa en esta misma dirección hasta unirse al Río Estórax, en el paraje denominado Las Adjuntas.

El Río Estórax se origina en el estado de Guanajuato, en donde recibe el nombre de Xichu, sigue su curso con dirección oeste-sureste y, al cruzar el límite de Guanajuato, cambia su nombre por el Río Victoria, pasa por San Miguel Palmas y continúa con dirección sureste hasta unirse con el Río Tolimán; a partir de aquí el Río recibe el nombre de Estórax, sigue aproximadamente hacia el este y pasa en su recorrido por los pueblos de Estórax, Peñamiller, Peña Blanca, Higuera, Bucareli, etc., hasta unirse con el Río Moctezuma, que sirve de límite entre los estados de Querétaro e Hidalgo.

Aunque se considera que los ríos Tolimán y Estórax tienen un caudal permanente, en la época más seca del año la corriente llega a desaparecer, al menos en el Río Estórax, continúa subterránea por debajo del lecho rocoso; por lo que los habitantes de los pueblos cercanos al río excavan pequeños pozos o canales en el lecho del río a fin de conseguir agua para cubrir sus necesidades.

La precipitación de tipo torrencial que ocurre en las montañas vecinas provoca la existencia de crecientes intempestivas que causan inundaciones y en ocasiones llegan a arrastrar las tierras de las terrazas que se cultivan a la orilla de los ríos.

3.5 Suelos

De los diversos tipos de suelos registrados para la región los más extensos son las redzinas, los litosoles, los regosoles y los feozem, mientras que, los vertisoles, los xerosoles y los luvisoles tienen una distribución muy localizada y ocupan áreas pequeñas. La mayoría de estos suelos son intrazonales y azonales, presentan un perfil A-C y son someros con una fuerte influencia del material parental.

En la evolución de los suelos de la parte seca, la erosión juega un papel muy importante, ya que en cuanto se presentan las lluvias, el suelo es arrastrado con facilidad por las laderas de los cerros, pues se encuentra poco protegido por la escasa cubierta vegetal. El alto grado de erosión al que están expuestos no permite la acumulación continua de materia orgánica.

Los diversos tipos de suelos presentes en la zona son:

3.5.1 Redzinas

Estos suelos se distribuyen principalmente en la parte central del área, al sur del Río Estórax, en los terrenos que se ubican entre San Pablo Tolimán y Vizarrón, ocupan terrenos con topografía relativamente accidentada y los planos de San Pablo Tolimán, Higuierillas y Vizarrón. Es el tipo más ampliamente distribuido (30 % del área total del estado).

Son suelos de menos de 100 cm de grosor, textura de tipo franco-arenoso, de color café grisáceo, pH de 7-8.1, con un porcentaje bajo de materia orgánica; estos suelos son moderadamente drenados.

3.5.2 Regosol

Los suelos del tipo regosol se encuentran principalmente en la parte norte del área; forman una franja amplia al norte del Río Estórax. Otras áreas se encuentran al sur de Peña Blanca y en las barrancas del oeste de Vizarrón, ocupan aproximadamente 28 % del área; se distribuyen en pendientes abruptas con un alto grado de erosión.

De los informes de campo se deduce que en el área de estudio estos suelos son someros, de menos de 60 cm de profundidad, su textura varía de franco-arenosa o franco-arcillosa a limosa o franca. Su color en seco es café ligeramente oscuro o café brillante y, en húmedo, varía de café oscuro a café grisáceo muy oscuro, presentan un pH de 6.2 a 8.1 y un porcentaje de materia orgánica de 0.2 a 5.5 %; estos suelos son moderadamente drenados a drenados.

3.5.3 Litosol

Los litosoles se encuentran en los cerros del extremo este y oeste del área, forman franjas orientadas de norte a sur, se encuentran, además, sobre la Sierra Peña Azul. Se desarrollan en

laderas muy inclinadas con un alto grado de erosión, tanto sobre rocas calizas como sobre rocas ígneas; ocupan aproximadamente el 21 % de la superficie de la Cuenca.

Los suelos que se derivan de las rocas ígneas están representados por un horizonte mólico con estructura en forma de bloques subangulares, de tamaño fino a muy fino con desarrollo débil y drenaje moderado.

Los suelos derivados de calizas tienen una textura franco-arenosa, el pH es de 8.1, un porcentaje de materia orgánica de 1.1 y un color que cambia de café grisáceo claro en seco a café grisáceo oscuro en húmedo.

3.5.4 Feozem

Se encuentran en la cima y laderas de los cerros que limitan a la Cuenca por el norte y por el sur, ocupan 16 % del área total.

Feozem háplico.- Localizado al norte sobre rocas volcánicas indiferenciadas, tienen una profundidad entre 25 y 45 cm y están limitados por la roca madre, tienen una textura franca, su color en seco es café y en húmedo café oscuro, un pH entre 6.7 y 7.2 y un porcentaje de materia orgánica entre 0.7 y 1.4; su drenaje es moderado.

Feozem háplico/Vertisol pélico.- Se encuentran al sur del área sobre la sierra que separa a la Cuenca del Valle de Cadereyta. Tienen una profundidad entre 20 y 90 cm con rocas como limitante, textura franco-arcillosa-arenosa; color en seco gris oscuro y en húmedo gris muy oscuro; presentan un pH de 5.8 y un porcentaje de materia orgánica de 3.4.

Feozem lúvico.- Se encuentran al noreste sobre las laderas de los cerros de La Calentura y El Pingüical. Tienen una profundidad menor de 55 cm y están limitados por rocas compactas. Presentan una textura franco-arcillosa-arenosa, color en seco café rojizo oscuro y café grisáceo oscuro y en húmedo café rojizo oscuro y gris muy oscuro, con un pH entre 6.1 y 6.8 y un porcentaje de materia orgánica de 2.8 a 7.8; estos suelos están moderadamente drenados.

Feozem calcárico.- se encuentran en los alrededores del pueblo de Tolimán en áreas más o menos planas a los lados de los arroyos y ríos que rodean a esta localidad. Tienen una profundidad mayor a 100 cm; y una textura que varía de franca a franca-arcillosa-arenosa, color

café en seco y café obscuro y café grisáceo muy obscuro en húmedo; un pH entre 8 y 8.1 y un porcentaje de materia orgánica entre 2.2 y 2.3; estos suelos son muy drenados.

3.5.5 Luvisol

Se encuentran al noreste del área, en las tierras más altas de los cerros (a más de 2,000 m) sobre rocas volcánicas. Ocupan aproximadamente el 3 % del área. Tienen más de 100 cm de profundidad, con una textura de franca a franca arenosa y franca arcillosa-arenosa; el color en seco es café amarillento, gris y café y en húmedo, café amarillento obscuro, café grisáceo obscuro y café; el pH es de 5.5 a 6.7 y el porcentaje de materia orgánica es de 1.8; estos suelos son moderadamente drenados.

3.5.6 Vertisol

Se encuentra sólo en el extremo sureste del área, en los alrededores de San Javier Las Tuzas y en los llanos de Cadereyta, sobre depósitos aluviales del Reciente. Ocupan aproximadamente 1% del área total. Son suelos de más de 100 cm de profundidad, moderadamente drenados, con grietas y facetas de textura y forma masiva.

3.5.7 Xerosol

Su distribución está restringida al área de influencia de el Arroyo, El Derramadero, al sur de Peña Blanca y del Arroyo Grande, al este de Vizarrón, ocupan 0.5 % del área total. Son suelos de más de 100 cm de profundidad, de textura arcillosa y franca; coloración oscura en seco y café en húmedo; el pH varía entre 7.7 y 8.0, con un porcentaje de materia orgánica de 1.3 a 2.1; son suelos con más de 15 % de saturación de sodio en alguna porción a menos de 125 cm de profundidad, con buen drenaje.

3.6 Clima

En la Cuenca del Río Estórax existen dos tipos generales de climas, los secos o áridos BS (que se distribuyen de ordinario por debajo de los 2,400 msnm) y los templados subhúmedos C(w) (que se encuentran por lo común en altitudes superiores a los 2,400 msnm), con una variedad de subtipos locales que se distribuyen siguiendo un gradiente altitudinal. Este hecho se explica

si se recuerda que el área está enclavada en una región montañosa en donde, por influencia de la topografía accidentada, los factores climáticos (principalmente la temperatura y la humedad) se modifican en distancias relativamente cortas. Tal gradiente se puede observar claramente en el camino que conduce de Cadereyta a Pinal de Amoles.

Para las localidades de Tolimán y Peñamiller se ha registrado un clima seco o árido, el más seco de los climas BS, semicálido, con régimen de lluvias de verano, presencia de sequía intraestival y escasa lluvia invernal (menor del 5 % anual), con oscilación térmica extrema de 7.7 °C y la marcha de la temperatura del tipo Ganges, o sea que el mes más caliente se presenta antes del solsticio de verano. Tales características se describen en la fórmula $BS_0hw''(w)(e)g$ (García, 1981). Este clima prevalece, en general, en la parte baja de la Cuenca y está delimitado aproximadamente por la cota de los 2,000 msnm.

En Cadereyta de Montes el clima registrado es el menos seco del tipo BS; templado, con verano cálido, régimen de lluvias de verano, presencia de sequía intraestival y escasa lluvia invernal; la oscilación térmica es de 7.5 °C; la fórmula climática es $BS_1kw''(w)(e)$ (García, 1981). Este clima es el característico en general en la parte media de la Cuenca, considerada entre los 2,000 y 2,400 m aproximadamente en función de la exposición. Es el clima propio del Valle de Cadereyta y Ezequiel Montes y se extiende hacia Vizarrón.

En las partes bajas de las sierras de San Joaquín y El Doctor, se presenta un clima templado subhúmedo, el más seco de su tipo; con lluvias de verano y con un porcentaje de precipitación invernal menor del 5 % del total de la lluvia anual; verano cálido con temperatura media anual entre 12 y 18 °C; no se presenta sequía intraestival y la oscilación térmica es mayor de 7 °C, pero menor de 14 °C. A este clima le corresponde la fórmula climática: $C(w_0)(w)a(e)$ (García, 1981).

Para Pinal de Amoles, García (1981) define un clima templado subhúmedo, intermedio por su humedad dentro de los climas Cw, con cociente P/T comprendido entre 43.2 y 55.0, con verano cálido, régimen de lluvias de verano, poca lluvia invernal, extenso y marcha de la temperatura de tipo Ganges; se le asigna la fórmula climática $C(w_1)(w)a(e)g$ (García, 1981).

La parte más seca y cálida se encuentra en el fondo de la Cuenca y, aunque Cadereyta tiene una precipitación equiparable a la de Peñamiller, su temperatura media anual es más baja (4 °C menor que en Tolimán y 5.5 °C menor que en Peñamiller).

En las demás estaciones se observa que al aumentar la altitud, la temperatura disminuye de manera constante, mientras que la precipitación aumenta; por lo que a partir de los 2,200 msnm se presenta una secuencia de climas templados (Cw), con diferentes grados de humedad. Desafortunadamente las estaciones meteorológicas no son tan abundantes en el área para mostrar con detalle lo gradual de estos cambios; sin embargo la vegetación que es un buen indicador del clima, refleja este gradiente.

3.6.1 Precipitación

La época de lluvias se inicia a finales del mes de mayo y se prolonga hasta la primera quincena de octubre. En el mes de mayo las lluvias son escasas y aumentan en junio. En julio se presenta una ligera disminución conocida como canícula o sequía intraestival en las estaciones de Cadereyta y Peñamiller, en Tolimán este fenómeno se observa en el mes de agosto y en San Joaquín y El Doctor no se presenta.

En los meses de agosto y septiembre, la cantidad de lluvias aumenta nuevamente para sufrir en octubre un descenso brusco, que es el preámbulo de la temporada seca invernal. En los meses húmedos del año, que son de junio a septiembre, se concentra de 65 a 74 % del total de la precipitación anual, hecho que denota la existencia de una temporada húmeda y otra seca en el año en toda la Cuenca.

Durante la época seca del año, que corresponde a los meses de noviembre a abril, se presentan algunas lluvias aisladas, pero no rebasan 5 % del total de la precipitación anual, estas lluvias son más frecuentes en enero. En abril también existe una mayor precipitación, pero este aumento no representa más que un adelanto eventual de la temporada de lluvias.

En la parte seca de la Cuenca, la precipitación más baja se registra en Tolimán con 377 mm de promedio anual, mientras que en Peñamiller alcanza los 471 mm. Cadereyta tiene una precipitación anual media de 477 mm, a pesar de encontrarse en un lugar más alto que

Peñamiller, lo que demuestra que el efecto de sombra orográfica que ejercen la Sierra de Pinal de Amoles y El Doctor sobre la Cuenca se prolonga aún hacia esta localidad.

3.6.2 Temperatura

La marcha de la temperatura media mensual sigue un comportamiento algo parecido a la curva de la precipitación en las estaciones revisadas. En enero el promedio mensual de temperatura es el más bajo del año, durante los meses de febrero a abril la temperatura muestra un aumento constante hasta alcanzar en mayo su máxima, con la excepción de Tolimán, en donde la temperatura máxima promedio no se alcanza sino hasta junio. En los meses de junio y julio la temperatura disminuye ligeramente, lo cual se ve interrumpido por un ligero aumento en agosto, este nuevo incremento coincide con la sequía intraestival. A partir de agosto, ésta desciende rápidamente hasta alcanzar en diciembre y enero sus valores más bajos.

En términos generales, la Cuenca se ubica en una zona térmica cálida, en particular en las localidades que se encuentran por debajo de los 2,000 msnm, en donde la temperatura promedio fluctúa entre 20.2 °C en Tolimán y 22 °C en Peñamiller.

Con base en las consideraciones anteriores podemos afirmar que las partes más altas de las sierras que limitan la Cuenca están comprendidas dentro de una zona térmica templada, con una temperatura media anual mayor de 12 °C pero menor de los 18 °C, sobre todo en los Cerros El Pingüical y la Sierra de El Doctor, que tienen más de 3,000 m de altitud.

3.6.3 Granizo

La frecuencia de las granizadas es muy baja para la región en general. La parte en que son más abundantes es en los alrededores de Cadereyta, en donde se han registrado un promedio cuatro días al año con granizo. En cambio, en Peñamiller sólo se registran dos días con granizo al año y en Tolimán y San Joaquín los promedios no alcanzan un día por año. En El Doctor, no se ha registrado este fenómeno.

3.6.4 Heladas

Las heladas son un fenómeno meteorológico que se presenta con mayor frecuencia en las partes altas de las sierras, pero que prácticamente no afecta a la parte baja de la Cuenca del Río Estórax.

3.7 Causa de la aridez

El fenómeno que provoca la existencia del clima cálido y seco en esta región es el conocido como “sombra orográfica” ó “sombra de lluvia”, ocasionado por los macizos montañosos de la Sierra Madre Oriental y la Sierra Gorda de Querétaro, que funcionan como una doble barrera que detiene a los vientos alisios, los que al chocar con las laderas de barlovento se elevan enfriándose y depositando la mayor parte de la humedad en ellas. Estos vientos pasan sobre la Cuenca considerablemente más secos, por lo que la precipitación en la región es más escasa. Tal fenómeno no es extraño en la Altiplanicie, ya que la Sierra Madre Oriental provoca la existencia de áreas más o menos secas a lo largo de toda la extensión.

La zona árida de Querétaro queda ubicada en el centro del estado, abarcando la mayor parte de la Cuenca del Río Estórax y parte de la Cuenca del Río Moctezuma, siendo delimitada más o menos con exactitud por la cota de nivel de los 2,000 m.

3.8 Flora

Hasta ahora no se dispone de un inventario completo de la flora del estado de Querétaro ni de ninguna de sus partes. Antes de 1970 su territorio se ha contado entre las áreas botánicamente menos exploradas de la República, pues el total de colectas realizadas no llegaba a 1,000 ejemplares. El esfuerzo realizado en los últimos 20 años ha permitido un avance importante.

Un listado reciente de las plantas vasculares del estado, arroja la cifra de 2,334 especies registradas. Cálculos basados en colectas adicionales realizadas en los últimos años permiten, sin embargo, estimar la riqueza florística de Querétaro en unas 1,000 especies más (Argüelles *et al.*, 1991).

A grandes rasgos los patrones de distribución geográfica de las plantas permiten ubicar al estado en tres de las provincias florísticas reconocidas para México por Rzedowski (1978), a mencionar: a) Altiplanicie, b) Sierra Madre Oriental y c) Serranías Meridionales.

Específicamente en la Cuenca del Río Estórax, Zamudio (1984), reporta 715 especies, 387 géneros y 100 familias, pero esta lista representa sólo parcialmente la riqueza florística de la Cuenca, ya que las colectas se realizaron con mayor frecuencia, en los matorrales xerófilos que en bosques. Esta región semiárida del centro de Querétaro constituye una zona de gran importancia ecológica, debido a que en ella se encuentran representadas varias comunidades vegetales, correspondientes a nueve tipos de vegetación, los cuales van desde los matorrales xerófilos en las partes más bajas y secas (1,260 m), hasta los bosques de pino en las zonas más altas y húmedas (3,490m) (Zamudio, 1984). Las condiciones particulares de los cañones que la rodean, representan sitios con un alto número de endemismos.

Las familias mejor representadas son: 1) Compositae (110 especies; 58 géneros); 2) Leguminosae (67 especies; 30 géneros); 3) Gramineae (65 especies; 21 géneros); 4) Cactaceae (44 especies; 14 géneros) y 5) Euphorbiaceae (31 especies; 11 géneros). Otras familias como Rubiaceae, Labiatae, Acanthaceae y Malvaceae están presentes, pero su importancia en la estructura de las comunidades vegetales es secundaria, debido a que son poco abundantes.

Las leguminosas constituyen la segunda familia más importante en la Cuenca, por el número de especies e individuos presentes. Constituyen un grupo sobresaliente en las comunidades vegetales de la porción cálida y, su presencia en los matorrales es determinante de la estructura y la fisonomía de los mismos. El mayor número de leguminosas se encuentra en el matorral submontano (20 géneros); en el matorral de *Opuntia-Zaluzania* (13 géneros), en el matorral micrófilo (10 géneros) y en el pastizal (12 géneros).

Entre las especies más importantes de la familia, se pueden mencionar: *Prosopis laevigata*, *Acacia schaffnerii* y *A. vernicosa*, las cuales son muy abundantes en los diferentes tipos de vegetación. Por otro lado, diversas especies del género *Mimosa* también están bien representadas en los matorrales xerófilos de la Cuenca y crecen bajo condiciones extremas de perturbación. Las especies de este género que se encuentran en la Cuenca son: *M. aculeaticarpa*, *M. biuncifera*, *M. lacerata*, *M. similis*, *M. depauperata*, *M. texana* var. *texana* que son frecuentes en los matorrales xerófilos, mientras que *M. leucaenoides*, *M. pringlei*, *M. rhodocarpa*, *M. aculeartiarpa* y *M. albida* crecen principalmente en los bosques de pino y encino (Flores, 1982; Zamudio, 1984; Zamudio *et al.* 1992; Grether *et al.* (en prensa)).

Las especies del género *Mimosa* juegan un papel muy importante en la estructura y funcionamiento de las comunidades vegetales donde están presentes: su abundancia y tamaño constituyen una de las mayores fitobiomásas de las comunidades, representando elementos dominantes y codominantes, que ejercen una gran influencia sobre las características del hábitat físico, así como sobre las características estructurales y funcionales de otras especies que pueden coexistir con ellas.

3.9 Vegetación

La Cuenca del Río Estórax alberga nueve tipos de vegetación distribuidos a lo largo de un gradiente altitudinal de más de 1,000 m. En respuesta a los cambios climáticos que ocurren en este gradiente, la vegetación se sucede en una serie de comunidades que van desde los matorrales xerófilos característicos de la parte baja de la Cuenca, hasta los bosques de ambientes templados de pino y abeto, situados en su parte más alta en donde existe una mayor humedad. Además de los efectos del gradiente climático sobre la vegetación, ésta se ve modificada por otros factores como la geología del área, el tipo de suelo y la exposición e inclinación de las laderas de los cerros.

La compleja topografía característica de la región propicia la existencia de numerosos ambientes que cambian en distancias relativamente cortas, donde forman un mosaico complejo de condiciones geológicas, topográficas, climáticas, y edáficas. En estas condiciones, la vegetación difícilmente conserva una fisonomía y composición florística homogéneas, sino que por el contrario, cambia de un sitio a otro y forma asociaciones de diferentes especies y ecotonos amplios.

Los tipos de vegetación y asociaciones que se han reconocido en la Cuenca del Río Estórax se presentan en el cuadro 3.1.

Cuadro 3.1. Tipos de vegetación y asociaciones vegetales en la Cuenca del Río Estórax, Querétaro.

Tipo de vegetación	Asociaciones
Bosque de <i>Pinus</i>	Bosque de <i>Pinus-Abies</i> Bosque de <i>Pinus-Quercus</i>
Bosque de <i>Quercus</i>	Bosque de <i>Quercus-Pinus</i> Bosque de <i>Quercus-Pinus cembroides-Juniperus</i>
Bosque de <i>Pinus cembroides-Juniperus</i>	Bosque de <i>Pinus cembroides-Juniperus- Quercus</i>
Matorral esclerófilo	Matorral esclerófilo de <i>Arctostaphylos</i> Matorral esclerófilo de <i>Quercus</i>
Matorral submontano	Matorral submontano de <i>Helietta parviflora-Acacia berlandieri</i> Matorral submontano de <i>Morkillia mexicana-Acacia sororia</i> Matorral submontano de <i>Neopringlea integrifolia-Mimosa</i>
Matorral crasicaule	Matorral crasicaule de <i>Opuntia-Zaluzania-Mimosa</i> Matorral crasicaule de <i>Stenocereus dumortierii</i> Matorral crasicaule de <i>Opuntia- Zalunania-Yucca</i>
Matorral desértico microfilo	Matorral desértico microfilo de <i>Larrea-Myrtillocactus-Prosopis</i> Matorral desértico microfilo de <i>Larrea-Acacia</i> Matorral desértico microfilo de <i>Acacia-Fouquieria</i>
Matorral desértico rosetófilo	Matorral desértico rosetófilo de <i>Hechtia</i> Matorral desértico rosetófilo de <i>Dasyilirion-Agave-Flourensia</i>
Pastizal	Matorral desértico rosetófilo de <i>Bouteloua-Aristida-Muhlenbergia</i>

No se ha descrito la vegetación secundaria; esta tiende a formar un matorral espinoso muy denso, constituido principalmente por *Mimosa biuncifera* y otras especies de leguminosas. También se ha observado un matorral inerme de *Dalea* sp., *Eupatorium espinosarum* y varias especies de compuestas. En lugares donde se han talado los bosques de pino y encino se han formado pastizales inducidos, que son muy extensos en la parte norte de la Cuenca (Zamudio, 1984; Zamudio *et al.*, 1992).

3.10 Manejo de los recursos vegetales

La vegetación del Río Estórax ha sido utilizada por el hombre, desde épocas remotas muy anteriores a la llegada de los españoles al nuevo mundo. El impacto que esta utilización ha tenido en la estabilidad de las comunidades muestra claras diferencias entre la época prehispánica, colonial y moderna.

Las actividades de caza y recolecta, que ejercieron los grupos autóctonos correspondientes a las épocas prehispánica y colonial, fueron de tal magnitud que no modificaron sustancialmente la estructura y la composición de las comunidades vegetales. Fue hasta la época moderna, cuando se incrementó la diversidad de los pueblos, así como la adopción de nuevas tecnologías, que propiciaron el cambio en la estructura original de la vegetación de la Cuenca, hasta llevarla, en algunos casos, a un grado de deterioro extremo. Las principales causas que han provocado el deterioro de las comunidades vegetales de la Cuenca son:

3.10.1 Agricultura

Se practica en un área muy reducida, que representa menos del 9 % de las superficies de los municipios de Tolimán, Peñamiller y Cadereyta, extendiéndose principalmente a la zona boscosa, donde la tala inmoderada para abrir terrenos a la agricultura ha provocado que grandes superficies de la sierra estén actualmente deforestadas por completo.

En estos sitios, los cultivos más importantes son el maíz, frijol, cebada y garbanzo. En algunos sitios se siembran frutales como manzana, durazno, pera y tejocote.

En las partes secas de la Cuenca, también se practica la agricultura, distribuida principalmente a lo largo de los ríos y arroyos. En estas zonas más secas se presentan parcelas de cultivo abandonadas, que reflejan el intento fracasado de realizar siembras de temporal en la región.

3.10.2 Ganadería

La ganadería es una fuente de ingresos importantes para los habitantes de esta región. Los tipos de ganado que existen son: vacuno, caprino, lanar, asnal y porcino; además de un número importante de aves de corral. De estos, el ganado caprino y las aves son los más abundantes.

Esta actividad tampoco ha tenido gran éxito en la zona, debido a la escasez de pastos forrajeros en los matorrales, así como por las continuas sequías que ocurren en la zona; en estas

condiciones, las cabras han tenido una mayor posibilidad de sobrevivir, pues en época de sequía son capaces de alimentarse de nopales y de biznagas que conservan un poco de agua, a pesar de esto, cuando la sequía es muy prolongada las cabras llegan a morir.

El ganado caprino es uno de los principales transformadores de la estructura de las comunidades vegetales de la Cuenca, al apacentar o ramonear los zacates y arbustos más apetentes, propician su desaparición y reemplazo por otras especies de menor valor forrajero.

3.10.3 Explotación forestal

El manejo de los bosques de pino-encino ha sido muy intenso. Por un lado, se talan grandes superficies para convertirlas en zonas agrícolas y por el otro, se recolecta la semilla en especial de los piñoneros, los que en general no se talan, sino que sólo se aprovecha la producción de piñón para venderlo. La extracción continua de las semillas ha implicado una reducción en su tasa reproductora.

Otra forma de explotación forestal es la extracción de madera, que se emplea principalmente para leña y fabricación de carbón.

3.10.4 Minería

La minería ha representado desde tiempos prehispánicos un trabajo seguro para la región. Los principales minerales extraídos son: plomo, zinc, antimonio, plata, oro y pequeñas cantidades de cobre, manganeso, mercurio y arsénico.

Los efectos que la minería tiene sobre las comunidades vegetales son muy localizados, en el área cercana a los mismos, en donde los tiraderos de escombros y los caminos destruyen a la vegetación. La madera necesaria para los trabajos se trae de los bosques de pino.

3.10.5 Uso y recolección de plantas

Los habitantes de la región hacen uso de una amplia variedad de plantas silvestres. La mayoría de ellas son recogidas sólo cuando se necesitan, pero otras representan un recurso adicional significativo y se colectan durante todo el año, para ser vendidas en grandes cantidades en Cadereyta y San Juan del Río.

Los usos más comunes que se les da a estas plantas son: para la construcción de casas, para la alimentación, como medicinas y para la elaboración de artesanías.

En el tipo de construcción de las casas existen marcadas diferencias entre las de la parte árida y la fría. En la primera, la mayoría de las construcciones son de piedras unidas con lodo y techadas con junquillo (*Dasyilirion longissimum*), las cercas y corrales suelen ser de piedras sobrepuestas o de cercos vivos de órganos (*Stenocereus marginatus*) o de chiquiña (*Fouquieria splendens*). En las rancherías o en los mismos pueblos, existen gran cantidad de chozas rústicas construidas con chiquiña, varas de sauce (*Salix* sp.) o mezquite (*Prosopis laevigata*) y techadas con junquillo; también se han observado algunas de estas casas techadas con pencas de maguey (*Agave* spp.).

En la parte fría de la sierra las casas están construidas principalmente de madera de pino y encino y son techadas con tejas o láminas de zinc.

La recolección de nopales y frutos de cactáceas tiene un papel preponderante, entre éstas encontramos a las tunas de diferentes especies de nopales (*Opuntia* spp.), los garambullos (*Myrtillocactus geometrizans*), las pitayas (*Stenocereus queretaroensis*) y el guamishi (*Ferocactus histrix*) que se encuentran en todos los mercados de la región. La costumbre de hacer atole y tamales de mezquite o mezquitamal aún perdura, sobre todo entre la población indígena. Se ha registrado también el uso de la inflorescencia tierna de yuca que se come capeada con huevo y algo notable es que a la inflorescencia de la zábila (*Aloe* sp.), llamada chaveles, se le da un uso parecido.

Entre las plantas medicinales sobresalen el peyote, la gobernadora (que se toma en infusión “para los riñones”); la manita de león (*Selaginella* sp.), que se toma también en infusión para aliviar el mal de los riñones; del chiquiña u ocotillo se emplea la infusión de un trozo del tallo para aliviar la tos; la hierba del pastor (*Turnera diffusa*), en infusión para calmar los dolores de estómago; la damiana (*Chrysactinia mexicana*) se toma como té, al igual que el pericón (*Tagetes lucida*); la zábila (*Aloe vera*) se emplea para curar golpes y heridas, etc.

El sauce es la planta más usada en la artesanía, ya que sus ramas jóvenes son colectadas en grandes cantidades y son vendidas (ya sin corteza) en San Juan del Río, en donde se utilizan en la construcción de canastos y de otros objetos que allí se elaboran.

Algunas de las plantas que se han mencionado se usan tradicionalmente en todo México, por lo que son explotadas en cantidades industriales y vendidas fuera del área. Entre éstas se encuentran la gobernadora, la hierba del pastor, el orégano, los garambullos, las tunas, los piñones, etc. La recolección y ramoneo de estas plantas se realiza todos los años y en pocos casos ha afectado drásticamente a las poblaciones vegetales.

Dos especies ampliamente usadas en el norte del país y que se encuentran en la zona de estudio sin que se haga uso de ellas son, la lechugilla (*Agave lechuguilla*) y la candelilla (*Euphorbia antisyphilitica*).

4. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio tiene su sustento en gran parte en el trabajo de campo realizado en tres matorrales xerófilos de la Cuenca Hidrográfica del Río Estórax, durante 1998 y 1999.

En este apartado únicamente se presenta la metodología general de la elección de los sitios de muestreo.

4.1 Elección de los sitios de muestreo

Se realizó un recorrido por los principales municipios de la Cuenca donde se reportan matorrales xerófilos con presencia de especies del género *Mimosa* (Zamudio, 1984; Zamudio *et al.*, 1992; Grether *et al.*, en prensa), con el fin de localizar aquellas áreas naturales donde estas especies estuvieran presentes.

Se eligieron tres sitios de estudio de acuerdo a la presencia de cuatro especies del género *Mimosa*:

El sitio 1 se localizó a 5 km al este-noreste de San Pablo Tolimán en el municipio de Tolimán (20° 51.6' N, 99° 51.3' W) a una altitud de 2,140 m sobre el lado suroeste de una pendiente con la presencia de *Mimosa lacerata* y *M. depauperata*. La precipitación anual y la temperatura media anual (promedio de 25 y 23 años) son de 370.9 mm y 20 °C respectivamente.

El sitio 2 se localizó a 6 km al noreste de Higuierillas (20° 56' N, 99° 45' W) en una planicie a 1,845 m de altitud, con la presencia de *M. similis*, y el sitio 3 a 6 km al norte de San Javier Sombrerete (20° 36'N, 99°44' W) en un terreno ondulado a una altitud de 2,460 m con la

presencia de *M. texana* var. *texana*; ambas localidades pertenecen al Municipio de Cadereyta, donde la precipitación anual y la temperatura media anual (promedio de 15 y 6 años) son de 454 mm y 16.8 °C respectivamente (Fig. 4.1).

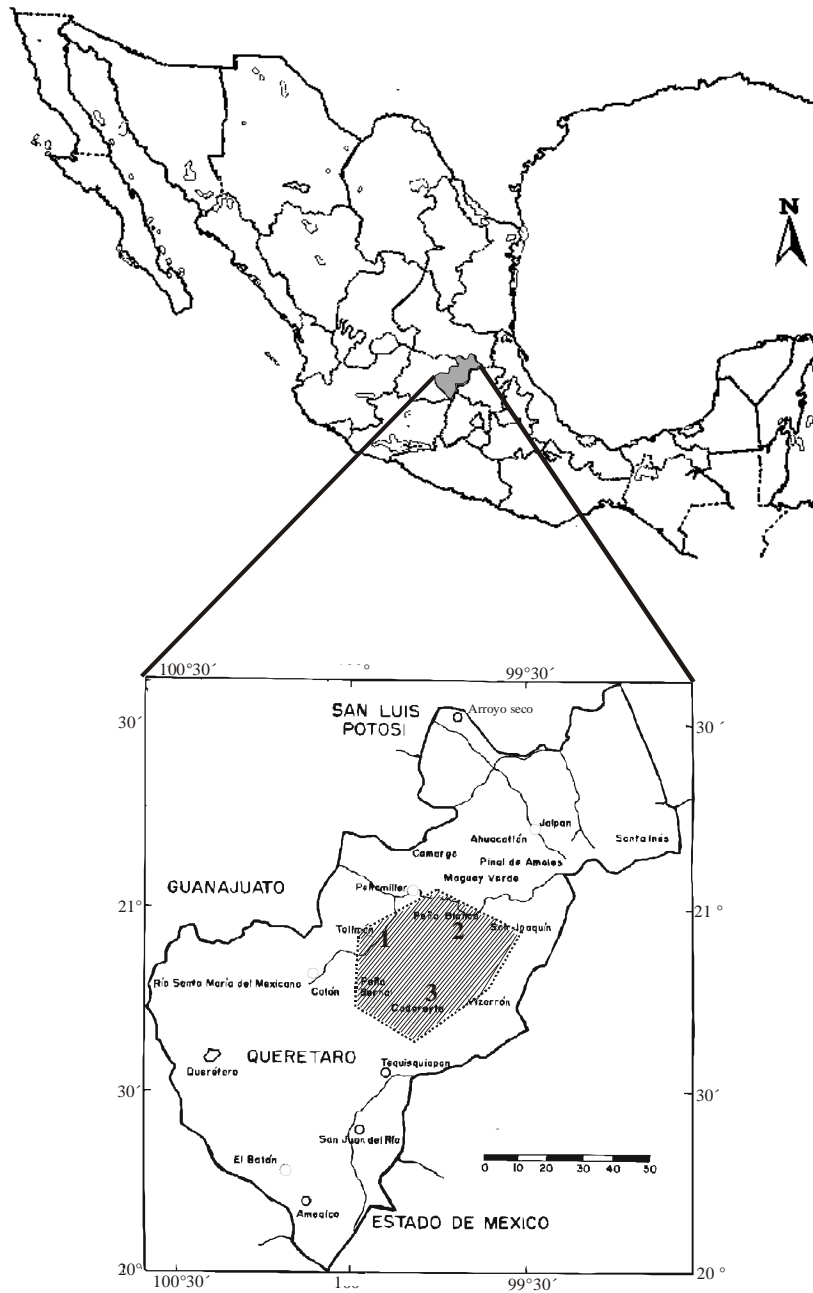


Figura 4.1 Localización de los sitios de muestreo. Sitio 1: 5 km al este-noreste de San Pablo Tolimán, municipio de Tolimán; sitio 2: 6 km al noreste de Higuerrillas, municipio de Cadereyta; sitio 3: 6 km al norte de San Javier Sombrerete, municipio de Cadereyta.

4.2 Delimitación de las áreas de muestreo

Para delimitar el área de muestreo en cada sitio de estudio, se aplicó el método de área mínima, basado en puntos anidados (Franco *et al.*, 1989).

4.3 Recolección de ejemplares de herbario e identificación

Una vez delimitada el área de muestreo en cada sitio de estudio, se recolectaron ejemplares de las especies de *Mimosa* en la época de floración, para su identificación por medio de claves y comparación con descripciones y colecciones de herbario.

Los materiales y métodos particulares para el estudio taxonómico, la fenología, la germinación de semillas, la morfología de plántulas y crecimiento postemergente, las reservas de semillas en el suelo y la vegetación asociada al dosel, así como las características edáficas se describen en los capítulos correspondientes.

5. Taxonomía

5.1 Introducción y Antecedentes

El género *Mimosa* L. pertenece a la familia Leguminosae, que es una de las seis más grandes de las angiospermas, junto con las Compositae, Orchidaceae, Gramineae, Cactaceae y Rubiaceae (Sosa y Dávila, 1994).

La familia Leguminosae comprende tres subfamilias: Caesalpinoideae, Papilionoideae y Mimosoideae. Esta última está constituida por árboles, arbustos y bejucos, aunque algunos miembros de la subfamilia son herbáceos, principalmente tropicales y subtropicales; cuenta con aproximadamente 50-60 géneros y ca. 2,000 especies; casi dos terceras partes de las especies conocidas de Mimosoideae se agrupan en tres géneros: *Acacia* con 1,200, *Mimosa* con 500-510 e *Inga* con 350-400 (Elias, 1981). Se distinguen de los miembros de las subfamilias Caesalpinoideae y Papilionoideae por sus flores actinomorfas con pétalos valvados y por el polen con tendencia a presentarse asociado en grupos (Guinet, 1981).

El género *Mimosa* se ubica dentro de la subfamilia Mimosoideae, en la tribu Mimoseae. Se conocen 500-510 especies, la mayor parte de ellas distribuidas en América (ca. 90 %), algunas en Asia, África y Madagascar y unas cuantas introducidas en Australia (Burkart, 1948; Elias, 1974; Polhill *et al.*, 1981; Barneby, 1991).

La mayor diversidad se presenta en los trópicos a altitudes bajas y medias, y unas cuantas especies se extienden hacia el norte, en zonas templadas de los Estados Unidos y hacia el sur, en regiones templadas de Argentina (Barneby, 1991).

Las revisiones taxonómicas más importantes del género en América han sido las realizadas por Willdenow (1806); De Candolle (1825); Bentham (1875); Robinson (1898); Britton & Rose (1928); Burkart (1948) y Barneby (1991).

La historia nomenclatural del género es compleja y ha sido discutida por Grether (1997). La revisión más reciente del género es la publicada por Barneby (1991), que incluye las especies americanas del género; su clasificación es diferente de las anteriores, dividiendo al género en cinco secciones, sin considerar el número de estambres como carácter fundamental:

Sección **Mimadenia** Barneby: con nectarios peciolares; flores diplostémonas (con estambres en número doble que los lóbulos de la corola) o haplostémonas (con estambres tan numerosos como los lóbulos de la corola); anteras ovadas en vista dorsal, nunca con glándula terminal; fruto articulado o con valvas enteras.

Sección **Batocaulon** DC.: sin nectarios peciolares; flores diplostémonas, (excepcionalmente con flores haplostémonas, pero entonces sin setas ramificadas o basalmente ensanchadas); tricomas todos simples, si algunos son setiformes, entonces los cilios de los folíolos no están ensanchados basalmente; perianto nunca amarillo.

Sección **Calothamnos** Barneby: sin nectarios peciolares; flores haplostémonas, a veces con una hilera interna de estaminodios; tricomas ramulosos arborescentes o esteliformes; perianto a menudo amarillo.

Sección **Habbasia** DC.: sin nectarios peciolares; flores diplostémonas; tricomas, incluyendo algunos cilios de los folíolos, basalmente ensanchados y setiformes; perianto nunca amarillo.

Sección **Mimosa**: sin nectarios peciolares; flores haplostémonas; tricomas, con pocas excepciones, simples; cilios de los folíolos y a menudo otros tricomas setiformes, basalmente ensanchados; perianto nunca amarillo.

Las especies, objeto de este estudio, *Mimosa depauperata* Benth., *M. lacerata* Rose, *M. similis* Britton & Rose y *M. texana* (A. Gray) Small var. *texana* corresponden a la sección **Batocaulon**.

De México, se conocen 110 especies, lo que representa el 21% del total del género, por lo que nuestro país ocupa el segundo lugar en riqueza de especies de *Mimosa*, después de Brasil. Del total de especies existentes en México, el 56% son endémicas y crecen principalmente en regiones áridas y semiáridas.

La taxonomía del género *Mimosa* ha sido estudiada para la Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes, incluyendo los estados de Guanajuato, Querétaro y norte de Michoacán. En esta región se han encontrado 14 especies, de las cuales, 11 crecen en el estado de Querétaro (*Mimosa aculeaticarpa* Ort. var. *aculeaticarpa*, *M. albida* Humb. & Bonpl. ex Willd. var. *albida*, *M. biuncifera* Benth., *M. depauperata* Benth., *M. lacerata* Rose, *M. leucaenoides* Benth., *M. monancistra* Benth., *M. pringlei* S. Wats., *M. rhodocarpa* (Britton & Rose) R.

Grether, *M. similis* Britton & Rose y *M. texana* (A. Gray) Small var. *texana*) (Grether *et al.*, en prensa).

Mimosa depauperata se encuentra en los matorrales xérofilos de la parte central de Querétaro, con frecuencia en vegetación secundaria derivada de las minas y a orillas de caminos y terrenos abandonados, en elevaciones de 1,600-2,200 m.

M. lacerata se encuentra también en la parte central del estado, en matorrales xérofilos y en sitios principalmente perturbados, en altitudes de 1,050-2,250 m.

M. similis es una especie abundante, pero de distribución más restringida, conocida en el área del Bajío solamente de los municipios de Victoria y Xichú en el extremo noreste de Guanajuato, así como en los de Peñamiller, Tolimán y Cadereyta en el centro de Querétaro, es uno de los elementos dominantes en matorrales xérofilos, en altitudes de 1,400-2,450 m. *M. texana* var. *texana* se localiza también en los matorrales xérofilos y en bosque tropical caducifolio de Guanajuato y Querétaro, en elevaciones de 1,650 - 2,450 m.

Las características morfológicas de las cuatro especies permiten diferenciarlas en campo; sin embargo, *M. texana* var. *texana* presenta caracteres muy similares a los de *M. biuncifera*, la cual también se encuentra en la zona de estudio, por lo que la elaboración de una clave facilita la identificación de estas especies en el campo.

5.2 Objetivo

Presentar la nomenclatura y la descripción morfológica de *Mimosa depauperata*, *M. lacerata*, *M. similis* y *M. texana* var. *texana*, así como una clave para su identificación.

5.3 Materiales y Métodos

Se recolectaron ejemplares de herbario durante un ciclo anual para cada una de las especies bajo estudio, en tres comunidades vegetales de la zona semiárida de la Cuenca del Río Estórax (Fig. 4.1).

Para la recolección de material en el campo se emplearon las técnicas usuales de recolección, prensado y secado de los ejemplares para herbario (Lot y Chiang, 1986; Bridson y Forman, 1999), preparando de 4 a 6 duplicados de cada número recolectado. Del mismo modo, se

midió la altura de cada uno de los individuos de donde se tomaron los ejemplares para herbario.

El material recolectado durante el desarrollo del proyecto se procesó de acuerdo a las técnicas de herbario indicadas a continuación:

Identificación por medio de claves y comparación con descripciones y con colecciones de referencia.

Procesamiento de los ejemplares para su incorporación al herbario Metropolitano (UAMIZ), siguiendo las técnicas usuales de montaje, etiquetado, registro e incorporación a la colección (Lot y Chiang, 1986; Bridson y Forman, 1999).

Se hicieron mediciones de las estructuras foliares, florales, frutos y semillas. Se elaboró una clave para la identificación de las especies y se presenta la descripción morfológica de cada una de ellas.

5.4 Resultados

5.4.1 Descripción del género *Mimosa*

La descripción del género *Mimosa* que se presenta a continuación, ha sido tomada de Grether *et al.*, (en prensa).

***Mimosa* L.**, Sp. Pl. 1: 516. 1753.

Acanthopteron Britt., North Amer. Fl. 23: 179. 1928.

Mimosopsis Britt. & Rose, North Amer. Fl. 23: 174. 1928.

Plantas arbustivas, o a veces arborescentes o herbáceas, por lo general erectas, en ocasiones rastreras, decumbentes o trepadoras; ramas rollizas, estriadas o acostilladas, generalmente armadas con aguijones infraestipulares o en los entrenudos, dispuestos irregularmente o a lo largo de las costillas, a veces inermes; hojas bipinnadas, paripinnadas, con estípulas pequeñas, peciolo glanduloso o rara vez con una glándula en la base, pares de pinnas uno a numerosos, pares de foliolos por pinna uno a numerosos; inflorescencias en forma de capítulos globosos a subglobosos, de espigas o rara vez de racimos, laxos o densos, axilares y solitarios o en fascículos o dispuestos en ramas racemiformes o paniculiformes, o bien, en racimos o panículas axilares o terminales, pedúnculos generalmente inermes, rara vez espinosos,

brácteas florales de $1/6$ a $3/4$ de la longitud de la corola a más largas que ésta; flores sésiles o pediceladas, todas hermafroditas o, en ocasiones algunas flores estaminadas, similares en forma y tamaño a las primeras, dispuestas en la porción inferior de la inflorescencia, rara vez todas las flores estaminadas; cáliz gamosépalo, con 4 ó 5 lóbulos valvados, campanulado o laciniado, rara vez en forma de vilano reducido a unas cuantas setas, de $1/10$ a $2/3$ de la longitud de la corola; corola gamopétala, de 4 ó 5 lóbulos valvados, de (1.2)1.3 a 8(10) mm de largo, blanca, rosada o purpúrea al menos en los lóbulos, éstos libres en $1/5$ a $2/3$ de la longitud de la corola; estambres del mismo número (flores haplostémonas) o del doble de los lóbulos de la corola (flores diplostémonas), filamentos libres o rara vez fusionados en la base, exertos, blancos o color de rosa a lila, rara vez formando estaminodios, anteras glandulosas, dorsifijas, introrsas; ovario sésil a estipitado, glabro a pubescente o setoso, estilo filiforme, más largo que los estambres, con el extremo apical generalmente atenuado, en ocasiones cupuliforme u oblicuamente infundibuliforme o tubular, el estigma formado por un poro terminal; legumbre linear, lanceolada u oblonga a anchamente oblonga, elíptica o tetragonal, recta a curvada, comprimida o no comprimida entre las semillas, valvas divididas en segmentos transversales (artejos) o indivisas, generalmente más anchas que el margen, inermes a espinosas, glabras o con diversos tipos de indumento, sésil a estipitada, margen persistente, generalmente angosto, rara vez tan ancho como las valvas o más ancho que éstas, espinoso, setoso, lacerado o inerme, ápice agudo, mucronado, acuminado, apiculado, rostrado, aristado, cuspidado, u obtuso; semillas lenticulares, más o menos isodiamétricas, elípticas u oblongas, en ocasiones tetragonales o rómbicas, testa lisa o porosa, ocre a pardo-rojiza o negra, con línea fisural bien definida, de $1/5$ a $3/4(5/6)$ de la longitud de la semilla.

5.4.2 Clave para la identificación de las cuatro especies del género *Mimosa*:

1 Legumbre dividida en artejos.

2 Arbustos con ramificación divaricada. Capítulos siempre globosos, axilares, solitarios o dispuestos en fascículos; pedúnculos de 2 a 6 mm de largo; capítulos de 0.6 a 1 cm de diámetro; cáliz de $1/5-1/3$ de la longitud de la corola; legumbres con valvas tomentosas, no setosas y margen dorsal espinoso *M. depauperata*

2 Arbustos con ramificación difusa. Capítulos globosos a subglobosos, dispuestos en ramas racemiformes de 3 a 6 cm de largo y axilares solitarios y en fascículos; pedúnculos hasta 2.5 cm de largo; capítulos de 1 a 1.6 cm de diámetro; cáliz de $1/3-1/2$ de la longitud de la corola; legumbre con valvas y margen tomentosos y setosos. *M. similis*

1 Legumbre con valvas enteras.

3 Arbustos de 90 cm a 1.4 m de alto. Ramas armadas con aguijones pareados, grandes, rectos a ligeramente recurvados, muy ensanchados en la base; flores tetrámeras; capítulos hasta 2 cm de diámetro; pinnas 3-7 (10) pares; folíolos 8-15 (18) pares, lineares a lanceolados u oblongos; legumbre hasta 10 mm de ancho con margen lacerado. *M. lacerata*

3 Arbustos de 15 a 75 cm de alto. Ramas armadas con aguijones solitarios, rara vez pareados o en grupos de 3, siempre recurvados, poco ensanchados en la base; flores pentámeras; capítulos hasta 1.5 cm de diámetro; pinnas 1-3 pares; folíolos 4-7 pares, oblongos a elípticos; legumbre hasta 7 mm de ancho con margen espinoso a inerme. *M. texana* var. *texana*

5.4.3 Descripciones morfológicas de las poblaciones estudiadas

Las siguientes descripciones se basan en las poblaciones estudiadas en los tres sitios de muestreo:

Mimosa depauperata Benth., Pl. Hartw. p. 13. 1839.

Arbusto de 75 cm a 1.10 m; ramas jóvenes estriadas a ligeramente acostilladas, puberulentas, ramas maduras rollizas a estriadas, glabras, rara vez puberulentas, armadas con aguijones infraestipulares, solitarios, recurvados; estípulas lineares a subuladas, de 1.0 a 2.0 mm de largo, puberulentas, en ocasiones con puntos resinosos, márgenes ciliados, peciolo estriado a acostillado, de 3.0 a 11 mm de largo, puberulento a tomentoso, rara vez con puntos resinosos, inerme, pinnas 1 ó 2 pares, folíolos 2 ó 3 pares, oblicuamente oblongos a elípticos, de 1.8 a 3.0 (3.2) mm de largo, de 1 a 2.0 mm de ancho, ápice agudo a mucronulado u obtuso, márgenes ciliados, haz y envés seríceos, glabrescentes, con una nervadura excéntrica prominente en el envés; capítulos globosos, de 0.6 a 1.1 cm de diámetro, laxos, axilares, solitarios o en fascículos de 2, pedúnculos rollizos a estriados, de 0.2 a 0.6 cm de largo, puberulentos a tomentulosos, inermes, brácteas lineares, linear-lanceoladas a espatuladas, de 1/4 de la longitud de la corola, puberulentas a tomentosas, margen ciliado; flores hemafroditas, pediceladas, raramente sésiles, pedicelo de 0.1 a 0.5 mm de largo; cáliz campanulado, 4–5-lobado, de 1/5-1/3 de la longitud de la corola, puberulento, margen ciliado; corola 4-lobada, de 1.5 a 2.5 mm de largo, glabra a puberulenta, rosada a purpúrea, los lóbulos libres en 1/2 de la longitud de la corola; estambres (7)8 a 10, filamentos libres, de color lila; ovario largamente estipitado, puberulento a tomentuloso, el extremo apical del estilo atenuado; legumbre linear, de 2.5 a 5.5 cm de largo, de 4 a 5 mm de ancho, curvada, comprimida entre las semillas, de 3 a 8 artejos, valvas tomentosas, estipitada, estípite de 6 mm de largo, margen dorsal espinoso, ápice cuspidado; semillas lenticulares de 2.0 a 3.5 mm de largo, de 1.8 a 2.5 mm de ancho, de 1.5 a 2.2 mm de grosor, testa parda, lisa a estriada, línea fisural de 1/2 de la longitud de la semilla (Figs. 5.1 y 5.2).

En la zona se utiliza como forraje y para leña.

Nombres comunes registrados en la zona: gatillo, uña de gato.

Nombre común registrado fuera de la zona de estudio: huizache (Grether *et al.*, en prensa).



Figura 5.1 *Mimosa depauperata* en floración.

a)



b)



Figura 5.2 *Mimosa depauperata* a) fructificación, se observan los frutos con valvas divididas en artejos y el margen dorsal espinoso; b) foliación.

Mimosa lacerata Rose, Contr. U.S. Natl. Herb. 5: 141. 1897. *Acanthopteron laceratum* (Rose) Britt., North Amer. Fl. 23: 179. 1928.

Arbusto de 90 cm a 1.40 m de alto; ramas jóvenes estriadas a ligeramente acostilladas, pardo-rojizas, glabras, rara vez puberulentas, ramas maduras rollizas, generalmente grisáceas, glabras, ocasionalmente puberulentas, armadas con agujones infraestipulares, pareados, grandes, rectos a ligeramente recurvados, muy ensanchados en la base; estípulas lineares a subuladas, de (0.5) 1.5 a 3.5 mm de largo, puberulentas a tomentulosas, márgenes ciliados, peciolo estriado a acostillado, de (1.5)3 a 7(10) mm de largo, puberulento a tomentuloso, inerme, pinnas (2)3-7(10) pares, folíolos 8-15(18) pares, oblicuamente lineares a lanceolados u oblongos, de 2 a 4(8) mm de largo, de 0.4 a 1 (2) mm de ancho, haz glabro, envés glabro a puberulento, con nervación reticulada prominente, ápice agudo a obtuso, márgenes ciliados; capítulos globosos, de 1 a 2 cm de diámetro, densos, axilares, solitarios o dispuestos en fascículos de 2 a 5, pedúnculos rollizos a ligeramente acostillados de 0.8 a 2(2.5) cm de largo, puberulentos a tomentulosos, con puntos resinosos, inermes, brácteas espatuladas, rara vez lineares, de 1/3 de la longitud de la corola, tomentosas, con puntos resinosos; flores hemafroditas, sésiles; cáliz campanulado, 4-lobado, de 1/5 a 1/3 de la longitud de la corola, puberulento a tomentoso, margen ciliado; corola 4-lobada, de 1.8(2) a 3 mm de largo, lóbulos pubescentes, rosada a púrpurea, los lóbulos libres en 1/5 a 1/3 de la longitud de la corola; estambres 8, filamentos libres, de color rosa a púrpura; ovario ligeramente estipitado, puberulento a tomentuloso, el extremo apical del estilo atenuado; legumbre anchamente oblonga, de 2.5 a 4(6.3) cm de largo, de 5 a 10 mm de ancho, recta a ligeramente curvada, no comprimida entre las semillas, valvas enteras, glabras, con nervación reticulada prominente y puntos resinosos, estipitada, estípite de 0.5 a 1.5(10) mm de largo, margen lacerado, ápice mucronado, apiculado a cuspidado; semillas lenticulares de 3 a 4 mm de largo, de 2.2 a 3.4 mm de ancho, de 1.1 a 1.5 mm de grosor, testa parda oscura a negra, lisa a porosa, línea fisural de 1/5 a 1/4 de la longitud de la semilla (Figs. 5.3 y 5.4).

Sirve como forraje para ganado caprino y ovino.

Nombres comunes registrados fuera de la zona de estudio: mezquite, ña de gato, tecolhistle (Grether *et al.*, en prensa).

a)



b)



Figura 5.3 *Mimosa lacerata*: a) floración; b) rama madura con inflorescencias y aguijones pareados, recurvados muy ensanchados en la base.



Figura 5.4 *Mimosa lacerata*. En fructificación; se observan los frutos con margen lacerado.

Mimosa similis Britt. & Rose, North Amer. Fl. 23: 166. 1928.

Arbusto de 50 cm a 1.30 m de alto, ramas jóvenes acostilladas, puberulentas a tomentosas, rojizas, ramas maduras estriadas, glabras a puberulentas, grisáceas, armadas con aguijones infraestipulares solitarios, rectos a recurvados; estípulas lineares a subuladas, de 1.5 a 3.5 mm de largo, tomentulosas, pecíolo acostillado, de 0.5 a 2 cm de largo, puberulento a tomentuloso, inerme; raquis primario inerme a espinoso, pinnas 1 a 3(4) pares, folíolos 2 a 3(6) pares, oblicuamente oblongos a anchamente oblongos o elípticos u obovados, de 3 a 4 mm de largo, de 1.2 a 3 mm de ancho, ápice agudo a mucronulado u obtuso, márgenes escasamente ciliados, haz glabro a puberulento, envés puberulento a escasamente seríceo, con una nervadura prominente, folíolos separados por segmentos del raquis secundario de 3 a 5 mm; capítulos globosos, de 1 a 1.5 cm de diámetro, rara vez subglobosos, de 1 a 1.5 cm de largo y 1 a 2 cm de ancho, laxos, axilares, solitarios o dispuestos en fascículos de 2(3), o bien, en ramas racemiformes de 3 a 6 cm de largo, pedúnculos estriados a acostillados, de 0.5 a 2.5 cm de largo, pubescentes a tomentosos, inermes, rara vez con espinas escasas, brácteas espatuladas, de 1/3 de la longitud de la corola, seríceas, márgenes ciliados; flores hemafroditas, sésiles; cáliz campanulado, 5-lobado, de 1/3-1/2 de la longitud de la corola, tomentoso a seríceo, margen ciliado; corola 5-lobada, de 2 a 3 mm de largo, tomentosa o serícea, purpúrea, los lóbulos libres en 1/3 de la longitud de la corola; estambres (8)10, filamentos libres, de color lila; ovario estipitado, pubescente a tomentoso, el extremo apical del estilo atenuado; legumbre linear-oblonga, de 2.5 a 4.5 cm de largo, de 3 a 5 mm de ancho, curvada, comprimida entre las semillas, con 3 a 8 artejos, valvas densamente tomentosas, cortamente setosas, setas densamente barbeladas, cortamente estipitada, estípites de 0.5 mm de largo, margen escasamente setoso o desprovisto de setas, ápice acuminado a cuspidado; semillas lenticulares de 2.5 a 4 mm de largo, de 2.5 a 3 mm de ancho, de 1.5 a 2 mm de grosor, testa parda oscura a negra, porosa, brillante, línea fisural de 1/3 de la longitud de la semilla (Figs. 5.5 y 5.6).

En la región esta planta se aprovecha como forraje para el ganado caprino y ovino.

a)



b)



Figura 5.5 *Mimosa similis*: a) floración; b) frutos con valvas divididas en artejos densamente tomentosos y setosos.

c)



d)



Figura 5.6 *Mimosa similis*: c) foliación, se observan algunos frutos maduros; d) legumbres con margen setoso y ápice acuminado.

Mimosa texana (A. Gray) Small, Bull. New York Bot. Gard. 2: 99. 1901. *M. borealis* var.(?)
texana A gray, Pl. Wright. 1: 61. 1852.

Arbusto de (20)30 cm a 2 m de alto o árbol de 2 a 3 m de alto; ramas jóvenes estriadas a acostilladas, rojizas y puberulentas, con puntos resinosos, ramas maduras rollizas a estriadas, glabrescentes, armadas con aguijones infraestipulares, solitarios, a veces pareados o en grupos de tres, recurvados; estípulas lineares a subuladas, de 1.5 a 5.5 mm de largo, glabras a puberulentas, márgenes ciliados o desprovistos de cilios, peciolo estriado a acostillado, de 3 a 9(12) mm de largo, puberulento a pubescente, inerte a ligeramente espinoso, raquis primario inerte a espinoso, pinnas 1-6 pares, folíolos 3-10 pares, oblicuamente lineares u oblongos a elípticos, de 1.5 a 4 mm de largo, de 0.5 a 2 mm de ancho, ápice obtuso o agudo, márgenes ciliados, haz glabro, envés glabro a puberulento; capítulos globosos, de 0.8 a 1.5 cm de diámetro, laxos o densos, axilares, solitarios o dispuestos en fascículos de 2 a 5, pedúnculos estriados o acostillados, de 0.5 a 2.5 cm de largo, puberulentos a pubescentes, en ocasiones con puntos resinosos, inermes, brácteas lineares u oblanceoladas, de 1/3 a 1/2 de la longitud de la corola, glabras o con puntos resinosos, margen ciliado; flores hermafroditas, sésiles; cáliz campanulado, 5-lobado, de 1/3 a 1/2(2/3) de la longitud de la corola, glabro a puberulento, margen cortamente ciliado o ciliado; corola 5-lobada, de 2.2 a 4 mm de largo, glabra a puberulenta, de color rosa a púrpura, los lóbulos libres en 1/5 a 1/3 de la longitud de la corola; estambres (9)10, filamentos libres, de color blanco o lila; ovario estipitado, glabro o tomentuloso en el ápice, el extremo apical del estilo atenuado; legumbre linear a oblonga, de 1.8 a 4.5 cm de largo, de 4 a 7 mm de ancho, recta a curvada, en ocasiones ligeramente comprimida entre las semillas, valvas enteras, glabras, con nervación reticulada prominente, con puntos resinosos, sésil a cortamente estipitada, estípite de 0.5 a 1 mm de largo, margen espinoso a inerte, ápice agudo a acuminado o aristado; semillas lenticulares u oblongas, de 3.4 a 6.7 mm de largo, de 2.7 a 3.7 mm de ancho, de 0.7 a 2 mm de grosor, testa parda, lisa o porosa, brillante, línea fisural de 1/3 de la longitud de la semilla.

Mimosa texana tiene una amplia distribución en las zonas áridas y semiáridas desde Texas hasta el centro de México. Se reconocen dos variedades, la var. *texana* y la var. *filipes*. En el área de estudio se encuentra la variedad típica.

Mimosa texana (A. Gray) Small var. **texana**

Mimosa wherryana (Britt.) Standl., Trop. Woods 34: 40. 1933. *Mimosopsis wherryana* Britt. North Amer. Fl. 23: 177. 1928.

Arbusto de 15 a 75 cm de alto; ramas armadas con aguijones solitarios, rara vez pareados o en grupos de tres, siempre recurvados, poco ensanchados en la base; estípulas de 1.0 a 4.3 mm de largo, pinnas 1 a 3 pares, folíolos 4 a 7 pares, oblicuamente oblongos a elípticos, de 3 a 4 mm de largo, de 1 a 2 mm de ancho, envés glabro a puberulento, con nervación reticulada prominente; capítulos laxos, de 0.5 a 1.5 cm de diámetro, pedúnculos de 1.0 a 1.5 cm de largo, rara vez con puntos resinosos, brácteas lineares sin puntos resinosos; cáliz de 1/3 de la longitud de la corola, glabro a puberulento, margen cortamente ciliado, corola glabra a puberulenta, de color púrpura, los lóbulos libres en 1/5 a 1/4(1/3) de la longitud de la corola; filamentos siempre blancos; ovario glabro; legumbre oblonga, de 2.5 a 3.2 cm de largo, de 0.5 a 0.7 mm de ancho, recta no comprimida entre las semillas; semillas lenticulares, de 3 a 6 mm de largo, de 2.5 a 4 mm de ancho, de 0.5 a 2 mm de grosor, testa lisa, brillante (Figs. 5.7 y 5.8).

a)



b)



Figura 5.7 *Mimosa texana* var. *texana*: a) foliación; b) ramificación, se observan las ramas maduras armadas con aguijones infraestipulares.

c)



d)



Figura 5.8 *Mimosa texana* var. *texana*: c) fructificación; d) legumbre recta con valvas enteras y margen espinoso.

5.5 Discusión

Al analizar los caracteres morfológicos de las cuatro especies, se encontró que las características de la legumbre son las más importantes para la separación de las especies en dos grupos.

Mimosa depauperata y *M. similis* presentan la legumbre dividida en artejos, mientras que *M. lacerata* y *M. texana* var. *texana* presentan legumbres con valvas enteras.

Las principales características distintivas entre *M. similis* y *M. depauperata* son: el tipo de ramificación; en *M. depauperata* es divaricada y en *M. similis* es difusa; la disposición de los capítulos florales; *Mimosa depauperata* los presenta axilares, solitarios o dispuestos en fascículos, mientras que en *M. similis* están arreglados en ramas racemiformes cortas; la longitud de los pedúnculos florales: en *M. similis* estos son más largos que en *M. depauperata*; el tamaño de los capítulos: en *M. depauperata* son más pequeños que en *M. similis*; el tamaño del cáliz: en *M. depauperata* éste es menor que en *M. similis*; el indumento de la legumbre: en ambas especies, las legumbres son tomentosas, pero en *M. similis* además son setosas.

Los principales caracteres que separan a *M. lacerata* de *M. texana* var. *texana* son: la altura de los individuos: *M. lacerata* es un arbusto más alto que *M. texana* var. *texana*; el número y forma de los aguijones: los de *M. lacerata* son pareados, recurvados y muy ensanchados en la base y los de *M. texana* var. *texana* son generalmente solitarios y poco ensanchados en la base; las flores de *M. lacerata* son tetrámeras y las de *M. texana* var. *texana* son pentámeras; el tamaño de los capítulos florales: los de *M. lacerata* son ligeramente más grandes que los de *M. texana* var. *texana*; el número de pinnas y folíolos: *M. lacerata* presenta un número marcadamente mayor que *M. texana* var. *texana*; el tamaño y forma de la legumbre: en *M. lacerata* es más grande y con margen lacerado, mientras que en *M. texana* var. *texana* la legumbre es más pequeña y más angosta con el margen espinoso o inerme.

En la región del Bajío, *M. depauperata* y *M. lacerata* son elementos comunes y abundantes en los matorrales xerófilos de la parte central de Querétaro; con frecuencia se encuentran en vegetación secundaria derivada de los mismos, así como a la orilla de caminos y terrenos abandonados. *M. depauperata* crece en altitudes de 1,600 a 2,200 msnm, mientras que *M. lacerata* tiene un rango altitudinal más amplio, de 1,050 a 2,250 msnm. La primera florece

de abril a octubre y fructifica de junio a noviembre, mientras que *M. lacerata* tiene períodos más amplios de floración (abril a diciembre) y fructificación (mayo a febrero).

La distribución geográfica de *M. depauperata* se restringe a los estados de Querétaro e Hidalgo, mientras que *M. lacerata*, también endémica de México, tiene una distribución más amplia, encontrándose en los estados de Querétaro, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, México, Morelos, Tlaxcala, Puebla, Guerrero y Oaxaca.

Mimosa similis es uno de los elementos dominantes en matorrales xerófilos, abundante, pero de distribución muy restringida, conocida en la región del Bajío, solamente de los municipios de Victoria y Xichú en el extremo noreste de Guanajuato, así como de los de Peñamiller, Tolimán y Cadereyta en el centro de Querétaro, se extiende también a San Luis Potosí, mientras que *Mimosa texana* var. *texana*, si bien se localiza principalmente en matorrales xerófilos, también se ha encontrado en bosques tropicales caducifolios; esta última se distribuye de Texas hasta el centro de México, encontrándose en Sonora, Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, Durango, San Luis Potosí, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo y Michoacán.

El rango altitudinal en que crecen estas dos especies es similar, siendo ligeramente más amplio para *M. similis* (1,400 a 2,450 msnm), que para *M. texana* (1,650 a 2,450 msnm).

La primera se ha encontrado en floración de mayo a septiembre y en fructificación de junio a noviembre y la última florece de julio a octubre y fructifica de octubre a febrero.

Mimosa depauperata está relacionada con *M. calcicola* B. L. Rob., endémica del Valle de Tehuacán–Cuicatlán, la cual se distingue por sus flores sésiles, corola seríceas y frutos sésiles a cortamente estipitados. Además se asemeja a *M. zygophylla* Benth. por ser un arbusto bajo, espinoso, por sus hojas con muy pocos pares de pinnas y folíolos y sus flores dispuestas en capítulos globosos. *M. zygophylla* se distingue principalmente por sus legumbres con valvas enteras, glabras.

Por otra parte, Barneby (1991) consideró a *M. similis* en la sinonimia de *M. monanctris*. Sin embargo, las colectas realizadas por Grether *et al.* (*en prensa*) en la región han permitido determinar su área de distribución y observar sus características vegetativas y reproductivas. Por lo anterior, estos autores consideran que *M. similis* es una especie diferente, que se distingue de *M. monanctris* por presentar un número menor de pares de pinnas y de folíolos,

estos separados por segmentos del raquis secundario de 1.5 a 3 mm, capítulos generalmente globosos, laxos, axilares y agrupados en ramas racemiformes cortas.

Mimosa texana var. *texana* se distingue claramente de la var. *filipes* (Britt. & Rose) Barneby. Esta última, endémica del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, varía de arbustiva a arbórea y alcanza hasta 3 m de alto, presenta hojas con un mayor número de pares de pinnas y de folíolos, los folíolos sin nervación reticulada prominente, los pedúnculos más largos, las legumbres lineares, más largas y las semillas oblongas, de mayor tamaño, con la testa porosa y de color pardo.

5.6 Conclusiones

Las cuatro especies del género *Mimosa* presentan caracteres morfológicos distintivos que permiten su identificación en campo durante la época de fructificación. La legumbre es el carácter más importante para separar a las especies en dos grupos. *Mimosa depauperata* y *M. similis* presentan la legumbre dividida en artejos; en cambio *M. lacerata* y *M. texana* var. *texana* presentan legumbres con valvas enteras.

6 Predominio ecológico

6.1 Introducción

La vegetación de la Cuenca del Río Estórax ha sido estudiada por Zamudio (1984) y Zamudio *et al.* (1992). Estos autores reportan 715 especies, 387 géneros y 100 familias en la región; sin embargo, no se conoce la distribución espacial de las especies en las diferentes comunidades bióticas.

En todas las comunidades vegetales se presenta una cierta organización espacial. Esta organización es la distribución horizontal de individuos y vertical de hojas, troncos y raíces de las distintas especies y está determinada por factores de distribución de recursos. La forma de ocupar el espacio en el sentido horizontal depende del crecimiento individual y de la manera de reproducirse, mientras que el desarrollo vertical de cada individuo depende, en principio de las características de crecimiento de la especie y de los vecinos que la rodean; naturalmente, el predominio de algunas formas vitales es decisivo en el resultado final (Terradas, 2001).

Las comunidades al igual que las poblaciones poseen un conjunto de atributos que no residen en cada una de las especies que las componen y que revisten un gran significado sólo al nivel de su integración comunitaria. Estos atributos son: diversidad de especies, estructura, formas vitales de crecimiento, predominio, abundancia relativa y estructura trófica. Dentro de estos, el predominio presenta un interés muy particular, porque permite determinar la importancia de las especies dentro de las comunidades, por ejercer un control en la dinámica y funcionamiento de la comunidad, en virtud de su tamaño, el número de individuos o sus actividades. Las especies dominantes son las que tienen un elevado índice de éxito ecológico y determinan en gran parte las condiciones bajo las cuales crecen las especies con ellas vinculadas (Krebs, 1978).

Las especies de la familia Leguminosae están bien representadas en la vegetación de la Cuenca (Zamudio, 1984), su abundancia indica que muchas de ellas son elementos dominantes, codominantes y clave, donde su participación en la dinámica y en la estructura de las comunidades podría ser relevante. Algunos de los géneros de la familia Leguminosae registrados en los matorrales xerófilos de la Cuenca son: *Acacia*, *Albizia*, *Calliandra*, *Cassia*,

Dalea, *Desmodium*, *Diphysa*, *Erythrina*, *Eysenhardtia*, *Galactia*, *Harpalyce*, *Indigofera*, *Leucaena*, *Lonchocarpus*, *Lysiloma*, *Mimosa*, *Neptunia*, *Nissolia*, *Phaseolus*, *Pithecelobium*, *Prosopis*, *Sophora* y *Zornia* (Zamudio, 1984); sin embargo, para ninguna de las especies de estos géneros se conoce su contribución tanto en la estructura, como en la dinámica de las comunidades.

Por otro lado, diversas especies del género *Mimosa* también están bien representadas en los matorrales xerófilos de la Cuenca: *Mimosa aculeaticarpa*, *M. biuncifera*, *M. lacerata*, *M. similis*, *M. depauperata*, *M. texana* var. *texana* son muy frecuentes en los matorrales, mientras *M. leucanoides*, *M. pringlei*, *M. rhodocarpa* y *M. albida*, crecen principalmente en los bosques de pino y encino (Flores, 1982; Zamudio, 1984; Zamudio *et al.*, 1992; Grether *et al.*, (en prensa)).

En la Cuenca del Río Estórax las especies del género *Mimosa* crecen en matorrales con cierto grado de perturbación, ocasionado en gran parte, por el ramoneo de ganado caprino, así como por el aprovechamiento de especies vegetales de importancia económica como el orégano (*Lippia graveolens* H.B.K.), el peyote (*Lophophora difusa* (Croizat) Bravo, la gobernadora (*Larrea tridentata* (DC.) Cov.), el ocotillo (*Fouquieria splendens* Engelm), el pericón (*Tagetes lucida* Cav.) y la zábila (*Aloe barbadensis* Mill.), entre otras (Zamudio, 1984), las cuales son utilizadas y comercializadas por los habitantes de la región.

Los estudios sobre estructura de la vegetación en comunidades secas de México, donde habitan las especies del género *Mimosa* son muy escasos.

Ortiz (2001), estudió la estructura arbórea en sitios perturbados y caracterizados por la presencia de *Mimosa arenosa* var. *leiocarpa*, en el bosque tropical seco de la región de la costa de Jalisco, donde determinó que este taxon es monodominante.

Camargo-Ricalde *et al.* (2002), analizaron seis comunidades del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, donde habitan siete especies de *Mimosa* (*Mimosa calcicola* B.L. Rob. , *M. lacerata* Rose, *M. luisana* Brandegee, *M. polyantha* Benth., *M. purpusii* Brandegee, *M. texana* (A.Gray)Small var. *filipes* (Britton & Rose) Barneby y *M. adenantheroides* (M. Martens & Galeotti) Benth. Estos autores encontraron que todas las especies son elementos dominantes/codominantes en las comunidades donde crecen y que presentan una influencia significativa sobre las características del suelo: pH, materia orgánica y conductividad eléctrica.

En virtud de la falta de información respecto a la participación de las especies del género *Mimosa* en la estructura de las comunidades de zonas secas y a pesar de su abundancia en los matorrales xerófilos de la Cuenca, el presente estudio respondió a las siguientes preguntas: ¿Cuál es la participación de *Mimosa depauperata*, *M. lacerata*, *M. similis* y *M. texana* var. *texana* en las comunidades donde habitan? ¿Son especies dominantes, codominantes o subordinadas? ¿Existe semejanza entre la composición florística de las comunidades vegetales donde crecen estas especies del género *Mimosa*?

6.2 Materiales y Métodos

6.2.1 Localización de los sitios de muestreo

Se eligieron tres comunidades vegetales de matorral xerófilo, donde habitan las cuatro especies bajo estudio (Fig. 4.1), en donde la vegetación es secundaria y corresponde a: Sitio 1: matorral crasicaule secundario; sitio 2: matorral rosetófilo y sitio 3: matorral crasicaule secundario.

6.2.2 Muestreo de la vegetación

Para la descripción de la vegetación en cada uno de los sitios de muestreo, se obtuvo el área mínima de muestreo en el mes de agosto de 1999. Esta área se definió como la más pequeña en la que quedó representada la composición de especies de cada comunidad. Esta área mínima se obtuvo por la metodología de puntos anidados (Franco *et al.*, 1989), a partir de la delimitación de una área de 2 x 2 m (4 m²), dentro de la cual se registraron todas las especies presentes; el área se duplicó sucesivamente y se registraron las especies adicionales que se encontraron en cada duplicación. Se elaboró una gráfica de número de especies por área y se determinó el área mínima para las tres comunidades correspondientes a los tres sitios de muestreo.

Dentro de las áreas mínimas trazadas para cada sitio de muestreo, se ubicó un transecto de 20 m de largo por un metro de ancho, en dirección de la pendiente. Este transecto se dividió en segmentos de 1m y en cada uno de ellos se registraron: a) Árboles, considerando a las plantas leñosas con un tronco principal no ramificado desde la base; b) Arbustos, caracterizados por la presencia de varios tallos leñosos que salen desde la base, tanto erectos como rastreros y

suculentos; c) Herbáceas, erectas, rastreras, trepadoras y d) especies con forma globosa y arrosetada.

Para cada individuo muestreado en el transecto se registró: altura (m) y dos medidas perpendiculares de la cobertura de la copa (m) (Osorio *et al.*, 1996).

6.2.3 Colecta del material botánico

El material de respaldo colectado, fue herborizado e identificado, en la mayoría de los casos hasta el nivel de especie y se encuentra depositado en el Herbario Hortorio del Colegio de Postgraduados (CHAPA).

6.2.4 Predominio de las especies

La estimación del predominio consideró los siguientes atributos (Brower y Zar, 1980):

- a) **Densidad:** Número de individuos de una especie por unidad de área (m²).
- b) **Densidad relativa:** Densidad de una especie en relación a la densidad de todas las especies presentes en el área.
- c) **Frecuencia:** Número de unidades del muestreo en que aparece la especie en cuestión.
- d) **Frecuencia relativa:** Se consideró como la frecuencia de una especie referida a la frecuencia total de todas las especies.
- e) **Predominio:** Derivado de la estimación de la cobertura de todos los individuos de una especie, expresada en m², y calculada a partir de la medición de dos diámetros perpendiculares de los doseles de árboles, arbustos y herbáceas, con base en la siguiente fórmula: $C = ((d_1 + d_2 / 4)^2) 3.1416$

donde:

C= Cobertura promedio

d1= Primer diámetro de cobertura del dosel

d2= Segundo diámetro de cobertura del dosel

- f) **Predominio relativo:** Derivado a partir del predominio de una especie referida al predominio de todas las especies.
- g) **Valor de Importancia (VI):** Suma de los valores relativos de densidad, predominio y frecuencia.

Con los valores de importancia de las especies registradas, se elaboraron histogramas y polígonos de frecuencia con el fin de diferenciar grupos de especies de acuerdo a su predominio (Infante y Zárate, 1990). Para esto, se ordenaron los datos correspondientes a los VI de las especies de cada sitio de muestreo en un cuadro de frecuencias que consideró:

- a) **Clases o intervalos.** Amplitud de los valores numéricos de los datos (valores de importancia).
- b) **Frecuencia absoluta de clase (fi).** Número de observaciones (valores de importancia) que perteneció a cada clase.
- c) **Frecuencia relativa (pi).** Proporción del total de las observaciones que correspondió a cada clase. Para calcularla se dividió la frecuencia absoluta, entre el total de las observaciones.

6.3.4 Índices de diversidad de Shannon Wiener y Simpson

La diversidad de la vegetación en cada sitio de muestreo, se estimó con base en la densidad de cada especie y se aplicaron los índices de Shannon-Wiener y el de Simpson (Krebs, 1985). Este último pondera y le da mayor importancia a las especies más abundantes, mientras que el de Shannon-Wiener da el mismo valor a todas las especies.

El índice de diversidad de Simpson (D):

$$D = 1 - \sum_{i=1}^s (P_i)^2$$

donde P_i = proporción de individuos de la especie i -ésima en la comunidad.

S = Número de especies.

El índice de Shannon-Wiener, (H'), se calculó con base en la fórmula:

$$H' = - \sum_{i=1}^s P_i \ln(P_i)$$

donde: P_i = proporción del total de la muestra que corresponde a la especie i -ésima

S = número de especies

Para probar la hipótesis de que la diversidad de cada sitio de muestreo tiene la misma diversidad o su alternativa de que fueron diferentes, se utilizó el estadístico de la prueba de “t” de student:

$$t = \frac{H_i' - H_j'}{[\text{var}(H_i') + \text{var}(H_j')]^{1/2}}$$

donde: H_i' , H_j' , representan los índices de diversidad en las comunidades 1, 2 y 3 y $\text{var}(H_i')$, $i=1,2$ se obtiene de acuerdo con Poole (1974).

$$\text{var}(H_i') = \frac{\sum_{i=1}^S P_i \ln^2(P_i) - \left[\sum_{i=1}^S P_i \ln(P_i) \right]^2}{N}$$

donde: N = número total de individuos en la comunidad

S = número de especies

Los grados de libertad de t, se obtuvieron calculando:

$$g.l = \frac{[\text{var}(H_i') + \text{var}(H_j')]^2}{\text{var}(H_i')^2 / N_i + \text{var}(H_j')^2 / N_j}$$

donde N_i y N_j , son el número de individuos de las comunidades i-ésima y j-ésima respectivamente.

6.3.5 Índice de semejanza florística de Jaccard entre sitios de muestreo

Este índice es igual a 100 cuando los sitios comparados comparten las mismas especies y 0 si estos no presentan ninguna especie en común (Molina, 1990). El índice de Jaccard fue calculado de la siguiente manera:

$$C_j = i / ((a+b) - i) * 100$$

donde:

C_j = índice de Jaccard.

i = Es el número de especies comunes entre dos comunidades

a = Es el número de especies de la comunidad a

b = Es el número de especies de la comunidad b

6.4 Resultados

6.4.1 Diversidad florística de los tres sitios de muestreo donde habitan las cuatro especies de Mimosa.

Los índices de diversidad de Simpson y Shannon-Wiener, mostraron que la diversidad en los tres sitios de muestreo no fue diferente (Cuadro 6.1). Así mismo, las curvas de área mínima presentaron que el número de especies registradas en los tres sitios, fue similar; sin embargo, el tamaño del área mínima solo fue diferente para el sitio tres, resultando menor que las de los sitios uno y dos (Cuadro 6.2).

Cuadro 6.1 Diversidad florística de los tres sitios de muestreo.

Índices	Sitio 1	Sitio 2	Sitio 3
Simpson	0.88 a	0.92 a	0.90 a
Shannon-Wiener	2.60 a	2.29 a	2.54 a

Cuadro 6.2 Área mínima para los tres sitios de muestreo

	Área (m ²)	No. de especies
Sitio 1	2098	50
Sitio 2	2098	56
Sitio 3	1024	53

En el sitio 1, correspondiente a un matorral secundario crasicaule, con presencia de *Mimosa depauperata* y *M. lacerata*, se identificaron 14 familias, 22 géneros y 25 especies de las cuales, el 24 % son indicadoras de disturbio (Rzedowski y Rzedowski, 1981). Las familias mejor representadas por el número de especies fueron: Cactaceae, Leguminosae y Verbenaceae y las especies mejor representadas, fueron: *Mimosa lacerata*, *Mimosa depauperata*, *Amaranthus hybridus*, *Euphorbia serpyllifolia* y *Turnera difusa* (Cuadro 6.3). La forma de crecimiento predominante en el sitio 1 fue la arbustiva (Fig 6.1). Las especies que presentaron los valores de importancia más altos fueron: *Mimosa lacerata*, *Turnera difusa* y las que presentaron los valores más bajos: *Lantana involucrata*, *Coryphanta erecta* y *Lippia graveolens* (Cuadro 6.3).

Es importante resaltar, que en la fisonomía de este matorral, además de las especies registradas en el transecto, se observó la presencia en los lomeríos de *Myrtillocactus geometrizans*,

Stenocereus dumortieri y *S. queretaroensis* y en las partes intermedias y bajas de *Prosopis laevigata* y *Acacia schaffneri*.

Cuadro 6.3. Densidad, frecuencia, cobertura y valor de importancia de las especies presentes en un matorral secundario crausicaule en el Municipio de Tolimán.

Familia/Especie	F. C.	N.	D	Fq	C	VI
Acanthaceae						
<i>Dyschoriste decumbens</i> Kuntze	Herbácea	2	1.15	2.11	0.03	3.29
Amaranthaceae						
* <i>Amaranthus hybridus</i> L.	Herbácea	45	25.59	8.42	0.99	35.00
<i>Iresine schaffneri</i> S.Watson	Arbustiva	2	1.15	2.11	0.08	3.34
Asteraceae						
<i>Ambrosia cordifolia</i> (A.Gray) W.W.Payne	Subarbustiva	1	0.58	1.05	0.44	2.07
Cactaceae						
<i>Coryphantha erecta</i> Lemaire.	Globosa	1	0.58	1.05	0.01	1.64
<i>Ferocactus latispinus</i> (Haworth) Britt.	Globosa	2	1.15	1.05	0.01	2.21
<i>Opuntia imbricata</i> Haw.	Arbórea	5	2.88	5.26	0.01	8.15
<i>Opuntia streptacantha</i> Lem.	Arbórea	2	1.15	2.11	8.55	11.81
Compositae						
* <i>Brickellia veronicifolia</i> (H.B.K.) A.Gray	Arbustiva	2	1.15	1.05	0.14	2.34
<i>Parthenium confertum</i> A.Gray	Arbustiva	4	2.31	2.11	0.34	4.76
Euphorbiaceae						
* <i>Euphorbia serpyllifolia</i> Pers..	Herbácea	14	8.07	5.26	0.15	13.48
<i>Jatropha dioica</i> Sessé ex Cerv.	Subarbustiva	5	2.88	4.21	0.86	7.95
Leguminosae						
<i>Calliandra eriophylla</i> Benth	Arbustiva	3	1.73	2.11	12.92	16.76
<i>Mimosa depauperata</i> Benth.	Arbustiva	13	7.49	10.53	21.21	39.23
<i>Mimosa lacerata</i> Rose	Arbustiva	12	6.92	9.47	30.56	46.95
Fouquieriaceae						
<i>Fouquieria splendens</i> Engelm. in Wisl.	Arbustiva	2	1.15	2.11	7.76	11.02
Loasaceae						
* <i>Mentzelia hispida</i> Willd.	Herbácea	9	5.19	4.21	0.56	9.96
Polemoniaceae						
* <i>Loeselia glandulosa</i> Dammer	Herbácea	3	1.73	3.16	0.01	4.9
Poaceae						
* <i>Aristida adsencionis</i> L.	Herbácea	9	5.19	6.32	0.2	11.71
<i>Tragus berteronianus</i> Schult.	Herbácea	1	0.58	1.05	0.002	1.63
Turneraceae						
<i>Turnera diffusa</i> Willd.ex Schult.	Subarbustiva	23	13.26	14.74	12.06	40.06
Urticaceae						
<i>Urtica chamaedryoides</i> Pursh	Herbácea	6	3.46	4.21	0.21	7.88
Verbenaceae						
<i>Lantana camara</i> L.	Arbustiva	7	4.03	4.21	2.72	10.96
<i>Lantana involucrata</i> L.	Arbustiva	1	0.06	1.05	0.01	1.21
<i>Lippia graveolens</i> Kunth.	Arbustiva	1	0.58	1.05	0.08	1.71

F.C. = Forma de crecimiento; N= Número de individuos; D= densidad relativa (m²); Fq= Frecuencia relativa; C= Cobertura relativa; VI= Valor de importancia.

* Especies indicadoras de disturbio.

En el sitio 2, correspondiente a un matorral rosetófilo, con presencia de *Mimosa similis*, se identificaron 14 familias, 22 géneros y 25 especies de las cuales el 32 % son indicadoras de disturbios (Rzedowski y Rzedowski, 1981). Las familias mejor representadas fueron: Euphorbiaceae, Leguminosae y Poaceae. Las especies más abundantes fueron: *Dasyochloa pulchella*, *Dalea caudata*, *Dalea brachystachys*, *Aristida adsencionis*, *Euphorbia serpyllifolia* y *Sida abutifolia* (Cuadro 6.4). La forma de crecimiento dominante en este sitio fue la herbácea (Fig. 6.1). Las especies que presentaron los valores de importancia más altos fueron: *Dalea caudata*, *Dalea brachystachys*, *Euphorbia serpyllifolia*, *Dasyochloa pulchella*, *Aristida adsencionis* y *Agave lechugilla*. Las especies con los menores valores de importancia fueron: *Ferocactus histrix*, *Commelina erecta*, *Opuntia imbricata*, *Echeveria schaffneri*, *Milla biflora* y *Eragrostis mexicana* (Cuadro 6.4).

Cuadro 6.4 Densidad, frecuencia, cobertura y valor de importancia para las plantas presentes en un matorral rosetófilo con presencia de *M. similis* en Higuerillas, Municipio de Cadereyta.

Familia/Especie	F. C.	N.	D	Fq	C	VI
Agavaceae						
<i>Agave lecheguilla</i> Torr.	Arrosetada	15	1.09	1.59	9.4	12.08
Cactaceae						
<i>Ferocactus histrix</i> (D.C.) G.E. Linds.	Globosa	1	0.07	0.53	0.002	0.6
<i>Opuntia imbricata</i> Haw.	Arbórea	6	0.43	1.06	0.01	1.5
Commelinaceae						
<i>Commelina erecta</i> Linn.	Herbácea	1	0.07	0.53	0.02	0.62
Compositae						
* <i>Savitalia procumbens</i> Lam.	Herbácea	6	0.43	1.59	0.01	2.03
Convolvulaceae						
<i>Evolvulus alsinoides</i> L.	Herbácea	58	4.2	5.29	2.21	11.7
Crassulaceae						
<i>Echevería shaffneri</i> (Wats.) Rose	Arrosetada	3	0.22	1.06	0.17	1.45
Euphorbiaceae						
<i>Croton ciliato-glanduliferum</i> Ortega	Arbustiva	10	0.72	4.23	5.71	10.66
<i>Euphorbia prostrata</i> Aiton	Herbácea	27	1.96	4.76	0.25	6.97
* <i>Euphorbia serpyllifolia</i> Pers.	Herbácea	161	11.66	10.05	13.48	35.19
<i>Jatropha dioica</i> Sessé ex Cerv.	Subarbustiva	9	0.65	2.12	7.73	10.5
Leguminosae						
<i>Cassia bauhinioides</i> A.Gray	Arbustiva	4	0.29	2.12	0.08	2.49
<i>Dalea caudata</i> Rydb.	Herbácea	220	15.93	8.47	14.74	39.14
<i>Dalea brachystachys</i> A.Gray	Herbácea	188	13.61	10.58	9.92	34.11
<i>Mimosa similis</i> Britton & Rose	Arbustiva	2	0.14	1.06	3.61	4.81
Liliaceae						
* <i>Milla biflora</i> Cav.	Herbácea	2	0.14	1.06	0.004	1.2
Malvaceae						
* <i>Sida abutilifolia</i> Mill.	Herbácea	85	6.15	9.52	0.9	16.57
Poaceae						
* <i>Aristida adscensionis</i> L.	Herbácea	164	11.88	7.41	13.93	33.22
<i>Bouteloua barbata</i> Lag.	Herbácea	49	3.55	4.76	6.5	14.81
<i>Dasyochloa pulchella</i> (Kunth) Willd. ex Rydb	Herbácea	262	18.97	8.47	9.99	37.43
<i>Eragrostis maypurensis</i> Steud.	Herbácea	12	0.87	1.59	0.25	2.71
* <i>Eragrostis mexicana</i> (Hornem.) Link	Herbácea	4	0.29	1.06	0.02	1.37
Polemoniaceae						
* <i>Loeselia glandulosa</i> Dammer	Herbácea	58	4.2	5.82	0.48	10.5
Portulacaceae						
* <i>Portulaca oleracea</i> L.	Herbácea	26	1.88	2.65	0.1	4.63
Turneraceae						
<i>Turnera diffusa</i> Willd.ex Schult.	Arbustiva	8	0.58	2.65	0.48	3.71

F.C. = Forma de crecimiento; N= Número de individuos; D= densidad relativa (m²);

Fq= Frecuencia relativa; C= Cobertura relativa; VI= Valor de importancia.

*= Especies indicadoras de disturbio.

Otras especies que resaltan en la fisonomía del sitio 2 además de las registradas en el transecto son: *Larrea tridentata*, *Fouquieria splendens*, *Acacia vernicosa*, *Hechita glomerata*, *Agave lechugilla* y *Karwinskia humboldtiana*.

En el sitio 3, correspondiente a un matorral secundario crasicauléscente, con presencia de *M. texana* var. *texana*, se identificaron 17 familias, 28 géneros y 30 especies de las cuales el 52% son indicadoras de disturbios (Rzedowski y Rzedowski, 1981). Las familias mejor representadas fueron: Euphorbiaceae, Amaranthaceae, Compositae y Poaceae y las especies más abundantes fueron: *Bouteloua curtipendula*, *Salvia reflexa* y *Zinnia peruviana* (Cuadro 6.5). La forma de crecimiento dominante fue la herbácea (Fig. 6.1).

Las especies que presentaron los valores de importancia más altos fueron: *Bouteloua curtipendula*, *Zaluzania augusta*, *Salvia reflexa* y *Zinnia peruviana* y las especies con los menores valores fueron: *Tagetes lunata*, *Jatropha dioica*, *Lens culinaris*, *Coryphanta erecta* y *Mentzelia hispida* (Cuadro 6.5).

Otras especies que forman parte importante de la fisonomía de este matorral y que no fueron registradas en el transecto son: *Opuntia imbricata*, *O. streptacantha* y *O. leucotricha*.

Cuadro 6.5 Densidad, frecuencia, cobertura y valor de importancia para las plantas presentes en un matorral secundario crasicaule en San Javier Sombrerete, Municipio de Cadereyta.

Familia/Especie	F. C.	N.	D	Fq	C	VI
Acanthaceae						
<i>Ruellia lactea</i> Cav.	Herbácea	39	6.01	8.05	5.12	19.18
Amaranthaceae						
* <i>Amaranthus hybridus</i> L.	Herbácea	38	5.85	3.36	1.36	10.57
<i>Gomphrena decumbens</i> Jacq.	Herbácea	81	12.48	4.03	2.94	19.45
<i>Iresine schaffneri</i> S.Watson	Herbácea	3	0.46	1.34	0.11	1.91
Asclepiadaceae						
<i>Asclepia coulteri</i> A. Gray	Herbácea	2	0.31	1.34	0.06	1.71
Asteraceae						
* <i>Schkuhria pinnata</i> (Lam.) Kuntze ex Thell.	Herbácea	24	3.7	5.37	0.42	9.49
Cactaceae						
<i>Coryphanta erecta</i> Lemaire	Globosa	1	0.15	0.67	0.02	0.84
<i>Opuntia imbricata</i> Haw.	Arbórea	1	0.15	0.67	13.55	14.37
Caryophyllaceae						
* <i>Drymaria glandulosa</i> Bartl.	Herbácea	12	1.85	2.01	0.08	3.94
Compositae						
* <i>Tagetes lunulata</i> Ortega	Herbácea	1	0.15	0.67	0.005	0.825
<i>Zaluzania augusta</i> Sch.Bip.	Arbustiva	17	2.62	10.07	22.03	34.72
* <i>Zinnia peruviana</i> (L.) L.	Herbácea	90	13.87	2.68	12.49	29.04
Convolvulaceae						
* <i>Dichondra argentea</i> Willd.	Herbácea	8	1.23	3.36	0.2	4.79
* <i>Ipomoea purpurea</i> (L.) Roth	Herbácea	4	0.62	2.68	0.05	3.35
Euphorbiaceae						
* <i>Euphorbia anychioides</i> Boiss.	Herbácea	6	0.92	2.01	0.07	3
* <i>Euphorbia serpyllifolia</i> Pers.	Herbácea	6	0.92	2.01	0.04	2.97
<i>Jatropha dioica</i> Sessé ex Cerv.	Subarbustiva	1	0.02	0.67	0.13	0.82
<i>Tragia glanduligera</i> Pax & K.Hoffm.	Herbácea	8	1.23	2.01	0.92	4.16
Leguminosae						
<i>Lens culinaris</i> L.	Herbácea	1	0.15	0.67	0.002	0.822
<i>Mimosa texana</i> Small (A. Gray) Small var. <i>Texana</i>	Arbustiva	6	0.92	3.36	1.91	6.19
Lamiaceae						
* <i>Salvia reflexa</i> Hornem.	Herbácea	107	16.48	8.72	6.7	31.9
Loasaceae						
* <i>Mentzelia hispida</i> Willd.	Herbácea	1	0.15	0.67	0.13	0.95
Malvaceae						
* <i>Sida filicaulis</i> T.E.G.	Herbácea	4	0.62	1.34	0.02	1.98
<i>Sida acuta</i> Burm.f.	Herbácea	15	2.31	6.04	0.47	8.82
Poaceae						
<i>Bouteloua curtipendula</i> (Michx.) Torr.	Herbácea	110	16.95	11.41	7.49	35.85
* <i>Eragrostis mexicana</i> (Hornem.) Link	Herbácea	10	1.54	0.67	0.82	3.03
* <i>Stipa mucronata</i> H.B. & K.	Herbácea	14	2.16	2.68	7.18	12.02
Polemoniaceae						
* <i>Loeselia glandulosa</i> Dammer	Herbácea	20	3.08	2.68	4.64	10.4
Portulacaceae						
* <i>Portulacca oleracea</i> L.	Herbácea	14	2.16	5.37	0.03	7.56
Rhamanaceae						
<i>Karwinskia humboldtiana</i> S.Wats.	Arbustiva	3	0.46	2.01	3.89	6.36
Verbenaceae						
<i>Lantana camara</i> L.	Arbustiva	3	0.46	1.34	7.14	8.94

F.C. = Forma de crecimiento; N= Número de individuos; D= densidad relativa (m²); Fq=Frecuencia relativa; C= Cobertura relativa; VI= Valor de importancia.

* Especies indicadoras de disturbio.

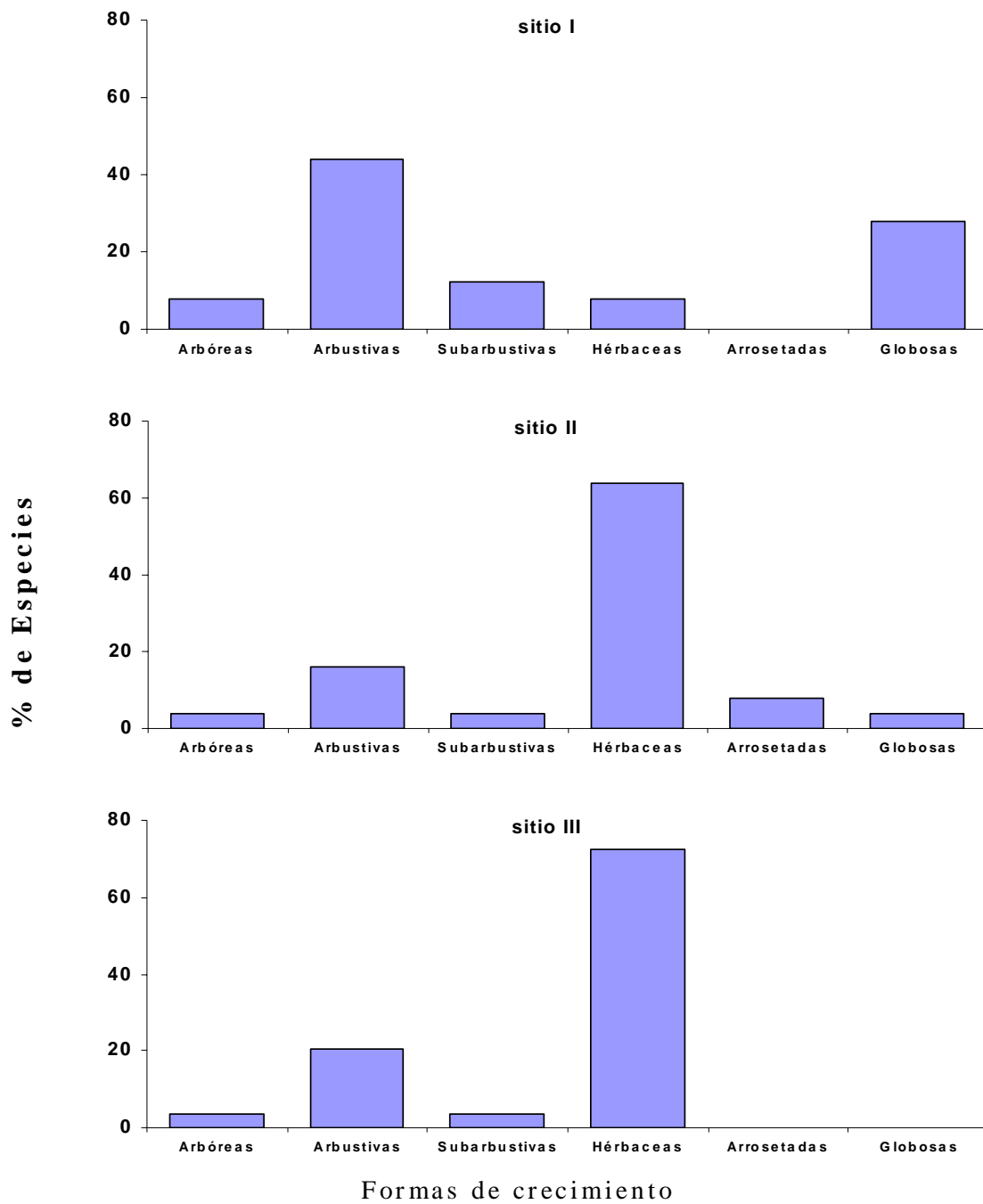


Figura 6.1 Formas vitales de las especies presentes en los tres sitios de muestreo (sitio 1: 5 km al noreste de San Pablo Tolimán, Municipio de Tolimán; sitio 2: 6 km al noreste de Higuerrillas y sitio 3: 6 km al norte de San Javier Sombrerete, Municipio de Cadereyta).

6.4.2 Índice de semejanza de Jaccard.

Al comparar la composición florística entre los tres sitios de muestreo, el índice de semejanza de Jaccard mostró valores muy bajos (entre 11.11 y 16.32 %), los cuales se presentan en el cuadro 6.6. debajo de la diagonal, presentando un valor mínimo de 11.11% las especies compartidas entre el matorral rosetófilo donde habita *M. similis* y el matorral crasicaule donde coexisten *Mimosa lacerata* y *M. depauperata*. En el mismo cuadro se presentan los datos correspondientes al número de especies comunes (bajo la diagonal) entre los tres sitios de muestreo, donde se observa que el valor mínimo de cinco especies se obtuvo al comparar el matorral rosétofilo donde habita *M. similis* y el matorral crasicaule donde coexisten *M. lacerata* y *M. depauperata*, mientras que el máximo corresponde a ocho especies compartidas entre el matorral crasicaule de *M. texana* var. *texana* y el de *M. lacerata* y *M. depauperata*.

Cuadro 6.6. Índice de semejanza de Jaccard obtenido entre los tres sitios de muestreo. Los valores de la diagonal muestran el total de especies por tipo de vegetación y los encerrados en paréntesis indican el número de especies comunes.

Tipo de vegetación	Matorral crasicaule	Matorral rosetófilo	Matorral crasicaule
	1	2	3
Matorral crasicaule I	25		
Matorral rosetófilo II	(5) 11.11 %	25	
Matorral crasicaule III	(8) 16.32 %	(6) 11.76 %	31

6.4.3 Predominio de las cuatro especies de Mimosa en cada sitio de muestreo.

En relación a la participación que presentaron las cuatro especies del género *Mimosa*, en los tres sitios de muestreo, se encontró lo siguiente: en el sitio 1, el histograma de frecuencias relativas indicó la presencia de dos grupos de especies. Las especies dominantes con valores

de importancia (VI) que van de 28 a 55 y las especies codominantes con valores de importancia menores (1 y 27). *M. lacerata* y *M. depauperata* presentaron en este sitio, los valores más altos (46.95 y 39.23), en relación a todas las especies registradas, lo cual mostró su dominancia junto con *Turnera diffusa* (Fig. 6.2).

El histograma de frecuencias relativas, de los VI, en el sitio 2, muestra que las especies dominantes se presentaron en el grupo con mayores valores de importancia (28 a 46) y las especies codominantes en el grupo con valores menores (1-19). *M. similis* en este sitio se encontró entre las especies codominantes de acuerdo a su valor de importancia (4.81). Las especies dominantes fueron: *Dasyochloa pulchella*, *Aristida adsencionis*, *Dalea brachystachys*, *Dalea caudata* y *Euphorbia serpyllifolia* (Fig. 6.2).

El histograma de frecuencias relativas en el sitio 3 también separó dos grupos de especies en función del VI. Las especies dominantes con valor de importancia entre 19 y 30 y las codominantes con valores entre uno y 18. *M. texana* var. *texana* en este sitio de muestreo, presentó un valor de importancia de 6.19 encontrándose entre las especies codominantes. Las especies dominantes del sitio fueron: *Bouteloua curtipendula*, *Salvia reflexa*, *Zinnia peruviana* y *Tagetes lunulata* (Fig. 6.2).

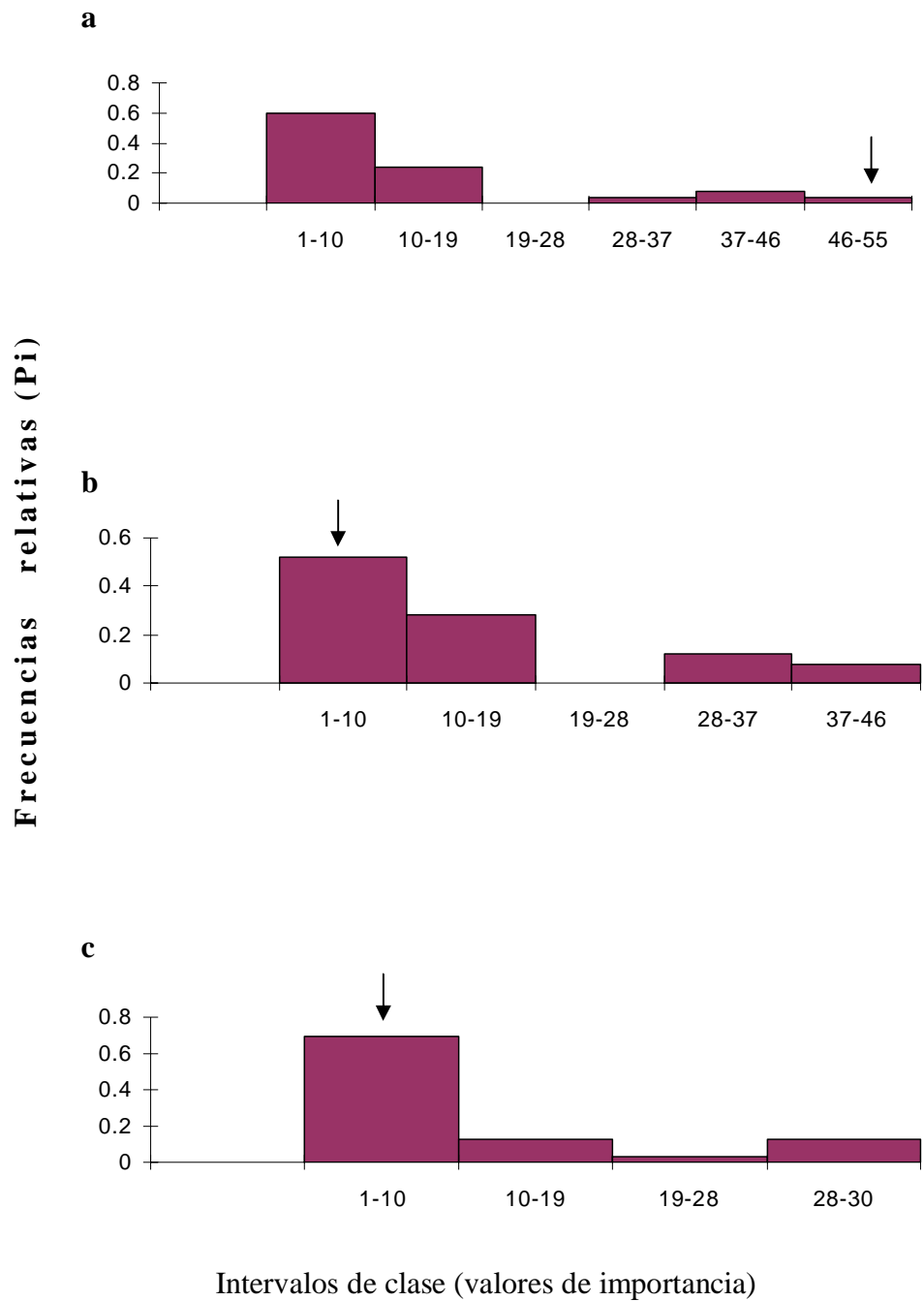


Figura 6.2 Distribución de frecuencias de los valores de importancia de las especies presentes: a) sitio 1; b) sitio 2 y c) sitio 3. ↓ Especies de *Mimosa*.

Al comparar los VI de las cuatro especies de *Mimosa*, se encontró que *M. lacerata* y *M. depauperata* presentaron los mayores valores en función de su mayor cobertura y frecuencia relativa; *M. similis* presentó el menor valor de importancia y *M. texana* var. *texana* ocupó un lugar intermedio (Fig. 6.3).

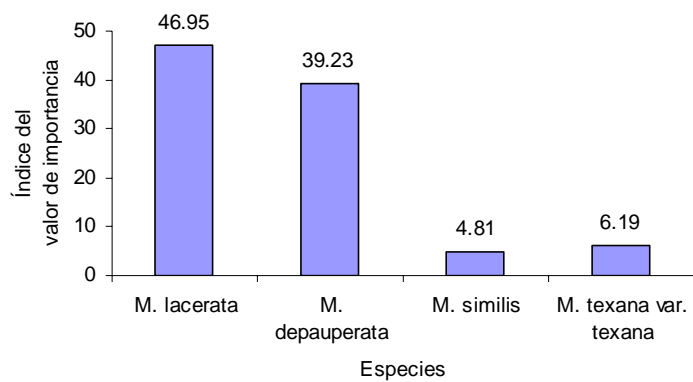


Fig. 6.3 Valores de importancia para las cuatro especies de *Mimosa*.

6.5 Discusión

Las cuatro especies de *Mimosa* crecen en sitios poco diversos con un alto porcentaje de especies indicadoras de disturbio (24-54 %) (Cuadros 6.3-6.5). Se registraron 26 familias, 53 géneros y ca. 38 especies (5 % del total de la flora estudiada para la Cuenca). Las familias Leguminosae, Cactaceae y Euphorbiaceae fueron las mejor representadas. Los índices de diversidad de Simpson para los tres sitios de muestreo fueron: $S_2 (0.92) > S_3 (0.90) > S_1(0.88)$; sin embargo el análisis estadístico no indicó diferencias ($p \geq 0.05$) entre ellos lo cual reflejó una diversidad similar para las comunidades estudiadas, pero con un grado de perturbación diferente. El sitio 1 presentó el número menor de especies indicadoras de disturbio, mientras el sitio 3 presentó el mayor.

Los tres sitios de estudio corresponden a matorral xerófilo. Los sitios 1 y 3 fueron clasificados como matorral secundario crasicaule y el sitio 2 como un matorral rosétofilo. En el sitio 1 donde crecen *Mimosa lacerata* y *M. depauperata* se encontró que las especies arbustivas espinosas tienden a ser los elementos dominantes/codominantes, sugiriendo que el reemplazo de especies ocurre hacia un matorral espinoso o xerófilo. En el sitio 2, donde crece *M. similis*, las especies herbáceas y las arbustivas de talla baja (50 cm) son dominantes y codominantes, sugiriendo que el reemplazo de especies en esta comunidad tendería con el tiempo hacia un matorral bajo.

En el sitio 3, donde crece *M. texana* var. *texana*, la especie arbustiva *Zaluzania augusta* junto con algunas herbáceas, tienden a ser las especies dominantes. El mayor tamaño, biomasa y abundancia de *Z. augusta* sugiere que el reemplazo de especies, llevaría a la comunidad hacia un matorral monoespecífico de esta especie.

En el sitio 1, *Mimosa lacerata*, *M. depauperata*, y *Turnera diffusa* presentaron valores de importancia altos. En el sitio 2, fueron *Dalea caudata*, *Dasyochloa pulchella*, *Dalea brachystachys*, *Euphorbia serpyllifolia* y *Aristida adsenciones* y en el sitio 3, *Zaluzania augusta*, *Bouteloua curtipendula*, *Salvia reflexa* y *Zinnia peruviana*.

En el sitio 1, debido a la abundancia de las especies de *Mimosa*, se clasificó como matorral espinoso, aunque Zamudio (1984), reportó la vegetación de este sitio como parte del matorral secundario crasicaule de *Stenocereus dumortieri*; sin embargo, en este trabajo no se encontró a

esta especie como la dominante, probablemente porque, como el mismo autor menciona, al oeste de Tolimán se encuentra la expresión más pobre en especies de esta comunidad.

De las especies registradas en este trabajo, *Mimosa depauperata*, *M. lacerata*, *Opuntia imbricata*, *Turnera diffusa*, *Fouquieria splendens*, *Jatropha dioica*, *Croton ciliato-glanduliferum*, *Iresine schaffneri* y *Coryphanta erecta* también fueron reportadas por Zamudio (1984) y Zamudio *et al.* (1992).

En el sitio 2, *Agave lechuguilla*, *Echeverria schaffneri* y *Ferocactus histrix* son las especies que definen a esta comunidad como matorral rosetófilo. Las especies que coinciden con las reportadas por Zamudio (1984) y Zamudio *et al.* (1992) son: *Mimosa similis*, *Opuntia imbricata*, *Turnera diffusa*, *Agave lechuguilla*, *Ferocactus histrix* y *Coryphanta erecta*. En el sitio 3, la gran abundancia de especies del género *Opuntia* le dan el carácter de matorral crasicaule. Las especies que coinciden con las reportadas por Zamudio (1984) y Zamudio *et al.* (1992) para este sitio son: *Iresine schaffneri*, *Coryphanta erecta*, *Opuntia imbricata* y *Jatropha dioica*. Es importante resaltar, que los autores no reportan la presencia de *M. texana* var. *texana*.

En relación a las especies de *Mimosa* estudiadas, dos son dominantes (*M. lacerata* y *M. depauperata*) y dos codominantes (*M. similis* y *M. texana* var. *texana*) en sus respectivas comunidades (Cuadros 6.3-6.5). *M. lacerata* y *M. depauperata* (S₁) presentaron altos valores de importancia y *M. similis* (S₂) y *M. texana* var. *texana* (S₃) presentaron valores de importancia intermedios. Camargo-Ricalde *et al.* (2002) reportan a *M. lacerata* y *M. polyantha* como especies codominantes en los matorrales xerófilos del Valle de Tehuacán, por lo que en este caso, *M. lacerata* presenta una función diferente en la estructura de la comunidad en relación a los individuos localizados en la Cuenca del Río Estórax. La dominancia-codominancia de *M. lacerata*, podría ser una respuesta especializada o generalizada para aprovechar los recursos (Krebs, 1985). La comparación de los valores de importancia entre las especies de *Mimosa* presentó la siguiente secuencia:

M. lacerata > *M. depauperata* > *M. texana* var. *texana* > *M. similis*. Es importante resaltar, que ninguno de los estudios florísticos realizados previamente en la Cuenca del Río Estórax, habían destacado la importancia de las especies de *Mimosa* dentro de las comunidades estudiadas (Zamudio, 1984; Zamudio *et al.*, 1992).

En general, la importancia ecológica de las especies de *Mimosa* dentro de sus comunidades puede ser explicada por su altura y cobertura. Como ya se mencionó, todas las especies de este estudio son arbustivas (0.30-2.0 m) y presentan una gran cobertura (en algunos casos ca. 3-4 m²). *M. lacerata* y *M. depauperata* presentan los valores más altos para ambos atributos mientras *M. similis* y *M. texana* var. *texana* los más bajos. Es importante resaltar que tanto la altura como el follaje son características importantes en las estrategias de conservación.

En los proyectos de reforestación, basados en el aprovechamiento de las especies con usos múltiples, las especies vegetales con follaje abundante y de gran altura, son preferidas (Camargo-Ricalde, *et al.*, 2002).

Al comparar el predominio de las especies de *Mimosa* con su distribución, se observó el siguiente patrón: *M. lacerata* presenta una distribución amplia y es un elemento dominante en nuestra zona de estudio; sin embargo este patrón no se observó para las otras tres especies, donde la dominancia/codominancia no presentó relación con la distribución amplia o restringida respectivamente. De igual manera, a pesar de su amplia distribución, *M. lacerata* es una especie codominante en el Valle de Tehuacán (Camargo-Ricalde, *et al.*, 2002).

Por otro lado, la comparación de especies y la estructura de la vegetación fue diferente en los tres sitios de estudio, en donde en general, se presentó una riqueza de especies baja, reflejada en los índices de diversidad (Cuadro 6.1), los cuales son similares a los reportados por DeWolf (1998) para la vegetación de matorrales perturbados en la región semiárida de Senegal, en donde se considera que la diversidad de especies es baja.

Esta baja riqueza de especies es un indicador de la degradación de la vegetación por las actividades humanas.

6.6 Conclusiones

Las cuatro especies de *Mimosa* crecen en matorrales xerófilos, con un porcentaje relativamente alto de especies indicadoras de disturbio, ocasionado principalmente por el pastoreo, la agricultura y la deforestación.

La función de las cuatro especies en la estructura y dinámica de las comunidades donde habitan, muestra singularidades: *Mimosa lacerata* y *M. depauperata* son especies dominantes,

debido a su abundancia, altura y cobertura; mientras *M. similis* y *M. texana* var. *texana* son especies codominantes.

La dominancia y codominancia de las cuatro especies manifiesta una mayor funcionalidad bajo las condiciones secas de los matorrales xerófilos de la Cuenca, a través de la presencia de mecanismos que les permiten competir más eficientemente por el agua y los nutrientes del suelo. Las cuatro especies de *Mimosa* ejercen un papel nucleador sobre la presencia de la vegetación asociada.

7. FENOLOGÍA

7.1 Introducción

Las especies arbustivas y arbóreas son dominantes en los ecosistemas desérticos y semidesérticos (Nilsen *et al.*, 1991); sin embargo, la fenología de estas especies ha sido poco estudiada (Turner, 1963; Goen, 1975, Goen y Dahl, 1982; Sharifi *et al.*, 1983).

Los estudios fenológicos en comunidades áridas y semiáridas han sido enfocados principalmente, a las especies anuales (Beatley, 1974; Kemp, 1983), y muy pocos estudios se han realizado en especies arbustivas y arbóreas, destacando entre ellos, la fenología del mezquite (Nilsen *et al.*, 1983; Galindo y García, 1991).

En México, las regiones áridas y semiáridas ocupan aproximadamente del 40 al 48% de la superficie total del país (95 millones de hectáreas) (Rzedowski, 1978; Jaramillo, 1994), y han sido utilizadas principalmente para actividades ganaderas. Estas regiones se caracterizan por presentar condiciones ambientales extremas, como baja precipitación pluvial y mala distribución de la misma; en ocasiones, lluvias torrenciales y largos períodos de sequía, temperaturas extremosas, muy altas en primavera y verano y muy bajas en invierno, insolación y evaporación alta con poca humedad ambiental, heladas intensas y nevadas en las entidades de Baja California, Sonora, Coahuila y Chihuahua. Las comunidades vegetales que se desarrollan en estas regiones, están constituidas principalmente, por especies arbustivas que forman grandes extensiones de matorrales, y por otro lado, gramíneas, que han dado lugar a los pastizales.

Un problema que se presenta frecuentemente en estas regiones es la ausencia de precipitación, originando la sequía, ya que las condensaciones en el suelo y la humedad del aire sólo pueden suplir débilmente la escasez de lluvias (Velasco, 2000). Algunas especies vegetales de las zonas áridas y semiáridas, son plantas forrajeras deseables para el ganado y la fauna silvestre, pero muchas son de poco valor forrajero, aunque de gran importancia ecológica, por las modificaciones que han sufrido para adaptarse a la sequía; tal es el caso de las cactáceas, que han sido objeto de destrucción y saqueo, o de algunas especies arbustivas de los géneros *Prosopis*, *Acacia*, *Mimosa*, *Fouquieria* y *Yucca*, entre otras.

La vegetación, compuesta de especies forrajeras o no forrajeras, tiene una función muy importante en el largo plazo, como la de evitar la erosión del terreno, favorecer la infiltración del agua en el suelo, proteger las cuencas hidrológicas, contribuir a regular y modificar el clima local, equilibrar el contenido de oxígeno y bióxido de carbono en la atmósfera, iniciar las cadenas alimenticias mediante la fotosíntesis, y por supuesto, ser la fuente de alimentación del ganado y de la fauna silvestre, fundamentalmente de las aves y de las especies menores (Jaramillo, 1994). A pesar de su importancia, en estas regiones áridas y semiáridas, existen pocos estudios sobre los procesos característicos de las comunidades vegetales tales como: fenología, productividad, descomposición y reciclamiento de nutrientes, que permitan mejorar el manejo de los recursos.

La fenología de las especies arbustivas y arbóreas dominantes en las regiones desérticas y semidesérticas debe ser estudiada por las siguientes razones: a) son especies que crecen bajo condiciones climáticas con una gran variación estacional y anual, en donde, los patrones de lluvias son estocásticos (Fuchs, 1973; Major, 1977), la magnitud y diversidad de esa variación ambiental, provoca la estacionalidad en el crecimiento vegetal, lo cual podría ser crítico para la sobrevivencia en estas comunidades. Los estudios de fenología podrían proporcionar evidencias claras de la adaptación de los patrones de distribución del crecimiento estacional que presentan las especies en relación a la variación climática; b) en los ecosistemas desérticos y semidesérticos la herbivoría puede ser una presión de selección significativa que favorezca patrones de crecimiento particulares (Caldwell *et al.*, 1981; Dirzo, 1984). La significancia de la herbivoría, se ve acrecentada, por el tiempo tan corto en el que las condiciones climáticas son favorables para el crecimiento y la fructificación, aunado a la pequeña cantidad de recursos disponibles para los herbívoros. Por otro lado, los patrones fenológicos de hojas y producción de frutos en comparación con la fenología de los herbívoros pueden ejercer una pérdida significativa sobre su producción; y c) los árboles y arbustos de las regiones desérticas y semidesérticas son utilizados con propósitos agrícolas. Algunos de ellos, se utilizan como combustible, forraje, para producción de alcohol o para control de la erosión. Nas (1975), menciona que los árboles y arbustos del desierto pueden producir materiales para mejorar las agroindustrias de regiones áridas y semiáridas, sin embargo, las especies arbóreas y arbustivas

de estas zonas, han sido las menos estudiadas en relación a su potencial agronómico (FAO, 1980).

En la zona semiárida de la Cuenca del Río Estórax, los matorrales xerófilos están representados por una gran diversidad de especies arbóreas y arbustivas, de las cuales una proporción significativa son leguminosas (Zamudio, 1984; Arreguín *et al.*, 1997), dentro de éstas, las especies del género *Mimosa*, junto con otros géneros como *Prosopis* y *Acacia*, son elementos dominantes y codominantes.

Las especies del género *Mimosa* se utilizan principalmente para combustible en la región; sin embargo, son importantes para el control de la erosión y la recuperación de la vegetación asociada, por crecer y desarrollarse exitosamente bajo las condiciones climáticas tan adversas que prevalecen en estas zonas.

La fenología de las especies de *Mimosa* registradas en México y en otras zonas semiáridas del mundo, ha sido poco estudiada. Los estudios existentes de algunas especies son: a) la fenología de *Mimosa skinneri*, *M. ursina*, *M. tequilana*, *M. pudica* y *M. affinis* (González, 1994) con base en ejemplares de herbario recolectados durante estudios sistemáticos; b) la fenología de *M. biuncifera* y *M. monancistra* en los matorrales xerófilos del estado de Guanajuato, con base en las observaciones de campo durante 3 años (Grether, 1982); c) la fenología de *M. bahamensis* donde el seguimiento se realizó durante varios años, pero sin un registro sistemático (Grether y Camargo-Ricalde, 1993); d) la fenología de las especies de la región mesoamericana (Tabasco, Chiapas, Campeche, Yucatán y Quintana Roo en México y los países centroamericanos) (Grether, 1997) y e) la fenología de *M. tenuiflora* en el estado de Chiapas (Camargo-Ricalde, 1997).

Por otro lado, también se ha estudiado la fenología de la especie herbácea: *Mimosa camporum* en condiciones de cultivo, lo que ha permitido establecer la duración de los períodos de floración y fructificación así como confirmar el carácter anual o bianual de esta especie (Fraile, M. E., com, pers.).

Debido a la importancia de las especies de *Mimosa* en la Cuenca del Río Estórax, así como a la falta de estudios de fenología, crecimiento y desarrollo, que nos permitan conocer la adaptación de estas especies a su entorno, en este capítulo de la tesis, se pretende contestar las siguientes interrogantes:

¿*Mimosa depauperata*, *M. lacerata*, *M. similis* y *M. texana* var. *texana*, presentan patrones fenológicos similares? ¿Qué características fenológicas permiten la coexistencia de *M. lacerata* y *M. depauperata* en el mismo sitio? ¿Las cuatro especies presentan atributos de crecimiento diferentes?

Es importante mencionar, que este trabajo se realizó en un período de año y medio, donde las condiciones climáticas para los dos años fueron distintas; sin embargo, se considera que a pesar de que el período de estudio fue corto, la aportación es importante, por ser el primero que presenta datos fenológicos evaluados en el campo de manera cuantitativa.

7.2 Materiales y Métodos

La fenología de las cuatro especies de *Mimosa* se estudió de manera cualitativa y cuantitativa. La fenología cualitativa se estableció en función de las fenofases obtenidas durante las observaciones de las variaciones aparentes en el desarrollo vital de los individuos de las cuatro especies (Larcher, 1983) y la fenología cuantitativa se evaluó en función del número de nudos activos capaces de generar estructuras vegetativas (hojas y ramas laterales) y reproductivas (flores y frutos) (Nilsen *et al.*, 1987). La fenología cualitativa se registró durante 17 meses y la fenología cuantitativa durante 12 meses, ambos estudios se realizaron en los tres sitios de muestreo correspondientes a los matorrales xerófilos bajo estudio (Fig. 4.1).

7.2.1 Fenología cualitativa

7.2.1.1 Selección de los individuos

En cada sitio de muestreo, se trazó un transecto de 20 m de largo por 1 m de ancho y, dentro de él se marcaron 10 individuos adultos por especie.

Mensualmente, en cada sitio de muestreo y en cada uno de los 10 individuos marcados, se registró la fenología cualitativa desde agosto de 1998 a diciembre de 1999. En cada uno de los individuos marcados se registró el período de producción de: a) hojas: iniciales, juveniles, maduras y senescentes, b) flores (botones y flores en antesis) y c) frutos (inmaduros y maduros).

La altitud del sitio 1 donde coexisten *M. lacerata* y *M. depauperata* fue de 2,140 m; en el sitio 2 donde habita *M. similis* de 1,845 m y en el sitio 3 con *M. texana* var. *texana* de 2,460 m.

La lluvia total registrada durante el período de estudio, para el sitio 1 correspondiente a Tolimán, fue de 110 mm en 1998 y de 375 mm en 1999 y para los sitios 2 y 3 en el Municipio de Cadereyta, se registraron 1,100 mm en 1998 y 755 mm en 1999.

Los datos de temperatura media y precipitación media mensual para los años de 1996, 1997, 1998 y 1999 fueron obtenidos de la Coordinación del Servicio Meteorológico Nacional de la Comisión Nacional del Agua, para los municipios de Tolimán y Cadereyta en el Estado de Querétaro. Por otro lado, con el fin de conocer el comportamiento de la lluvia y de la temperatura durante un período continuo de 10-15 años, se consultaron los datos climáticos de las estaciones más cercanas a los sitios de muestreo (García, 1981).

7.2.2 Fenología cuantitativa

El estudio de la fenología cuantitativa se realizó únicamente durante el año de 1999.

De los 10 individuos marcados dentro del transecto trazado para el estudio de la fenología cualitativa, se seleccionaron cinco para el estudio de la fenología cuantitativa.

En cada uno de estos cinco individuos, se seleccionó la rama central con mayor perímetro basal y ramificación lateral y, esta rama se marcó con rafia desde su base hasta el ápice. Mensualmente, sobre esta rama se contaron todos los nudos activos, es decir aquellas porciones de tallo donde existía un meristemo que presentara yemas en formación, capaces de generar hojas, botones florales, inflorescencias, frutos o ramas (Font Quer, 1989; Nilsen, 1991) y en cada uno de los nudos se registró el estadio de desarrollo de: hojas (iniciales, juveniles, maduras y senescentes); flores (botones florales y flores en anthesis) y frutos (inmaduros y maduros), así como, la presencia de ramas laterales.

En función del número total de nudos en la rama marcada de cada individuo de las cuatro especies, se calculó el porcentaje mensual de nudos que produjeron hojas, flores y frutos y se determinó el desarrollo foliar, floral y frutal.

De manera simultánea, se registró mensualmente la longitud de la rama marcada con el fin de calcular la tasa de crecimiento anual (Hunt, 1989). La fórmula utilizada fue:

$$TCR = \frac{\text{Log}L2 - \text{Log}L1}{T2 - T1}$$

Donde: L1= Longitud inicial de la rama principal

L2= Longitud final de la rama principal

T1= Tiempo inicial

T2= Tiempo final

7.3 Resultados

7.3.1 Fenología cualitativa

7.3.1.1 Foliación

La foliación de las especies estudiadas se inició en los meses de junio o julio, una vez iniciada la época de lluvias, excepto en *M. texana* var. *texana*, en la que el desarrollo de las hojas empezó en el mes de abril, aún sin precipitación pluvial (Figs. 7.1 y 7.2).

La duración del follaje varió. En *Mimosa depauperata* y *M. lacerata* el período de foliación fue de 8 meses (julio a febrero del año siguiente); en *M. similis* fue de 7 meses (junio a diciembre) y en *M. texana* var. *texana* de 9 meses (abril a diciembre).

En consecuencia, el período sin follaje también varió. En *M. depauperata* y *M. lacerata* fue de 4 meses, en *M. similis* de 5 meses y en *M. texana* var. *texana* de 3 meses.

Al comparar los requerimientos de precipitación y temperatura necesarios para el inicio de la foliación en las cuatro especies, se observó que *M. texana* var. *texana* presentó la foliación en ausencia de precipitación y con una temperatura de 18 °C; en cambio *M. similis* presentó la foliación con una precipitación de 125 mm y 17 °C. *M. depauperata* y *M. lacerata* requirieron valores intermedios de precipitación (18 mm) y altos de temperatura (23 °C) (Figs. 7.1 y 7.2).

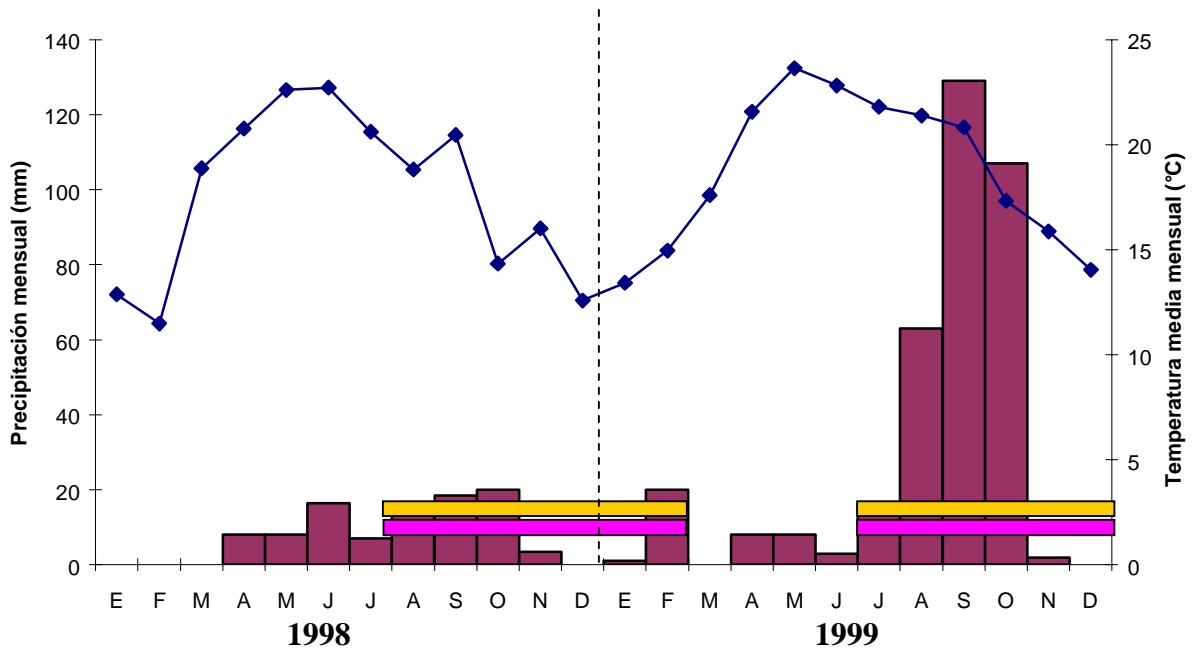


Figura 7.1 Foliación de *M. depauperata* (■) y *M. lacerata* (■) en relación a la temperatura media mensual y a la precipitación mensual en el Municipio de Tolimán.

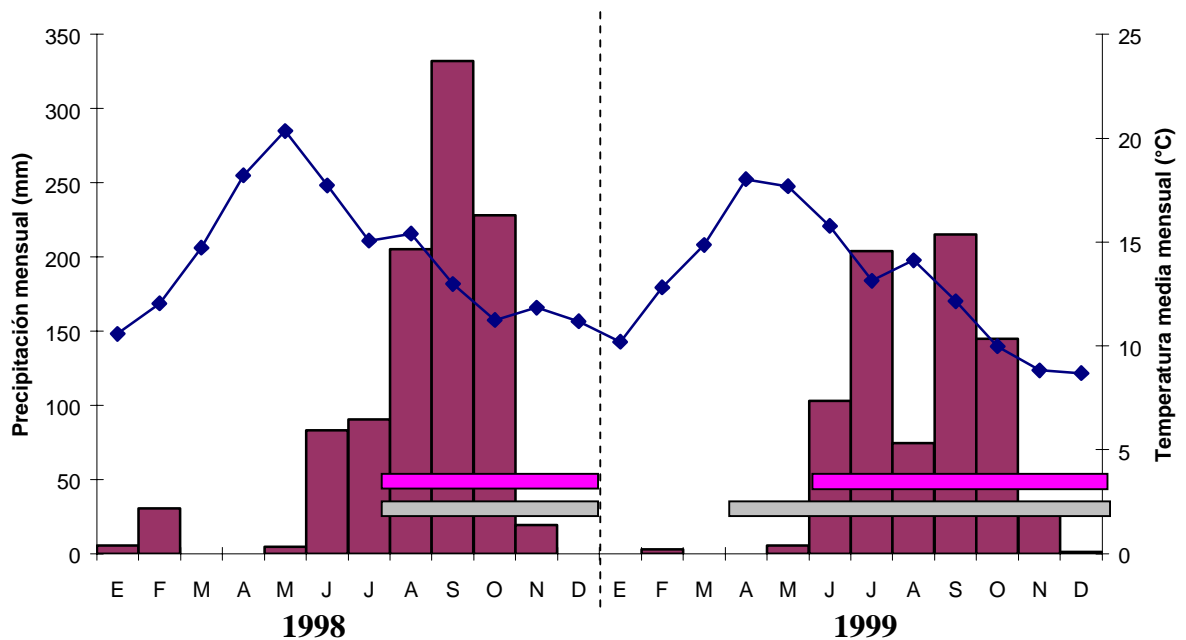


Figura 7.2. Foliación de *M. similis* (■) y *M. texana* var. *texana* (■) en relación a la temperatura media mensual y precipitación mensual en el Municipio de Cadereyta.

7.3.1.2 Floración

En 1999, *M. depauperata* presentó la floración (considerada desde el surgimiento de los botones florales hasta la marchitez de las flores más tardías) en abril-julio. Los botones florales coincidieron con las flores en antesis. *M. lacerata* presentó botones florales en febrero-agosto y flores en antesis en mayo-agosto. En *M. lacerata*, el surgimiento de los botones florales coincidió con el incremento de la temperatura y las flores en antesis se presentaron cuando la temperatura media alcanzó los valores más altos (24°C), en *M. depauperata* las flores en antesis coincidieron con una temperatura de 22°C; ambos estadios surgieron cuando la precipitación registrada fue baja (menor de 10 mm) (Fig. 7.3).

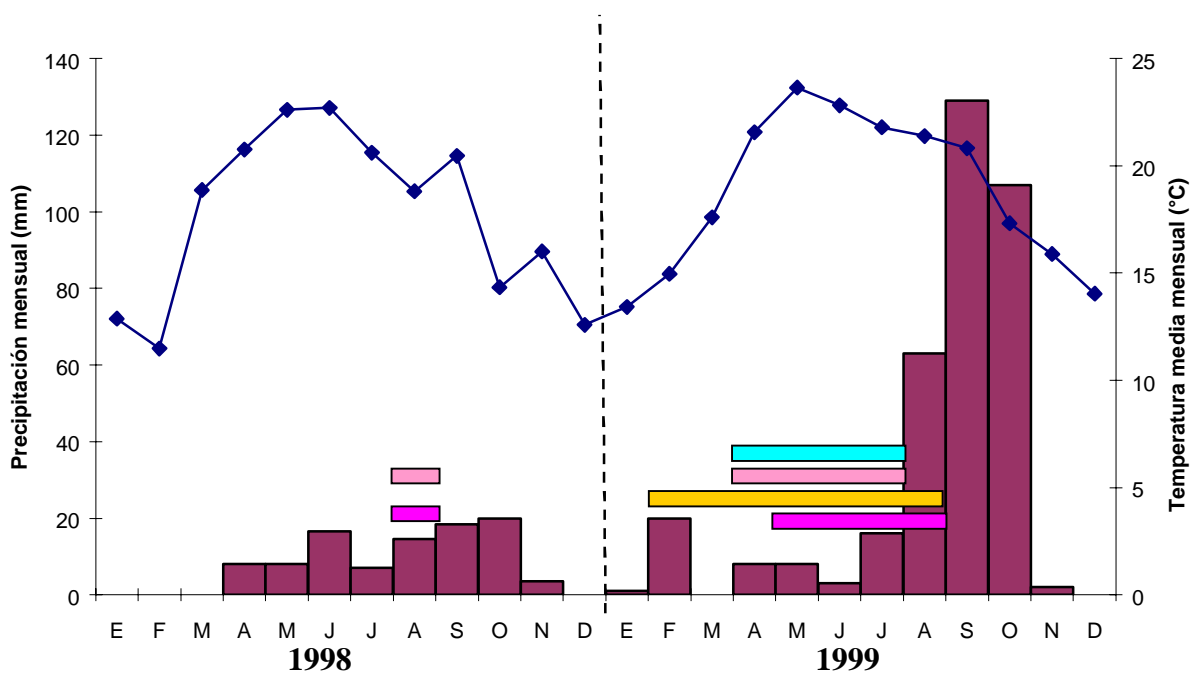


Figura 7.3 Floración de *M. depauperata* y *M. lacerata*, en relación a la temperatura media mensual y a la precipitación mensual en el Municipio de Tolimán (*M. depauperata*: botones florales ■; flores en antesis ■; *M. lacerata*: botones florales ■ y flores en antesis ■)

Mimosa similis inició la floración en marzo, con el surgimiento de los botones florales cuando la temperatura presentó un incremento alcanzando 15°C; las flores en antesis se presentaron en mayo cuando la temperatura media fue de 18°C y el período de floración terminó en julio con una temperatura media de 14°C y una precipitación de 180 mm (Fig. 7.4)

M. texana var. *texana* presentó los primeros botones florales en abril, cuando la temperatura media alcanzó el valor más alto (19 °C) y las lluvias no habían iniciado, las flores en antesis surgieron en junio con una temperatura de 16 °C y una precipitación de 90 mm (Fig.7.4).

La floración terminó en septiembre con una temperatura media de 12 °C y una precipitación de 220 mm (Fig. 7.4). El período de floración más largo lo presentó *M. lacerata* (7 meses), seguido por el de *M. texana* var. *texana* (6 meses); mientras el período más corto lo presentaron *M. similis* (5 meses) y *M. depauperata* (4 meses).

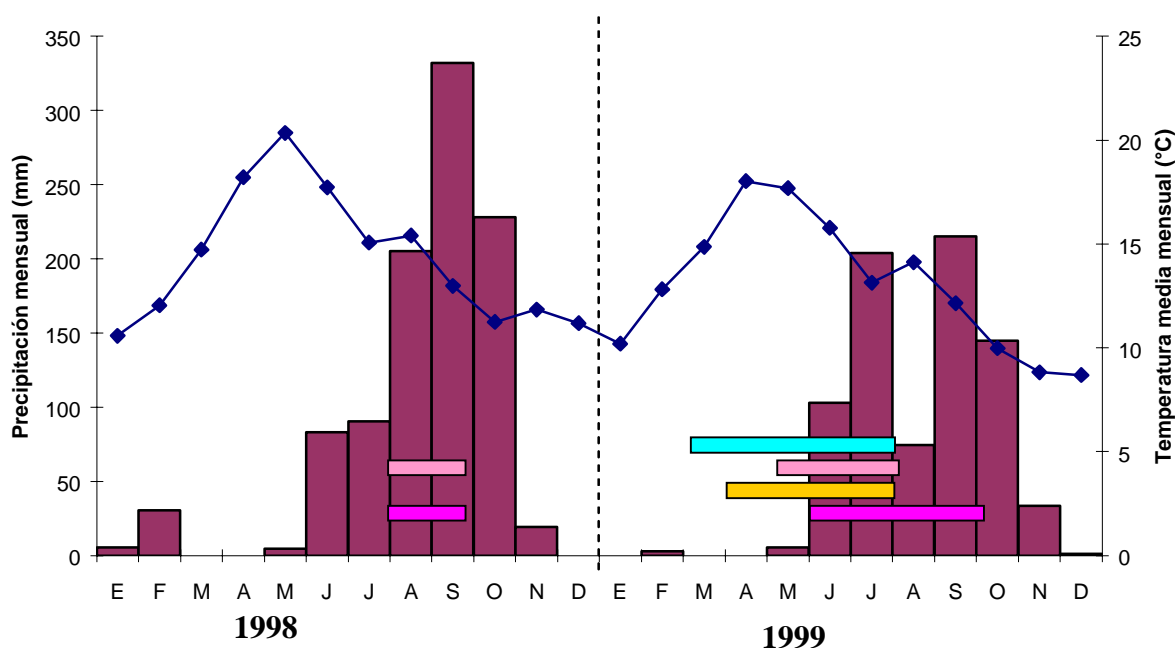


Figura 7.4. Floración de *Mimosa similis* y *M. texana* var. *texana*, en relación a la temperatura media mensual y a la precipitación mensual en el Municipio de Cadereyta (*Mimosa similis*: botones florales ■ y flores en antesis ■; *M. texana* var. *texana*: botones florales ■ y flores en antesis ■).

Durante 1998, sólo se observaron las flores de *M. depauperata* y *M. lacerata* en antesis, en el mes de agosto, cuando se iniciaron las observaciones de campo, por lo que se considera que el registro fue incompleto, en *M. similis* y *M. texana* var. *texana* las flores en antesis se observaron en agosto-septiembre. Para las cuatro especies, esta floración coincidió con un decremento en la temperatura alcanzando entre 15 y 20 °C y una precipitación de 200 mm para *M. similis* y *M. texana* var. *texana* y de 10 mm para *M. depauperata* y *M. lacerata*. La

floración concluyó en agosto para *M. lacerata* y *M. depauperata*, cuando la temperatura media fue de 19°C y la precipitación de 19 mm. En *M. similis* y *M. texana* var. *texana*, la floración concluyó en septiembre, con una temperatura de 12°C y una precipitación de 340 mm (Fig. 7.4).

7.3.1.3 Fructificación

En 1999, *Mimosa depauperata* inició la fructificación en junio con una temperatura media mensual alta (23°C) y una precipitación mensual baja (5mm) y terminó en agosto con un decremento de la temperatura y un incremento en la precipitación. En *M. lacerata*, la fructificación se inició de manera más tardía, en septiembre, coincidiendo con el término de la fructificación de *M. depauperata* y, cuando la temperatura media mensual fue de 21°C y la precipitación fue alta (130 mm). Los frutos persistieron hasta el mes de diciembre (Fig. 7.5).

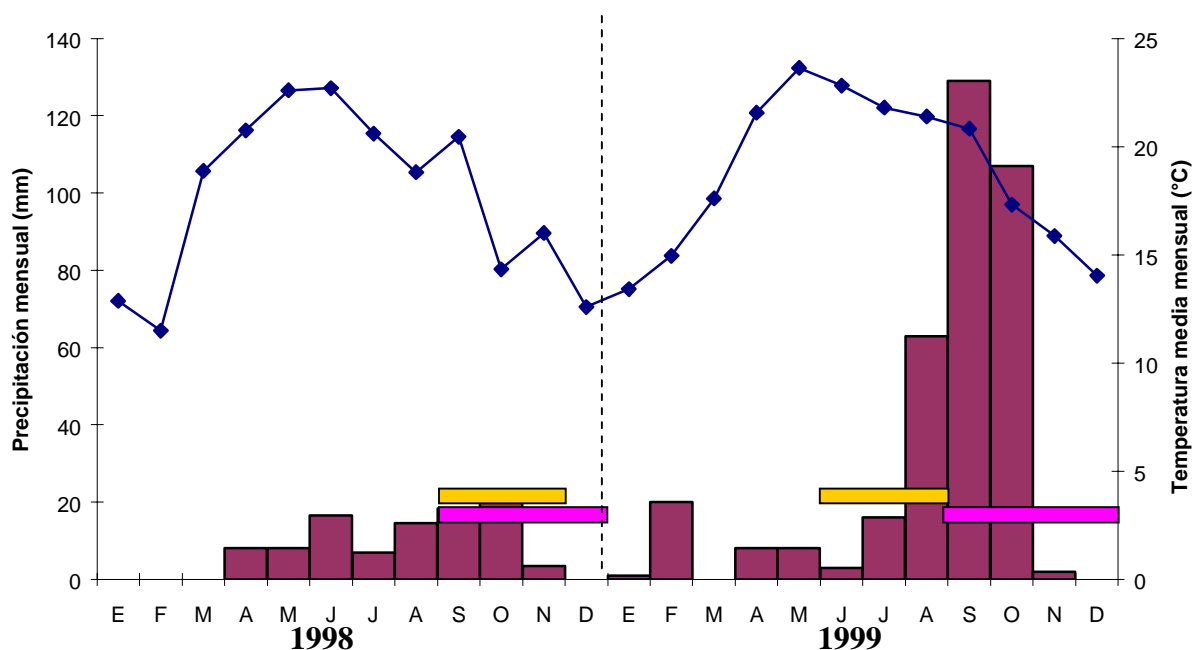


Figura 7.5 Fructificación de *M. depauperata* y *M. lacerata* en relación a la temperatura media mensual y a la precipitación mensual en Tolimán.

Mimosa similis inició la fructificación en agosto, cuando la temperatura y la precipitación fueron bajas (14°C y 70 mm) y terminó en septiembre cuando la precipitación aumentó (210 mm). *M. texana* var. *texana* inició la fructificación en julio también con el decremento de la temperatura (13°C) y con el incremento de la precipitación (200 mm) y la terminó en octubre, cuando la precipitación y la temperatura decrecieron (10 °C y 140 mm respectivamente) (Fig. 7.6).

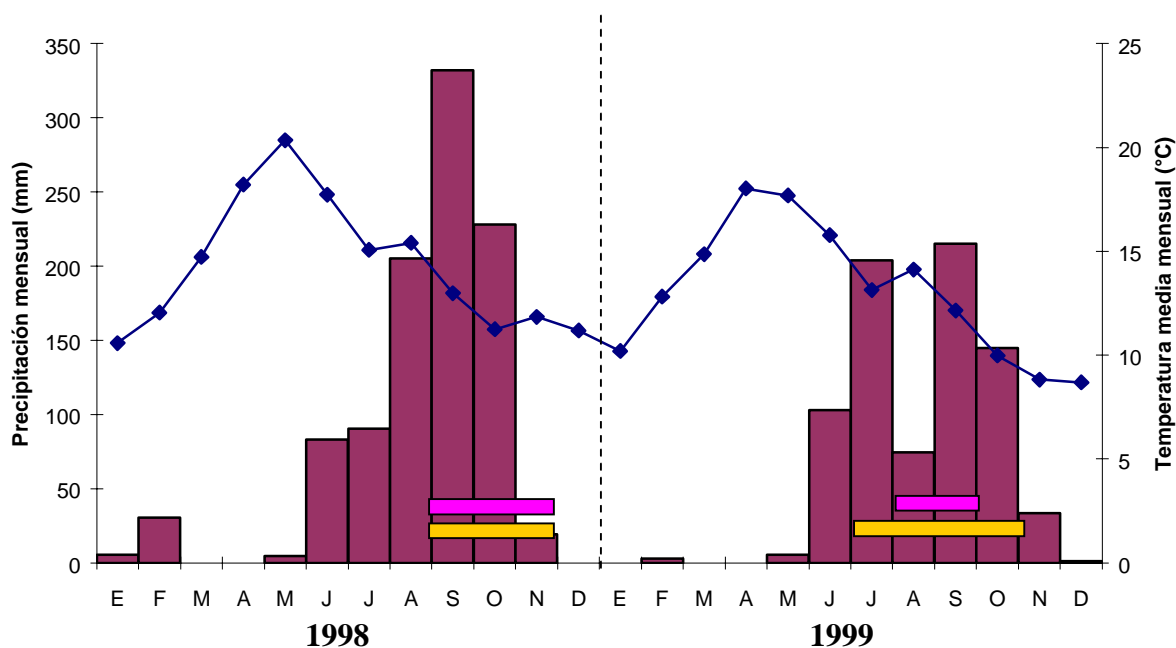


Figura 7.6 Fructificación de *M. similis* (barras verdes) y *M. texana* var. *texana* (barras amarillas) en relación a la temperatura y a la precipitación media en el Municipio de Cadereyta .

En 1998, *Mimosa depauperata* y *M. lacerata* iniciaron la fructificación en septiembre, con una temperatura de 21 °C y una precipitación baja (≤ 20 mm), sin embargo, *M. depauperata* terminó de fructificar más tempranamente, en noviembre con una temperatura de 16 °C y una precipitación menor de 10 mm. *M. lacerata* terminó la fructificación en diciembre, con una temperatura de 13°C y en ausencia de precipitación (Fig 7.5).

Mimosa similis y *M. texana* var. *texana* iniciaron la fructificación en septiembre con una temperatura de 14°C y una precipitación de 340 mm, para ambas especies el período de fructificación concluyó en noviembre, con una temperatura de 12°C y una precipitación de 25 mm (Fig. 7.6).

Al comparar el período de fructificación de las cuatro especies en los dos años de estudio, se observó que: *M. depauperata* presentó la fructificación de manera más tardía durante 1998, coincidiendo con una precipitación mucho más baja durante ese año. *M. lacerata* no presentó cambios en el período de fructificación a pesar de las diferencias de precipitación registradas entre los dos años. *M. similis* presentó un período de fructificación más tardío y más amplio en 1998, mientras que la fructificación fue más corta ó más temprana en 1999, año con menor precipitación anual. *M. texana* var. *texana* presentó un período de fructificación más tardío y más corto en 1998 con una mayor precipitación y más temprano y amplio en 1999 cuando la precipitación fue menor (Figs. 7.5 y 7.6).

7.3.2 Fenología cuantitativa

7.3.2.1 Número de nudos activos en la rama principal de cada especie

Mimosa lacerata y *M. depauperata* presentaron el mayor número (medio anual) de nudos activos en la rama principal (35.41 y 30.08 respectivamente); mientras que *M. texana* var. *texana* y *M. similis* presentaron el menor número (20.16 y 24.16). Por otro lado, el mayor número de nudos activos se presentó en abril-septiembre para las cuatro especies de *Mimosa* (Cuadro 7.1; Fig. 7.7).

Cuadro 7.1. Número de nudos activos presentes en la rama principal de cada especie de *Mimosa*. Literales minúsculas diferentes representan diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$).

Especie	Mes	Número de nudos activos en la rama principal	Especie	Mes	Número de nudos activos en la rama principal
<i>Mimosa lacerata</i>	E	26	<i>M. texana</i> var. <i>texana</i>	E	14
	F	28		F	16
	M	34		M	18
	A	38		A	20
	M	42		M	21
	J	44		J	22
	J	43		J	23
	A	42		A	23
	S	37		S	24
	O	32		O	22
	N	30		N	20
	D	29		D	19
				$\xi = 35.41 \pm 6.43$ a	
<i>M. depauperata</i>	E	33	<i>M. similis</i>	E	22
	F	26		F	21
	M	26		M	20
	A	25		A	23
	M	31		M	21
	J	33		J	22
	J	38		J	24
	A	39		A	29
	S	21		S	32
	O	35		O	29
	N	31		N	25
	D	23		D	22
		$\xi = 30.08 \pm 5.85$ a			$\xi = 24.16 \pm 3.83$ b

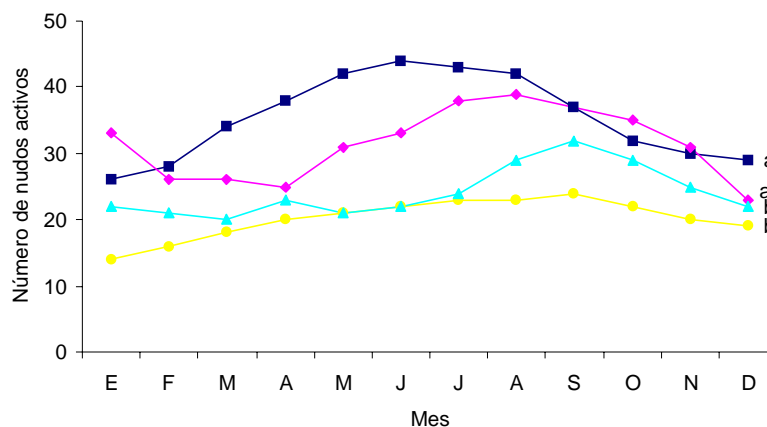


Figura 7.7 Número de nudos activos presentes en la rama principal de cada especie de *Mimosa*: *M. depauperata* ◆; *M. similis* ▲; *M. texana* var. *texana* ●; *M. lacerata* ■. Literales minúsculas diferentes representan diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$).

7.3.2.2 Porcentaje de nudos activos con hojas

El porcentaje de nudos activos con hojas fue diferente para las cuatro especies, durante el año de estudio. En *Mimosa lacerata*, el porcentaje de nudos con hojas osciló entre 6.28 y 45.8%; en *M. depauperata* fue de 12-58 %, en *M. similis*, de 1.2-40.6% y en *M. texana* var. *texana* de 6-45%. Los valores más altos para las cuatro especies, se presentaron en agosto con una precipitación mensual de 55 a 60 mm y una temperatura media mensual de 14 a 22°C (Fig. 7.8, Cuadro 7.2).

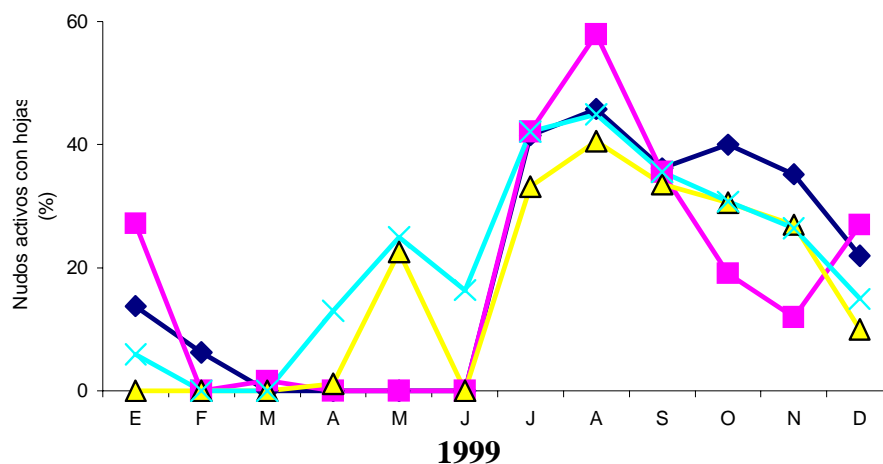


Figura 7.8 Porcentaje de nudos activos con hojas en la rama principal de *M. depauperata* ■, *M. lacerata* ◆, *M. similis* ▲ y *M. texana* var. *texana* X.

7.3.2.3 Porcentaje de nudos activos con inflorescencias.

El porcentaje de nudos activos con inflorescencias, también fue diferente para las cuatro especies. Durante el período de floración, *M. lacerata* fue la especie que presentó el mayor porcentaje de nudos con inflorescencias, el cual osciló entre 13.78-49.6%, registrándose el porcentaje más alto en mayo con una temperatura media mensual alta (24°C) y una precipitación baja (10 mm); en *M. depauperata*, el número de nudos activos con inflorescencia fue de 7-36.8%, con el porcentaje más alto en julio con una temperatura de 22°C y una precipitación de 5 mm; en *M. similis*, el porcentaje de nudos con capítulos florales fue de 4.6-18.4% con el porcentaje más alto en junio con una temperatura de 15°C y una precipitación de 90 mm, en *M. texana* var. *texana* este porcentaje fue de 2-15.6%, con el valor más alto en junio cuando la temperatura fue de 18°C y ausencia de precipitación (Fig. 7.9; Cuadro 7.2)

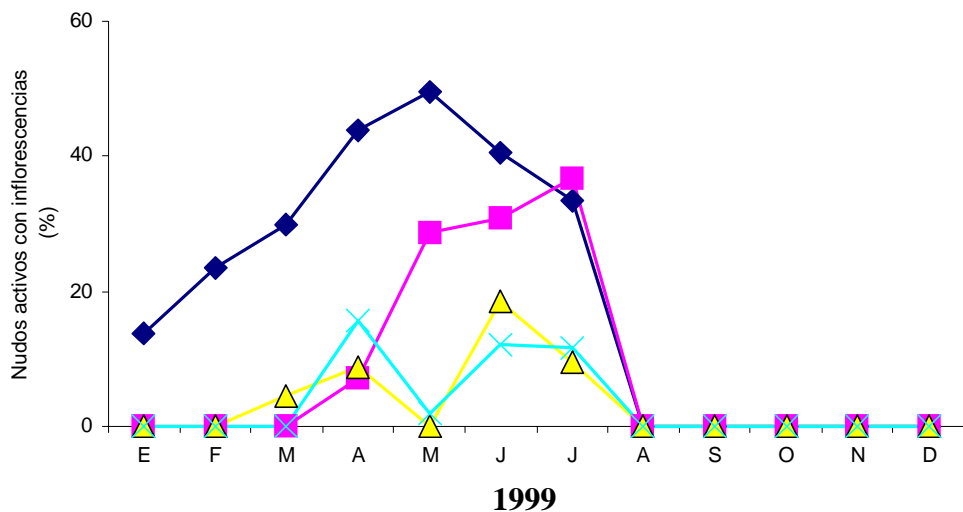


Figura 7.9 Porcentaje de nudos activos con inflorescencias en la rama principal de *M. depauperata* ■, *M. lacerata* ◆, *M. similis* ▲ y *M. texana* var. *texana* X.

7.3.2.4 Porcentaje de nudos activos con frutos

Para las cuatro especies de *Mimosa*, el porcentaje de nudos activos con frutos fue muy bajo en 1999. En ninguna de las especies sobrepasó 5 %.

En *Mimosa lacerata*, el porcentaje promedio de nudos activos con frutos fue de 2.8-5.20%, en *M. texana* var. *texana* fue de 1-4.20%, en *M. similis* fue de 1.40-1.80 % y en *M. depauperata*, de 1% (Fig. 7.10 ; Cuadro 7.2)

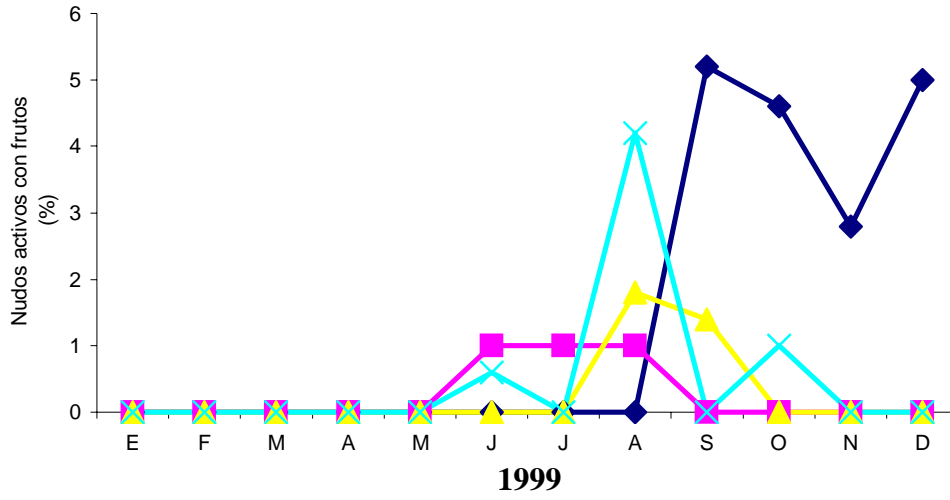


Figura 7.10 Porcentaje de nudos activos con frutos en la rama principal de *M. depauperata* ■
M. lacerata ◆, *M. similis* ▲ y *M. texana* var. *texana* X.

Cuadro 7.2. Porcentaje medio y desviación estándar de nudos activos con hojas, inflorescencias y frutos en la rama principal de las cuatro especies bajo estudio, registrados durante 1999.

Especie	Mes	Nudos activos con hojas (%)	Nudos activos con inflorescencias (%)	Nudos activos con frutos (%)
<i>Mimosa lacerata</i>	E	13.78 ± 13.64	13.78 ± 13.64	0 ± 0
	F	6.28 ± 14.04	23.4 ± 31.59	0 ± 0
	M	0 ± 0	29.8 ± 8.23	0 ± 0
	A	0 ± 0	43.8 ± 17.08	0 ± 0
	M	0 ± 0	49.6 ± 10.53	0 ± 0
	J	0 ± 0	40.6 ± 8.59	0 ± 0
	J	41.6 ± 14.72	33.4 ± 9.53	0 ± 0
	A	45.8 ± 14.74	0 ± 0	0 ± 0
	S	36.2 ± 23.59	0 ± 0	5.20 ± 4.82
	O	40 ± 7.65	0 ± 0	4.60 ± 8.23
	N	35.2 ± 20.43	0 ± 0	2.80 ± 4.38
	D	22 ± 1.58	0 ± 0	5 ± 1.58
	<i>Mimosa depauperata</i>	E	27.2 ± 26.20	0 ± 0
F		0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
M		1.6 ± 3.58	0 ± 0	0 ± 0
A		0 ± 0	7 ± 12.57	0 ± 0
M		0 ± 0	28.6 ± 28.75	0 ± 0
J		0 ± 0	30.8 ± 8.53	1 ± 0
J		42.2 ± 29.48	36.8 ± 22.73	1 ± 0
A		58 ± 10.54	0 ± 0	1 ± 0
S		35.6 ± 21.97	0 ± 0	0 ± 0
O		19.1 ± 21.97	0 ± 0	0 ± 0
N		12 ± 12.51	0 ± 0	0 ± 0
D		27 ± 1.58	0 ± 0	0 ± 0
<i>Mimosa similis</i>		E	0 ± 0	0 ± 0
	F	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
	M	0 ± 0	4.6 ± 10.29	0 ± 0
	A	1.2 ± 2.68	8.8 ± 15.59	0 ± 0
	M	22.6 ± 8.88	0 ± 0	0 ± 0
	J	0 ± 0	18.4 ± 16.36	0 ± 0
	J	33.2 ± 22.08	9.6 ± 9.53	0 ± 0
	A	40.6 ± 14.77	0 ± 0	1.80 ± 4.02
	S	33.6 ± 7.50	0 ± 0	1.40 ± 1.95
	O	30.6 ± 7.92	0 ± 0	0 ± 0
	N	27 ± 8.89	0 ± 0	0 ± 0
	D	10 ± 1.41	0 ± 0	0 ± 0
	<i>M. texana var. texana</i>	E	6 ± 9.97	0 ± 0
F		0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
M		0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
A		13 ± 29.07	2 ± 4.	0 ± 0
M		25 ± 35.94	12 ± 7.78	0 ± 0
J		16.4 ± 22.85	4715.6 ± 22.29	0.60 ± 1.34
J		42.2 ± 25.11	11.6 ± 17.07	0 ± 0
A		45 ± 15.92	0 ± 0	4.20 ± 9.39
S		35.6 ± 13.58	0 ± 0	0 ± 0
O		30.8 ± 19.74	0 ± 0	1.00 ± 2.24
N		26.4 ± 20.28	0 ± 0	0 ± 0
D		15 ± 2.24	0 ± 0	0 ± 0

7.2.2.5 Desarrollo foliar

El patrón de desarrollo de las hojas fue similar para las cuatro especies de *Mimosa*; sin embargo, esta similitud fue mayor entre *M. lacerata* y *M. depauperata* (Fig. 7.11).

a) Mimosa depauperata

El inicio de la foliación se presentó en julio; las hojas iniciales fueron de corta duración, convirtiéndose en juveniles muy rápidamente en este mismo mes y madurando a mediados de junio. En agosto el 100% de las hojas eran maduras y comenzaron la senescencia a mediados de septiembre (Fig. 7.11).

b) Mimosa lacerata

El inicio de la foliación se presentó en julio. Las hojas iniciales se presentaron en un período muy corto, desarrollándose rápidamente en hojas juveniles; ambos estadíos de hojas, se observaron en junio-julio. En agosto el 100% de las hojas eran maduras y comenzaron la senescencia a fines de octubre (Fig. 7.11).

c) Mimosa similis

La foliación inició en junio, las hojas iniciales rápidamente pasaron a juveniles, estadío que no aparece en el gráfico, porque no se observó, sin embargo, las hojas maduras se registraron a partir de julio. En agosto el 90% de las hojas correspondió a este estadío. Las hojas maduras comenzaron la senescencia a mediados de julio (Fig. 7.11).

d) Mimosa texana var. texana

La foliación inició en abril, donde las hojas iniciales presentaron un período largo (marzo-julio), pasando a la etapa juvenil en mayo-julio. La madurez comenzó en junio, en agosto el 90% eran hojas maduras, las cuales comenzaron la senescencia en a mediados de agosto (Fig. 7.11).

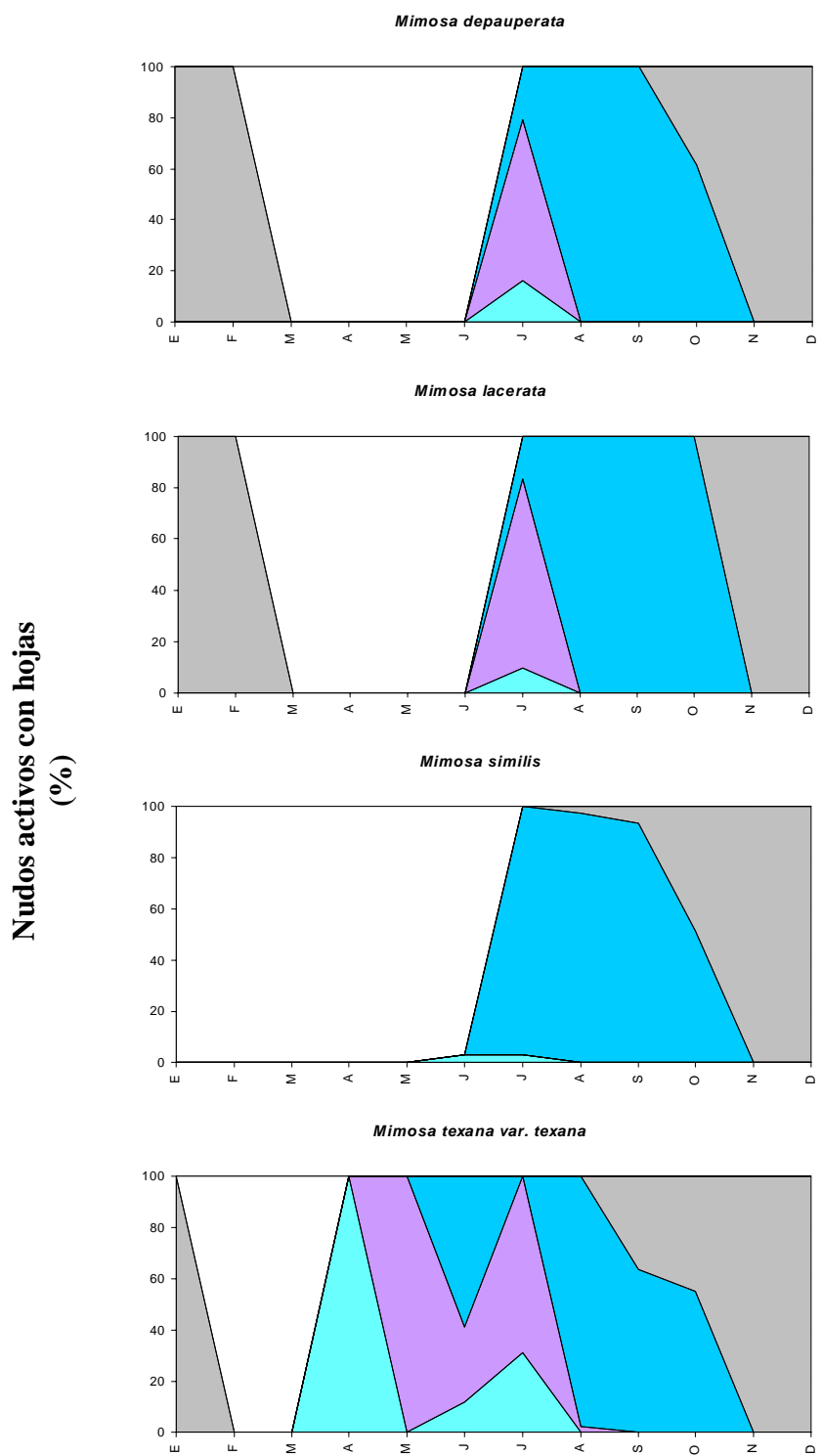


Figura 7.11 Porcentaje de nudos activos con hojas en diferentes estadios, en la rama principal de las cuatro especies del género *Mimosa*. □ Periodo sin hojas; ■ Hojas senescentes; ■ Hojas maduras; ■ Hojas juveniles; ■ Hojas iniciales.

7.3.2.6 Desarrollo floral

a) *Mimosa lacerata*

Los botones florales se presentaron de febrero-julio. El mayor porcentaje de nudos con botones florales se presentó en mayo (84%). Las flores en antesis se registraron en mayo-junio, sin embargo, el porcentaje de nudos que presentaron este estadio, fue menor del 5% (Fig. 7.12).

b) *Mimosa depauperata*

Los botones florales se registraron en abril-julio, el porcentaje mayor de nudos con este estadio se presentó en junio (96%). En los mismos meses, se registraron flores en antesis, el porcentaje de nudos con este estadio no sobrepasó el 27% (Fig 7.12).

c) *Mimosa similis*

Los botones florales se registraron en marzo-julio, con el mayor porcentaje de nudos con flor en junio (84%). Las flores en antesis se registraron en mayo y sólo el 20% de los nudos presentó este estadio (Fig 7.12).

d) *M. texana var. texana*

Los botones florales se registraron en abril-julio, fueron más abundantes en julio (58%) y comenzaron a desarrollarse en flores a partir de julio. Las flores en antesis se registraron hasta el mes de septiembre, sin embargo, el porcentaje de nudos con este estadio fue menor del 10% (Fig. 7.12).

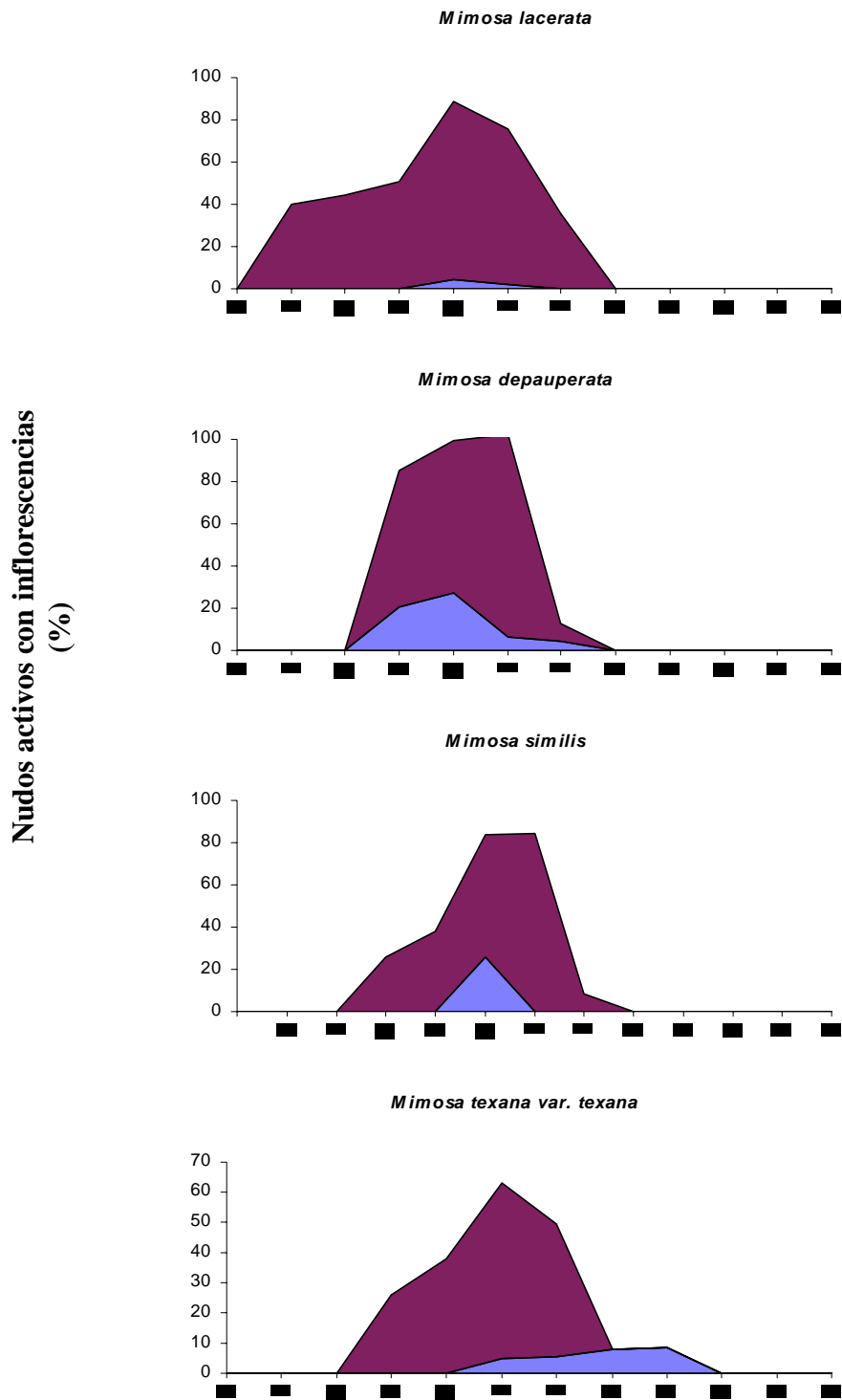


Figura 7.12 Porcentaje de nudos activos con flor en diferentes estadíos, registrados en la rama principal. ■ Botones florales; ■ Flores en anthesis.

7.3.2.7 Desarrollo de frutos

En *Mimosa depauperata* solo se observaron frutos inmaduros en el período mayo-julio; el porcentaje de nudos activos que produjo este estadio de frutos fue del 1% (Fig. 7.13a). En *M. lacerata* los frutos inmaduros se registraron en el período agosto-noviembre; sólo el 5% de los nudos activos presentaron frutos, los cuales alcanzaron la madurez en los meses de noviembre y diciembre (Fig. 7.13b). en *M. similis* los frutos inmaduros se presentaron en agosto-septiembre, pero sólo el 1% de los nudos presentaron frutos los cuales maduraron en septiembre, sólo el 2 % de los nudos presentaron frutos maduros (Fig. 7.13c). En *M. texana* var. *texana* también se registraron únicamente frutos inmaduros en junio-octubre, el porcentaje de nudos activos con frutos, fue menor al 4% (Fig. 7.13d).

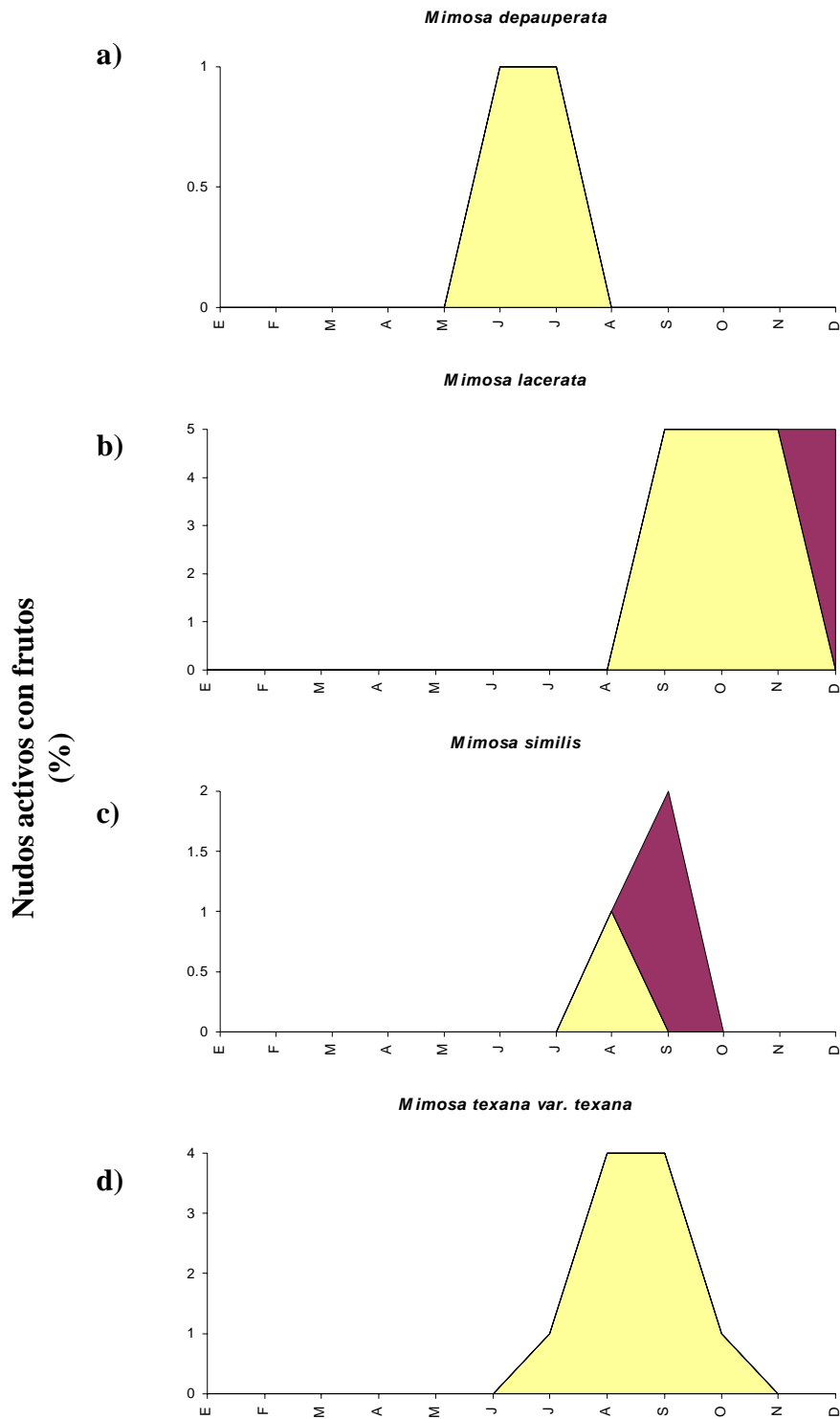


Figura 7.13 Porcentaje de nudos activos con frutos en diferentes estadios, registrados en la rama principal. ■ Frutos inmaduros; ■ Frutos maduros.

7.3.2.8 Atributos de crecimiento evaluados durante un año

a) Tasa de crecimiento anual de la rama principal de cada una de las cuatro especies de *Mimosa*

La tasa de crecimiento de la rama principal varió con la especie. *Mimosa similis*, *M. lacerata* y *M. texana* var. *texana* presentaron la mayor tasa de crecimiento (0.07- 0.12 cm.año⁻¹) sin diferencia estadística entre ellas y *M. depauperata* presentó la tasa de crecimiento menor significativamente (0.028 cm/año) (Cuadro 7.3).

Cuadro 7.3. Longitud inicial y final de la rama principal de las especies de *Mimosa* y tasa de crecimiento anual.

Especie n=5	Longitud inicial cm	Longitud final cm	Tasa de crecimiento cm/año
M. lacerata	128	149	0.07
	126	139	0.04
	100	119	0.07
	120	147	0.09
	110	132	0.08
	$\bar{\xi}=116.8 \pm 11.71$	$\bar{\xi}=137.2 \pm 12.21$	$\bar{\xi}=0.07 \pm 0.018$ a
M. depauperata	104	110	0.03
	100	105	0.02
	98	107	0.03
	102	106	0.02
	100	110	0.04
	$\bar{\xi}=100.8 \pm 2.28$	$\bar{\xi}=107.6 \pm 2.30$	$\bar{\xi}=0.028 \pm 0.008$ b
M. similis	100	140	0.14
	98	128	0.11
	102	127	0.10
	87	120	0.08
	86	126	0.17
	$\bar{\xi}=94.6 \pm 7.53$	$\bar{\xi}=128.2 \pm 7.29$	$\bar{\xi}=0.12 \pm 0.035$ a
M .texana var. texana	82	96	0.07
	80	98	0.04
	75	82	0.13
	84	100	0.08
	80	96	0.09
	$\bar{\xi}=80.2 \pm 3.34$	$\bar{\xi}=94.4 \pm 7.12$	$\bar{\xi}=0.082 \pm 0.032$ a

b) Desarrollo de los nudos activos localizados en la rama principal de las cuatro especies de *Mimosa*

Mimosa depauperata

El desarrollo de los nudos activos durante la época de crecimiento (abril-septiembre) fue canalizado principalmente a la producción de hojas y ramas laterales y en una proporción muy pequeña a inflorescencias y frutos (Fig. 7.14a).

Mimosa lacerata

Los nudos activos se canalizaron hacia la producción de botones florales, ramas laterales y en menor proporción hojas (Fig. 7.14b).

Mimosa similis

Canalizó su crecimiento principalmente a ramas laterales y una proporción menor a hojas, botones florales y frutos (Fig. 7.14c).

M. texana var texana

Canalizó su crecimiento a la producción de hojas y ramas laterales y en una proporción menor a botones florales y frutos (Fig. 7.14d).

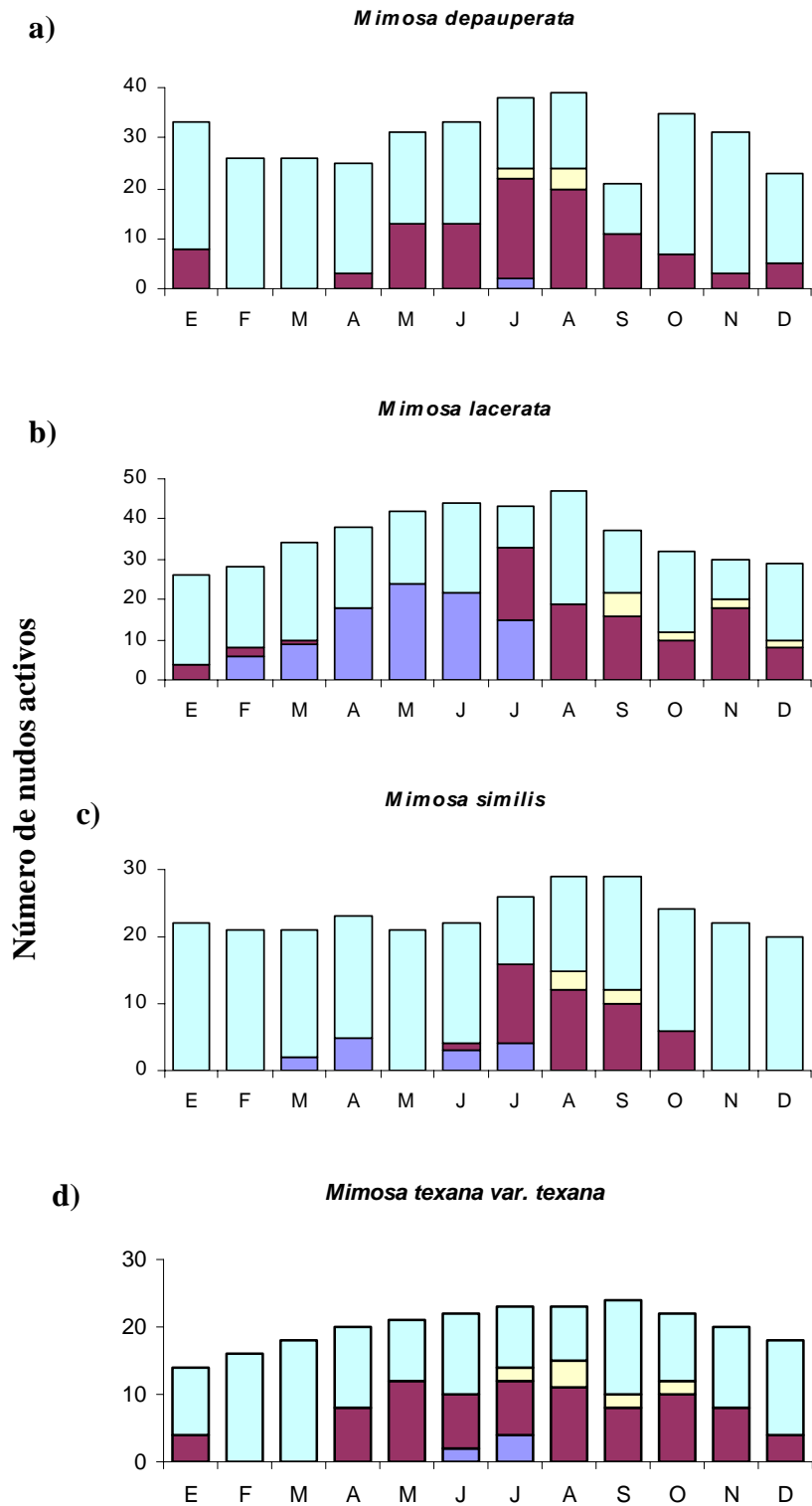


Figura 7.14. Desarrollo de los nudos activos localizados en la rama principal de las cuatro especies de *Mimosa*. □ Ramas laterales; □ Fruto; ■ Hojas y ■ Botones Florales.

7.4 Discusión

Las cuatro especies de *Mimosa* son caducifolias, pierden sus hojas durante la estación seca del año y presentan patrones fenológicos similares.

Las cuatro especies presentaron solo un período de crecimiento foliar al año, sin embargo, el inicio de la foliación varió para las cuatro especies, presentándose dos patrones bien definidos en donde *Mimosa texana* var. *texana* la inició más tempranamente, en el mes de abril, en ausencia de precipitación pluvial, mientras *M. similis*, *M. depauperata* y *M. lacerata* la iniciaron de manera más tardía, durante la estación lluviosa, en el mes de junio la primera y en julio las dos últimas.

Pavón y Briones (2001), encontraron patrones similares de foliación para tres especies leñosas perennes dominantes en la zona semiárida del Valle de Zapotitlán, Puebla: *Mimosa luisana*, *Caesalpinea melanadenia* e *Ipomoea arborescens*, las cuales son clasificadas como especies del tipo persistente fluctuante porque su actividad fenológica inicia durante (*M. luisana* y *C. melanadenia*) o al final (*I. arborescens*) de la estación lluviosa y este comportamiento fue similar al observado en nuestro estudio para *M. similis*, *M. lacerata* y *M. depauperata*, que iniciaron la foliación al principio de las lluvias; en cambio *M. texana* var. *texana* presentó un patrón diferente, iniciando el desarrollo del follaje en la época previa a la precipitación, clasificándose de acuerdo a los mismos autores, como una especie del tipo persistente estacionaria, en donde la actividad fenológica se puede presentar en diferentes épocas del año, como estos mismos autores reportan para las arbustivas freatófitas: *Prosopis laevigata* y *Cercidium praecox*.

Por otro lado, la permanencia del follaje también presentó diferencias entre las especies, osciló entre seis y nueve meses. *Mimosa texana* var. *texana* mantuvo el follaje durante nueve meses, *M. similis* durante siete meses; y *M. lacerata* y *M. depauperata* durante seis meses. López-Portillo *et al.*, (1996), mencionan que la permanencia del follaje en los individuos es una función del aprovechamiento del agua por las especies, más que de la abundancia de ésta en el medio. De acuerdo con esto, un mayor período con hojas en *M. texana* var. *texana* (nueve meses), podría implicar una mayor eficiencia en el uso del agua. Por otro lado, una permanencia mayor de follaje representa una mayor exposición a la luz y con esto la oportunidad de realizar la fotosíntesis por un período más largo, lo cual podría manifestarse en

una mayor acumulación de materia seca. La diferencia en el tiempo de retención de las hojas entre las cuatro especies de *Mimosa* establece una diferencia fenológica importante.

Né-Eman (1993), menciona que las diferencias fenológicas entre poblaciones e individuos puede ser de origen genotípico, o puede reflejar plasticidad fenotípica causada por diferencias climatológicas y edáficas entre las poblaciones y diferencias de microhábitat entre los individuos de cada población

En relación a la senescencia de las hojas, en las cuatro especies, ésta inició entre agosto y octubre con el decremento de la temperatura e independientemente de la precipitación. El período de permanencia de este estadio varió entre las especies, en *M. texana* var. *texana*, las hojas senescentes se registraron durante siete meses, en *M. lacerata* y *M. depauperata* durante seis meses y en *M. similis* durante cinco meses. Este patrón de senescencia, también podría implicar un uso diferente del recurso hídrico, el cual es un factor limitante en los ambientes secos donde crecen estas especies. Es importante resaltar que, en el caso de *M. texana* var. *texana*, las hojas permanecen por un período prolongado; sin embargo, presenta hojas viejas no fotosintéticas de manera más temprana, por lo que esta estrategia no la pone en ventaja sobre las otras.

Azcon-Bieto y Talón (1996), mencionan que las especies envejecen en respuesta a una gran variedad de estímulos ambientales, como baja irradiación, estrés hídrico y cambios estacionales (fotoperíodo), los cuales son característicos del verano. El mismo autor menciona, que las plantas bajo condiciones de sequía ejercen una economía hídrica, cerrando sus estomas; sin embargo, si éstos están cerrados durante un período de tiempo más largo, las hojas envejecen más rápidamente que aquellas que resisten más a la sequía, cuyos estomas permanecen abiertos por períodos más largos. *M. lacerata* y *M. depauperata* iniciaron de manera más tardía la senescencia foliar (septiembre y octubre), por lo que podrían ser las especies con una mayor resistencia a la sequía.

En relación a la abscisión de las hojas, *M. similis* y *M. texana* var. *texana* la iniciaron en enero y *M. lacerata* y *M. depauperata* en marzo; de esta manera, las cuatro especies permanecieron sin follaje, durante un período de tres-cinco meses. *M. texana* var. *texana* presentó el período menor (tres meses) y *M. similis* el mayor (cinco meses). La abscisión de hojas implica la renovación ordenada de células, tejidos y órganos del cuerpo de la planta y su importancia

radica en que a través de este proceso, se elimina la demanda respiratoria de estructuras que no se necesitan, también se facilita la diseminación de semillas y otros propágulos y se evitan los efectos de distintos tipos de estrés como la sequía y la salinidad (Azcón-Bieto y Talón, 1996). En este estudio, la abscisión de hojas se inició de manera más temprana en *M. similis* y presentó un período más largo (cinco meses) sin éstas, frente a condiciones ambientales semejantes a las otras especies, lo cual indicaría que es la especie más sensible o la menos tolerante a la sequía.

En relación al desarrollo de las hojas, se observó un patrón similar para las cuatro especies; sin embargo el tiempo de recambio entre las hojas iniciales-juveniles y maduras fue más corto en *M. similis*, las hojas iniciales y juveniles permanecieron por un período muy corto (un mes), dando lugar rápidamente a las hojas maduras. En *M. depauperata* y *M. lacerata*, el recambio se presentó en dos meses y en *M. texana* var. *texana* en un período mayor (5 meses).

Por otro lado, la permanencia de hojas maduras, también varió con la especie, en *M. lacerata* y *M. depauperata*, éstas se presentaron durante cuatro meses y en *M. similis* y en *M. texana* var. *texana*, permanecieron durante cinco meses.

Nilsen *et al.* (1987), reportan para *Prosopis glandulosa* y *P. torreyana*, dos especies de leguminosas de zonas áridas, un período de permanencia de hojas maduras de cinco meses, lo cual coincide con nuestros resultados.

En lo que respecta a la floración, *M. lacerata* la inició en febrero, *M. similis* en marzo y *M. depauperata* y *M. texana* var. *texana* en abril, independientemente de la precipitación y cuando la temperatura media mensual registrada durante el año, comenzó a incrementarse. Bowers y Dimmit (1994), reportan que la temperatura y el fotoperíodo son los factores ambientales más importantes que controlan la floración. Maya y Arriaga (1996), mencionan que la producción de estructuras vegetativas es inducida por la disponibilidad de agua, mientras que la producción de flores parece estar más relacionada con la temperatura.

Si las curvas de temperatura de Cadereyta y Tolimán son comparadas con el pico de floración de las cuatro especies (Fig. 7.9), considerado como el momento en que el mayor porcentaje de nudos activos produjeron botones florales, se puede notar que el pico de la floración en 1999 ocurrió en los meses con mayor temperatura (abril-mayo) (18 a 24 °C).

En este estudio, la duración de la floración, desde el inicio de los botones florales hasta la marchitez de las flores más tardías, osciló entre cuatro y seis meses para las cuatro especies. *M. depauperata* presentó floración durante cuatro meses, *M. similis* durante cinco meses, *M. texana* var. *texana* durante seis meses y *M. lacerata* siete meses.

Es importante mencionar, que en los recorridos de campo, observamos que la floración fue relativamente más escasa en los individuos localizados en las poblaciones de estudio y más abundante en aquellos sitios localizados a orillas de las carreteras o en las partes bajas de las laderas. En estos sitios, probablemente existe una mayor acumulación de agua y una menor competencia por el uso de este recurso, lo que propicia que los individuos presenten una mayor cantidad de inflorescencias. La cantidad de humedad en el suelo presente al comienzo del período de crecimiento es determinante en la floración de las especies (Abd El Ghani, 1997). La floración poco abundante en las cuatro especies durante la época de estudio fue una respuesta a las bajas precipitaciones registradas durante el año de 1999 en el municipio de Cadereyta donde crecen *M. similis* y *M. texana* var. *texana*. Al comparar la precipitación de años anteriores, se observó que en 1997 la precipitación fue de 467 mm anuales (datos que no se presentaron en esta tesis), en 1998 de 1,045 y en 1999 de 815 mm, por lo que la cantidad de precipitación de este último año pudo haber determinado la poca floración. Beattley (1974), Keeley (1987) y Abd El-Ghani (1997) mencionan, que el patrón y los niveles de precipitación pluvial de la temporada previa en algunas regiones semiáridas, participan en cierta medida en la intensidad de floración de los años siguientes.

En el municipio de Tolimán, donde crece *M. lacerata* y *M. depauperata*, la cantidad de lluvia fue más errática, presentándose una precipitación anual de 440 mm en 1997 (los datos para este año no se presentaron en la tesis), de 121 mm en 1998 y de 376 mm en 1999 por lo que en este caso, la precipitación registrada en varios años ha sido baja, y la floración poco abundante en el año de estudio, no podría ser explicada en función de esta variable. Probablemente la floración de estas especies también ha sido poco abundante en los años previos al estudio.

Comparando los períodos de floración observados en los tres sitios de muestreo, con la época de floración de estas mismas especies de *Mimosa*, basada en colecciones de herbario de su área de distribución completa (Grether *et al.*, en prensa) se encuentran algunas diferencias:

La floración de *M. similis* en general se presenta de mayo a septiembre; en el año de observación y en la zona de estudio ocurrió más tempranamente, iniciando en el mes de marzo.

La época de floración registrada para *M. depauperata* es de siete meses (abril a octubre), incluyendo su distribución completa en los estados de Querétaro e Hidalgo; en la zona de estudio, la floración fue más corta (cuatro meses) en el año de observación.

A lo largo de su área de distribución en México, *M. texana* var. *texana* se ha recolectado con flores en los meses de julio a octubre, mientras que en la zona de estudio, este taxon floreció por un período más largo, iniciando la formación de botones florales en abril.

En general, *M. lacerata* se ha encontrado con flores de abril a diciembre; sin embargo en la zona de estudio inició la floración tempranamente, en febrero y concluyó en agosto.

Por otro lado, *Mimosa lacerata* y *M. depauperata*, son especies que coexisten en la misma comunidad (sitio 1), donde presentan patrones semejantes de foliación; sin embargo, sus períodos reproductivos coincidieron parcialmente. *M. lacerata* inició primero la floración y la mantuvo por más tiempo que *M. depauperata*; esto implica una manera diferente de aprovechar el recurso hídrico. De acuerdo a la teoría de raíz-vástago (Fitter y Hay, 1991), los individuos de *M. lacerata* son de mayor altura y probablemente presenten sistemas radicales más profundos que *M. depauperata*, cuyos individuos son más bajos; de aquí que *M. lacerata* probablemente absorba el agua del suelo de profundidades mayores, lo cual implicaría un nicho ecológico diferente para estas dos especies (Krebs, 1978; Kemp, 1983). Bertiller *et al.* (1991) mencionan que la coexistencia de especies en los ecosistemas desérticos puede ser atribuida a la utilización diferencial de recursos, tanto espacial como temporalmente.

Por otro lado, la fructificación de las cuatro especies en general, inició entre junio-septiembre, coincidiendo con el decremento de la temperatura media mensual. *M. depauperata* fructificó de manera más temprana (junio) y *M. lacerata* de manera más tardía (septiembre), así mismo, junto con *M. texana* var. *texana*, fueron las que presentaron un período más largo de fructificación (tres-cuatro meses) mientras que *M. similis* presentó el período más corto (dos meses).

En el caso particular de *Mimosa texana* var. *texana*, a pesar de presentar un período amplio de fructificación, los frutos en su mayoría no maduraron. Azcon-Bieto y Talon (1996),

mencionan que los déficits hídricos afectan el desarrollo reproductor de las plantas, adelantándolo o atrasándolo, con disminución en algunos casos, de las estructuras reproductoras. También mencionan que la temperatura y la irradiancia condicionan el crecimiento y desarrollo del fruto (Gleeson y Tilman, 1994).

Es importante señalar, que las observaciones de campo mostraron, que en sitios perturbados localizados a orillas de las carreteras o en las planicies bajas, donde el agua del suelo está disponible, los frutos de *M. texana* var. *texana* presentaron maduración; en cambio en aquellos sitios perturbados localizados en pendientes, donde la disponibilidad de agua en el suelo es menor por las escorrentías, se observó una mayor cantidad de frutos inmaduros. Maya y Arriaga (1996), mencionan que cuando la precipitación disminuye y la disponibilidad de agua en el suelo es menor, las plantas asignan este recurso hacia la producción de estructuras vegetativas, más que reproductivas.

Es importante resaltar, que en *Mimosa depauperata* y *M. texana* var. *texana* se presentó un traslape entre el período de floración y fructificación, lo cual no sucedió para *M. lacerata* y *M. similis*, las cuales presentaron la fructificación inmediatamente después de concluida la floración.

Murali y Sukumar (1994), mencionan que las especies que producen flores simultáneamente con los frutos, invierten más recursos en la producción de las flores, y que este traslape, propicia una competencia por los fotosintatos asimilados para su crecimiento y desarrollo, afectando finalmente la maduración de los frutos y los períodos de fructificación, lo cual podría explicar en parte, la no maduración de frutos en *M. texana* var. *texana*.

Grether *et al.* (en prensa) reportan para la región del Bajío en conjunto, que *M. depauperata* fructifica de octubre a febrero y *M. similis*, de junio a noviembre y fuera de la zona del Bajío *M. lacerata* fructifica de mayo a febrero y *M. texana* var. *texana* de octubre a febrero (Grether, *et al.*, en prensa), en todos los casos, la fructificación se presentó de manera más temprana que en nuestra zona de estudio. Este desfase está en función probablemente de la constitución genética de los individuos, de la abundancia de polinizadores y de las condiciones ambientales (Waser, 1979).

De manera general, las cuatro especies estudiadas presentan la floración y la fructificación en la época relativamente más húmeda del año, siguiendo el patrón más común conocido para el género *Mimosa* (Grether, 1982; Grether y Camargo, 1993).

En relación a los atributos de crecimiento evaluados, *Mimosa lacerata* y *M. depauperata* presentaron el mayor número de nudos activos (35.41 y 30.08 respectivamente) y *M. similis* y *M. texana* var. *texana* el menor (24 y 19); esto como una función directa de su altura. El desarrollo de los nudos activos, durante el año de estudio, en las cuatro especies se canalizó en una gran proporción hacia la producción de ramas laterales; sin embargo, durante la época de crecimiento (mayo- septiembre), la mayor parte de los nudos activos, produjeron botones florales. De manera particular, *M. depauperata* y *Mimosa texana* var. *texana* canalizaron el desarrollo de sus nudos activos, hacia la producción de ramas laterales y hojas. *Mimosa similis* los canalizó hacia la producción de ramas laterales y *M. lacerata* hacia la producción de botones florales y ramas laterales, esta diferencia indica mecanismos de crecimiento diferentes, donde *M. depauperata*, *M. texana* var. *texana* y *M. similis* canalizan su energía hacia el crecimiento, mientras *M. lacerata* lo hace hacia la reproducción.

Por otro lado, las cuatro especies presentaron tasas de crecimiento bajas (0.028 a 0.12 cm/año), *M. similis*, *M. lacerata* y *M. texana* var. *Texana* presentaron la tasa mayor y *M. depauperata* la menor. En general, estas tasas de crecimiento fueron muy bajas comparadas con las reportadas en la literatura para algunas leguminosas. Arredondo *et al.* (1998), reportan tasas de crecimiento altas para *Acacia decurrens* (87.2 cm/ año) y bajas para *A. aneura* (17.8 cm/año), *A. caven* (5.8-11.5 cm/año), *A. minuta* (10.2 cm/año), y *A. atramentaria* (2.3 cm/año). Todas estas especies son arbustivas y crecen en matorrales espinosos y pseudosavanas en el centro de Chile. Estos mismos autores, mencionan que los géneros de la familia Leguminosae: *Anadenanthera*, *Caesalpinia*, *Enterolobium*, *Faidherbia*, *Gleditsia* y *Prosopis* presentan tasas de crecimiento muy bajas, menores a 2.3 cm/año, por lo que son especies con un crecimiento muy lento. Comparando estos resultados con los de nuestras especies, se podría concluir que las cuatro especies de *Mimosa* también son de crecimiento lento.

Las tasas de crecimiento bajas, posiblemente son una respuesta al déficit hídrico característico de las zonas secas. Larcher (1983) y Kumar *et al.* (2002), mencionan que la tasa de

crecimiento es el resultado del alargamiento de los entrenudos a medida que la temperatura y la disponibilidad de agua se incrementan.

En general, la fenología de las especies bajo estudio fue muy similar a la presentada por las especies del género en Mesoamérica (Grether, 1997). Esas especies son caducifolias, la foliación se inicia con las primeras lluvias en la primavera, las hojas se desarrollan y persisten durante ocho-nueve meses en el caso de las especies mesoamericanas y de seis-nueve meses en las especies bajo estudio, en el Centro de Querétaro y el follaje se pierde por completo en la época más seca, durante el invierno.

El período de floración es relativamente corto (cuatro-seis meses), empezando en abril o mayo para las especies mesoamericanas y de cuatro-cinco meses para las especies de la Cuenca, iniciándose en febrero y concluyendo en abril. La fructificación se inicia de uno a dos meses después de la floración, para las especies de Mesoamérica, en nuestras especies, la fructificación se inició inmediatamente después de la floración en *M. lacerata* y *M. similis* y en *M. depauperata* y *M. texana* var. *texana*, estas dos fenofases se traslaparon. En las especies de Mesoamérica, la floración tiene una duración de seis y medio a ocho meses y de dos a cuatro meses para las de la Cuenca, donde los frutos maduros persistieron en mayor o menor cantidad durante el invierno, facilitando la dispersión por un período prolongado. Una comparación de los patrones fenológicos registrados en 1998 y 1999 parecen indicar que éstos fueron relativamente constantes, aunque el registro de la fenología en 1998 se inició en agosto y no pudiéndose evaluar la fenología de todo el año, las fenofases abarcaron parte de los mismos meses que las registradas en 1999.

7.5 Conclusiones

Las cuatro especies de *Mimosa* presentaron patrones fenológicos similares con un solo período de crecimiento foliar, sin embargo, la foliación, floración, y fructificación, presentaron diferencias de manera temporal, indicando que las cuatro especies de *Mimosa*, aprovechan diferencialmente los recursos disponibles en las comunidades y ese comportamiento podría representar adaptaciones para evitar la competencia en los ambientes secos donde viven y en donde el agua es el factor limitante.

Por otro lado, en *M. lacerata* y *M. depauperata*, sus períodos reproductivos coincidieron sólo parcialmente en el tiempo, lo que también indica diferencias en la utilización del recurso hídrico, lo cual les permite la coexistencia en el mismo hábitat.

En relación a los patrones de crecimiento, las cuatro especies presentan tasas de crecimiento bajas, comparadas con las de otras leguminosas reportadas en la literatura, se clasifican como especies de lento crecimiento, probablemente en respuesta al déficit hídrico.

El análisis de desarrollo de los nudos activos reflejó comportamientos de crecimiento diferentes, donde *M. depauperata* y *M. texana* var. *texana* canalizaron su crecimiento hacia la producción de ramas laterales y hojas, *M. similis* hacia ramas laterales y *M. lacerata* hacia botones florales. Este comportamiento indica que las tres primeras especies prefieren canalizar su energía hacia el crecimiento, mientras que *M. lacerata* lo hace hacia su reproducción.

8 Germinación

(Este capítulo fue publicado en *Journal of Arid Enviroments* 55(2003) 75-92; se anexa artículo).

8.1 Introducción y Antecedentes

Las zonas áridas y semiáridas de México ocupan entre el 50 y el 60 % de la superficie total del país (1, 972, 546 km² ; Challenger, 1998); estas zonas se localizan desde el norte hasta el centro de México (Rzedowski, 1978; Castillo *et al.*, 1988; García, 1994) y albergan ecosistemas con alta diversidad (cerca de 6000 especies vegetales) y un número importante de endemismos: el 65 % corresponde a nivel de género y el 60% a nivel de especie (Rzedowski, 1991).

En las zonas áridas y semiáridas, el agua es el principal factor limitante para el desarrollo de la vegetación (Wiegand *et al.*, 1999); las plantas deben aprovechar al máximo la escasa e irregular precipitación pluvial, la cual fluctúa entre los 50 y 600 mm anuales, distribuidos en una temporada de lluvias de cinco meses (mayo–septiembre). Las temperaturas diarias oscilan entre 12 y 26 °C. La vegetación más frecuente en estas regiones es el matorral xerófilo; donde la precipitación pluvial varía año con año y las sequías duran hasta cinco años (Rzedowski, 1978). Bajo estas condiciones, las especies vegetales se han adaptado para tolerar, evadir y escapar a la sequía (Whitford, 1986; Salisbury y Ross, 1992) y han desarrollado estrategias de germinación, establecimiento, crecimiento y reproducción que les permiten perpetuarse en estos ambientes. Las especies de la familia Leguminosae constituyen un ejemplo de plantas que han colonizado con éxito las zonas secas. En México se reportan 135 géneros y 1724 especies (Sousa y Delgado, 1998). Desde el punto de vista ecológico, uno de los géneros menos estudiados es *Mimosa* con alrededor de 480 especies a nivel mundial (Elias, 1974; Barneby, 1991). En México se han reportado 102 especies de las cuales el 59% son endémicas (Grether *et al.*, 1996; Sousa y Delgado, 1998), en su conjunto representan alrededor del 20 % del total del género (Grether, 1978). La mayoría de estas especies están localizadas en las zonas semiáridas de México donde se desarrollan bajo condiciones de perturbación (Grether, 1997). En ambientes secos, los individuos adultos pueden propiciar un efecto de nodrizaje, es decir, que las condiciones microclimáticas y de suelo debajo del dosel de un individuo adulto

favorecen el establecimiento de otras especies herbáceas y arbustivas importantes para la dinámica y funcionamiento del ecosistema (Valiente–Banuet *et al.*, 1991; Valiente–Banuet y Ezcurra, 1991; Flores–Martínez *et al.*, 1994). En el Centro de Querétaro en la zona semiárida conocida como la Cuenca del Río Estórax, las especies de *Mimosa* más abundantes son: *Mimosa similis*, *M. texana* var *texana*, *M. depauperata* y *M. lacerata*; éstas crecen y se reproducen en sitios perturbados, donde ocasionalmente son consumidas por las cabras y su madera es recolectada para combustible; sin embargo, no se conocen su historia de vida, los mecanismos de germinación y su fenología. La única información disponible para estas especies, es la taxonómica; breves descripciones de las condiciones de su hábitat, así como su distribución geográfica y altitudinal (Cuadro 8.1).

A pesar de la gran importancia de las especies del género *Mimosa*, como proveedoras de muchos usos y servicios, éstas han tenido poca atención, como muchas otras leguminosas en las zonas áridas y semiáridas de México (Camargo-Ricalde *et al.*, 2001). Uno de los problemas relacionados con la falta de estudios ecológicos en las leguminosas, es la dificultad para la obtención de plántulas a partir de semillas.

La germinación de diversos géneros de la subfamilia *Mimosoideae* ha sido estudiada, incluyendo: *Acacia*, *Prosopis*, *Leucaena* y *Lysiloma* (Mahmoud, 1977; Habit *et al.*, 1981; Muthana, 1986; Abulfatih, 1995; Manga y Sen, 1995; Owens *et al.*, 1995; Cervantes *et al.*, 1995; Franco-Pizaña *et al.*, 1996; Villagra, 1997; Campos y Ojeda, 1997; Wilson y Witkowski, 1998; Cony y Trione, 1998; Teketay, 1998; Argaw *et al.*, 1999; Wiegand *et al.*, 1999).

Para el género *Mimosa* en México, se ha estudiado únicamente la germinación de *M. pudica* (Nava, 1974); *Mimosa biuncifera* (Perea, 1995) y *M. tenuiflora* (Camargo–Ricalde, 1997; Camargo–Ricalde y Grether, 1998). Por ello, el presente estudio fue planteado para responder las siguientes preguntas: ¿Cuál es el efecto de la temperatura en la de germinación de *Mimosa depauperata*, *M. lacerata*, *M. similis* y *M. texana* var. *texana*? ¿Cuáles son las condiciones bajo las cuales estas cuatro especies germinan en el campo? ¿Cuál es la longevidad de las semillas del banco? y ¿Cuál es la potencialidad germinativa de semillas parasitadas?

8.2 Materiales y Métodos

8.2.1 Recolección de semillas

Se colectaron frutos maduros con semillas de las cuatro especies del género *Mimosa*, en el Estado de Querétaro. Tres de estas especies (*Mimosa depauperata*, *M. lacerata* y *M. similis*) son endémicas de México. Por especie, se colectaron 500 frutos maduros de 15 individuos seleccionados al azar, durante la estación de máxima productividad (octubre-diciembre de 1998 y 1999) sin embargo, en ambos años la producción fue muy escasa.

Mimosa similis fue colectada a 6 km al noreste de Higuerrillas, sobre una planicie a 1,845 m; *M. texana* var. *texana* fue colectada a 6 km al norte de San Javier Sombrerete a una altitud de 2,460 m, en un terreno ondulado; ambas localidades pertenecen al Municipio de Cadereyta (20° 56' N, 99° 45' W). *M. depauperata* y *M. lacerata* fueron colectadas a 5 km al noreste de San Pablo Tolimán, en el Municipio de Tolimán (20° 51.6' N, 99° 51.3' W) a una altitud de 2,140 m, sobre el lado suroeste de una pendiente (Fig. 4.1).

La precipitación anual y la temperatura media (de 10 años o más) son 447 mm y 15 °C en Cadereyta y 337 mm y 19 °C en Tolimán.

Cuadro 8.1. Forma de vida, condiciones del hábitat, distribución geográfica y usos de *Mimosa depauperata*, *M. lacerata*, *M. similis* y *M. texana* var. *texana* (Camargo-Ricalde *et al.*, 2001).

Especies	Hábito de crecimiento y hábitat	Distribución	Usos
<i>M. depauperata</i> Benth	Arbusto de 0.3–1.5 m de alto. Se localiza en matorrales xerófilos entre 1,620–2,180 m.s.n.m.	México (Querétaro e Hidalgo). Endémica de la región del centro de México.	Las ramas y tronco son utilizados como leña y las ramas tiernas y las hojas se usan como forraje para cabras
<i>M. lacerata</i> Rose	Arbusto o árbol de 0.6–2.5 m de alto. Se localiza en matorrales xerófilos (1,050–2,250 m.s.n.m.). bosques de coníferas y bosques tropicales deciduos.	México (Querétaro, Hidalgo, Estado de México, Morelos, Tlaxcala, Puebla, Jalisco, Guerrero y Oaxaca). Endémica de México.	Las ramas y el tronco son usados como leña.
<i>M. similis</i> Brit & Rose	Arbusto de 0.5–2.5 m de alto. Es una especie dominante en matorrales xerófilos entre 1,400–2,450 m.s.n.m.	México (Querétaro, restringida a los Municipios de Cadereyta y Peñamiller; también se localiza en San Luis Potosí). Endémica de México.	Las ramas y las hojas son usadas como forraje para las cabras y borregos.
<i>M. texana</i> var. <i>texana</i> (A. Gray). Small	Arbusto de 0.3–1 m de alto. Localizado en matorrales xerófilos entre 1,650–2,460 m.s.n.m.	Texas a Coahuila; Durango, Nuevo León, San Luis Potosí, Tamaulipas y Querétaro.	Las ramas y las hojas se utilizan como forraje para cabras y borregos.

8.2.2 Tratamiento previo a la siembra y caracterización física de las semillas

Inmediatamente después de la recolección, las semillas se extrajeron de los frutos, seleccionando las sanas de las parasitadas y de las abortadas. Las semillas sanas fueron desinfectadas al lavarse con detergente comercial (3 g de detergente/100 ml de agua) antes de cualquier uso experimental (Camargo–Ricalde y Grether, 1998).

Para la caracterización física de las semillas de cada especie, se utilizaron cuatro repeticiones de 20 semillas seleccionadas al azar, para cada variable medida (Cuadro 8.2). Cada repetición de semillas fue evaluada. El tamaño de las semillas se midió con vernier; y el peso de la semilla completa, de la testa y del embrión, fueron determinados individualmente en una balanza analítica (± 0.001 mg); el contenido de humedad fue determinado en una estufa a temperatura baja y constante (Bonner, 1991); y la viabilidad de las semillas se determinó antes de la germinación, utilizando la prueba del cloruro de difenil-tetrazolio (Moore, 1962).

8.2.3 Germinación bajo condiciones de laboratorio

8.2.3.1 Tratamientos térmicos

Como otras leguminosas, las especies del género *Mimosa* presentan latencia física impuesta por cubiertas duras (van Staden *et al.*, 1989), la cual puede ser eliminada mediante escarificación mecánica; para ello, un grupo de semillas fueron escarificadas mecánicamente, utilizando un bisturí para cortar aproximadamente 2 mm de la testa, del lado opuesto al embrión; asimismo, otro lote de semillas no escarificadas fueron utilizadas como testigo.

Para cada tratamiento térmico, 80 semillas de cada especie, fueron divididas en cuatro repeticiones de 20 semillas cada una. Cada repetición de semillas fue sembrada en cajas de Petri de 9 cm de diámetro sobre 40 ml de agar bacteriológico al 1 %, e incubadas en una cámara de germinación (Labline Biotronette) a cuatro temperaturas constantes 10, 20, 30 y 35°C, bajo condiciones de oscuridad continua. Un control de 80 semillas no escarificadas de cada especie, fue utilizado en cuatro repeticiones de 20 semillas.

A los resultados se les aplicó un diseño estadístico completamente al azar con cuatro repeticiones de 20 semillas por tratamiento. El porcentaje de germinación fue evaluado diariamente bajo luz verde y la germinación fue considerada cuando la radícula emergió 1 mm de la cubierta (Bewley y Black, 1994). Las semillas germinadas fueron separadas después del

conteo. Las pruebas se continuaron durante 40 días. La velocidad de germinación fue definida como el número de días transcurridos hasta alcanzar el 50 % de la germinación final en cada régimen de temperatura.

8.2.3.2 Germinación de semillas dañadas por coleópteros de la familia Bruchidae

Por especie se seleccionó, un grupo de 100 semillas dañadas por parásitos de la familia Bruchidae. Esas 100 semillas fueron divididas en cinco repeticiones de 20 cada una y cada repetición fue sembrada en cajas de Petri con agar bacteriológico al 1 % y se incubaron en una cámara de germinación (Labline Biotronette) a 20 °C, bajo un fotoperíodo de 12 horas luz por 12 horas oscuridad.

Un testigo de 100 semillas escarificadas para cada especie fue utilizado en cinco repeticiones de 20 semillas, examinadas diariamente. La prueba duró 10 días. El porcentaje de germinación fue evaluado. Los resultados se analizaron en un diseño estadístico completamente al azar con cinco repeticiones de 20 semillas por tratamiento.

8.2.3.4 Germinación bajo condiciones de campo

En el mes de abril de 1999 se llevaron a cabo las pruebas de germinación para las cuatro especies, a 5 km al noreste de San Pablo Tolimán (20° 51.6' N, 99° 51.26' W). El tipo de vegetación de esta comunidad es matorral crasicuale, donde las especies dominantes son: *Mimosa lacerata*, *M. depauperata*, *Opuntia* spp. y *Zaluzania* spp.

La germinación se evaluó debajo del dosel de cuatro individuos de *M. lacerata* separados entre sí por 10 m, así como en cuatro áreas abiertas. Debajo de cada uno de los cuatro individuos de *M. lacerata* y en cada una de las cuatro áreas abiertas, se colocaron 80 semillas escarificadas de cada especie en cuatro repeticiones de 20 semillas. Cada repetición fue sembrada en cajas de Petri de 9 cm de diámetro con agar bacteriológico (1 %) y del mismo modo, se sembraron semillas sin escarificar como testigo. Diariamente se evaluó el número de semillas germinadas. La prueba duró 10 días y finalmente el porcentaje y la tasa de germinación fueron calculadas. Los resultados fueron analizados en un diseño estadístico completamente al azar con cuatro repeticiones de 20 semillas por tratamiento. Debajo del dosel de *M. lacerata* así como en las áreas abiertas, se evaluó diariamente a nivel del suelo a

las 13:00 hrs., la temperatura ambiental y la radiación fotosintéticamente activa (PAR), mediante un ceptómetro (Sunfleck). Se tomaron diez lecturas de cinco puntos diferentes en cada sitio.

8.2.3.5 Longevidad de semillas

El experimento se llevó a cabo durante el mes de diciembre de 1998 y diciembre de 1999, en el matorral con *M. lacerata* y *M. depauperata* localizado a 5 km al noreste de San Pablo Tolimán (20° 51.6' N, 99° 51.3' W). Se cuantificó la longevidad de las semillas no escarificadas de las cuatro especies de *Mimosa* sobre la superficie del suelo y a una profundidad de 3 a 5 cm, bajo dos condiciones: 1) debajo del dosel de cinco individuos de *M. lacerata* y 2) en cinco áreas abiertas.

Las temperaturas medias mensuales presentaron un máximo en el mes de julio (20.6 °C) y un mínimo (10.2 °C) en el mes de febrero. La precipitación promedio anual fue de 289 mm, distribuida bimodalmente con picos en julio y septiembre. Este sitio presentó un suelo tipo Redzina con una textura areno-limosa (Zamudio, 1984). Se seleccionaron 800 semillas sanas para cada especie, libres de daños por parásitos y, se dividieron en dos grupos de 400 semillas. Cada uno de esos grupos de 400 semillas, a su vez fue dividido en 5 repeticiones de 80 semillas, que fueron colocadas en series de 20 en costales de malla plastificada (5x6 cm; malla de 0.2 cm de apertura) diseñados para prevenir pérdidas por pájaros, granívoros o por roedores. Veinte bolsas se colocaron en cada condición el 15 de diciembre de 1998 y fueron divididos en cinco grupos de cuatro, y cada grupo de bolsas fue enterrado debajo del dosel de uno de cinco individuos de *M. lacerata*.

De la misma forma, otro grupo de 400 semillas fue utilizado como control y las semillas fueron enterradas en cinco áreas abiertas. Cinco sacos de cada sitio, fueron colectados en intervalos de 3 meses y la viabilidad de las semillas enterradas fue determinada. El experimento duró un año. El porcentaje de germinación de las semillas fue determinado como un indicador de la longevidad. Las pruebas de germinación fueron realizadas en el laboratorio a 25 °C y bajo un fotoperíodo de 12 horas. Los resultados fueron analizados mediante un diseño estadístico completamente al azar con cinco repeticiones de 80 semillas por tratamiento.

8.2.3.6 Análisis estadístico

Los resultados finales del tamaño de la semilla, peso del embrión, peso de la testa, contenido de humedad, porcentaje de semillas parasitadas por brúchidos y porcentaje de longevidad de las semillas se sometieron a un análisis de varianza de un factor y comparaciones múltiples por el método de Tukey (Excel Microsoft Company, 2000).

Los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas fueron verificados. Los resultados de germinación en el campo y en el laboratorio fueron analizados separadamente y de la misma manera (Infante y Zárate de Lara, 1990).

8.3 Resultados

8.3.1 Características de las semillas

Las semillas más grandes fueron las de *M. texana* var. *texana* (Cuadro 8.2); sin embargo, estas mismas semillas fueron las más aplanadas, ya que presentaron, junto con las de *M. lacerata* el menor grosor de la testa. El embrión de *M. texana* var. *texana* también fue el más grande, pesando casi dos veces más que los de *M. similis* y *M. depauperata* y, casi siete veces más que el de *M. lacerata*. Por otra parte, el contenido de humedad de *M. texana* var. *texana* fue más alto que el de *M. lacerata*, y las semillas de *M. texana* var. *texana* fueron las más atacadas por brúchidos, casi la mitad del esfuerzo reproductivo de la especie fue nulificado por parasitismo (Cuadro 8.2). *M. lacerata* fue la especie que presentó las semillas más pequeñas, con el menor contenido de humedad y el menor parasitismo por brúchidos. *M. depauperata* y *M. similis* presentaron un tamaño de semilla intermedio, así como el mayor contenido de humedad, aunque en *M. depauperata* fue ligeramente más alto. El parasitismo por brúchidos no excedió del 24 %. La testa de la semilla presentó un peso similar en todos los casos (Cuadro 8.2).

Cuadro 8.2. Características de las semillas de *M. depauperata*, *M. texana* var. *texana*, *M. similis* y *M. lacerata*, procedentes del Estado de Querétaro. El tamaño de la semilla (longitud, grosor, ancho), el peso fresco de la semilla, del embrión, de la testa y el contenido de humedad son las medias (\pm sd) de 20 semillas seleccionadas al azar para cada especie; el porcentaje de semillas parasitadas y la viabilidad fue el resultado de 4 replicas de 20 semillas. Las letras minúsculas indican semejanzas o diferencias significativas ($\alpha=0.05$).

Características de las semillas	<i>M. depauperata</i>	<i>M. lacerata</i>	<i>M. texana</i> var. <i>texana</i>	<i>M. similis</i>
Longitud (mm) (n=20)	3.48 \pm 0.386 b	3.74 \pm 0.250 b	4.84 \pm 0.515 a	3.54 \pm 0.433 b
Ancho (mm) (n=20)	2.87 \pm 0.240 b	2.65 \pm 0.235 c	3.39 \pm 0.933 a	2.76 \pm 0.345 c
Grosor (mm) (n=20)	2.41 \pm 0.188 a	1.35 \pm 0.235 d	1.57 \pm 0.205 c	1.88 \pm 0.264 b
Semilla (peso fresco) (g) (n=20)	0.039 \pm 0.006 b	0.020 \pm 0.002 c	0.072 \pm 0.016 a	0.045 \pm 0.008 b
Embrión (peso fresco) (g) (n=20)	0.027 \pm 0.004 c	0.009 \pm 0.002 d	0.062 \pm 0.015 a	0.034 \pm 0.007 b
Testa (peso fresco) (g)	0.01 \pm 0.0036 a	0.011 \pm 0.0036 a	0.010 \pm 0.003 a	0.010 \pm 0.0037 a
Contenido de humedad % (n=20)	7.26 \pm 1.76 a	4.41 \pm 1.17 c	6.15 \pm 1.64 b	6.30 \pm 2.16 b
Semillas dañadas por <i>bruchidos</i> (%) (n=80)	23.46 \pm 3.22 c	4.5 \pm 1.0 d	41.27 \pm 3.2 a	31.37 \pm 5.24 b
Viabilidad (%) (n=80)	81.66 \pm 3.47 b	78.33 \pm 6.38 b	88.33 \pm 11.38 b	92.50 \pm 2.8 a

8.3.2 Germinación bajo condiciones de laboratorio

8.3.2.1 Tratamientos térmicos

Las semillas escarificadas de las cuatro especies del género *Mimosa* presentaron porcentajes de germinación altos ($\geq 70\%$), en un rango amplio de temperaturas (Figs. 8.1 y 8.2); en cambio las semillas no escarificadas presentaron bajos porcentajes de germinación ($\leq 60\%$) por lo que en este trabajo sólo se presentaron los resultados para el testigo germinado a 30 °C. Es importante resaltar que en el caso de *M. lacerata* la escarificación de semillas fue indispensable para lograr la germinación (Fig. 8.2), no así en el caso de las otras tres especies, donde las semillas no escarificadas presentaron porcentajes de germinación superiores al 20

% . Las cuatro especies tienen la capacidad de germinar en un rango de temperaturas entre 10 y 35 °C; sin embargo, la temperatura óptima fue de 20 y 35 °C, para *M. depauperata*, *M. similis* y *M. lacerata* y de 30 y 35 °C para *M. texana* var *texana* (Fig. 8.3).

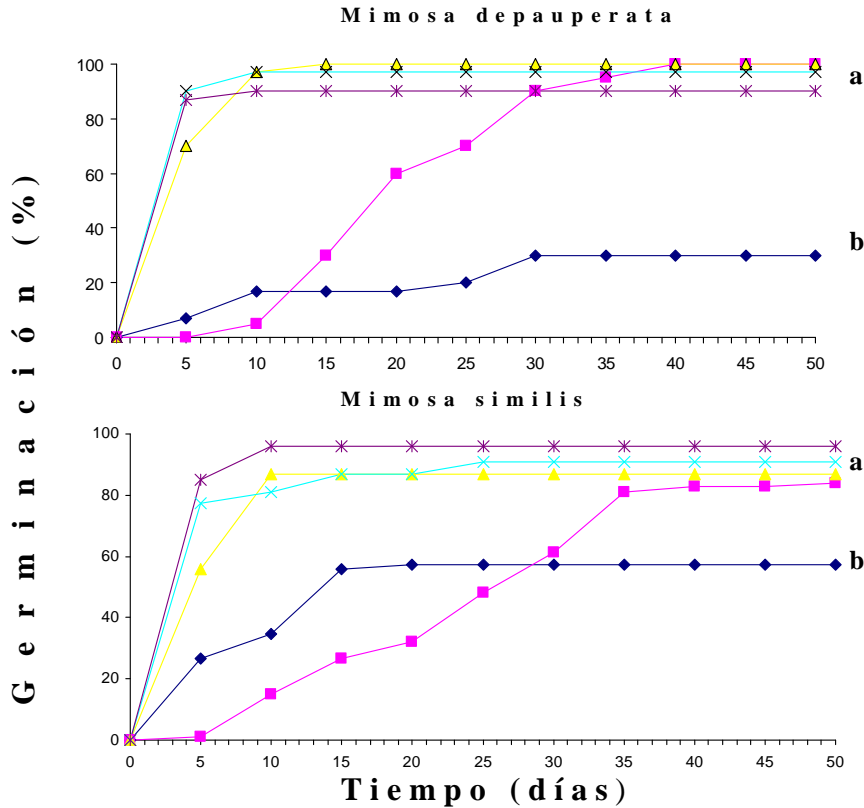


Figura 8.1. Germinación de semillas escarificadas y no escarificadas de *Mimosa depauperata* y *M. similis* bajo el efecto de cuatro temperaturas constantes. Semillas escarificadas (■)= 10 °C, (△) = 20 °C; (⊕) = 30 °C; (⊖) = 35 °C; semillas no escarificadas (□)=30°C. Las letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre tratamientos térmicos.

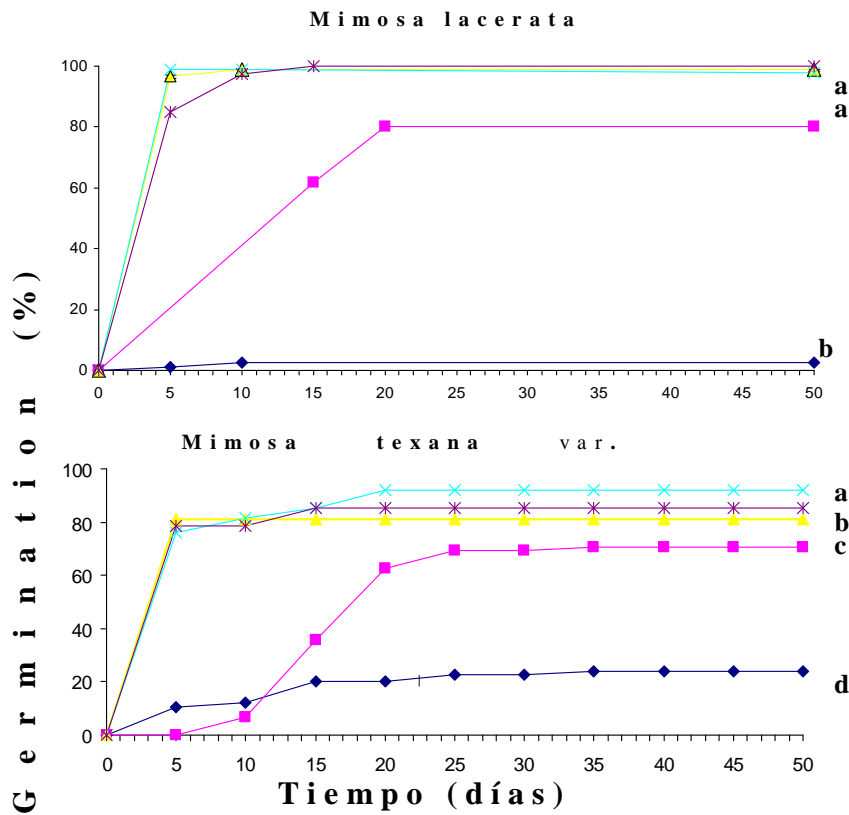


Figura 8.2. Germinación de semillas escarificadas y no escarificadas de *Mimosa lacerata* y *M. texana* var. *texana* bajo el efecto de cuatro temperaturas constantes. Semillas escarificadas (■)= 10 °C, (△) = 20 °C; (⊕) = 30 °C; (⊔) = 35 °C; semillas no escarificadas (⊔)=30°C. Las letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$) entre tratamientos térmicos.

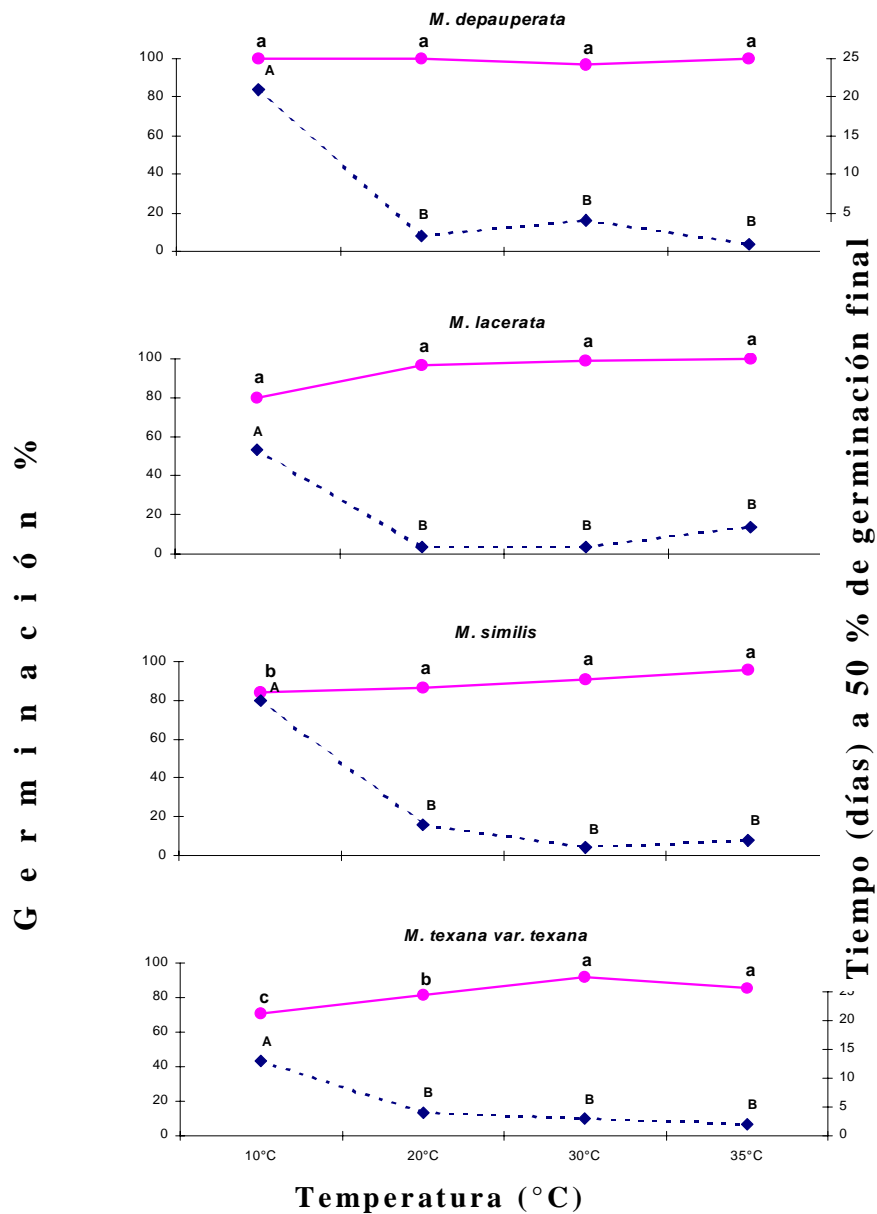


Figura 8.3. Germinación de semillas escarificadas de *Mimosa depauperata*, *M. similis*, *M. lacerata* y *M. texana var. texana* en respuesta a diferentes regímenes de temperatura constante (●) y velocidad de germinación medida como el tiempo (en días) al 50 % de la germinación final en cada régimen de temperatura constante (◊)(medias ± SE; duración de la prueba de germinación = 40 días). Puntos con letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos térmicos.

8.3.2.2 Germinación de semillas dañadas por coleópteros de la familia Bruchidae

La infestación de las semillas por brúchidos fue alta y diferente entre especies (Cuadro 8.2). Los resultados mostraron que la infestación de las semillas presentó un efecto detrimental (Fig. 8.4).

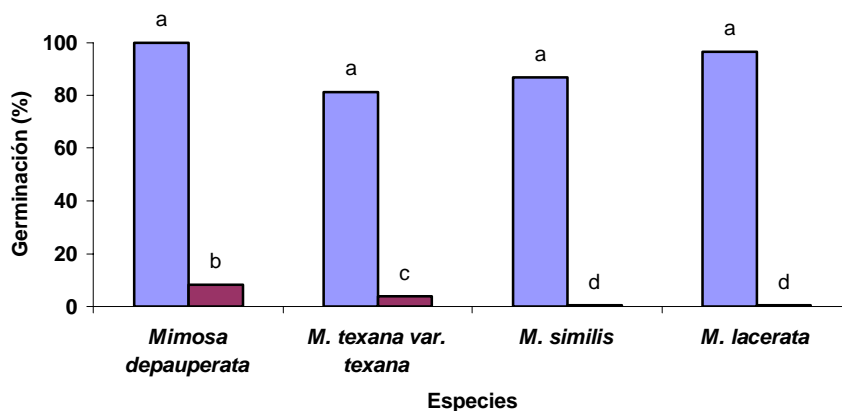


Figura 8.4. Germinación de semillas parasitadas por brúchidos ■ y semillas escarificadas ■, a 20 °C y 12 horas de fotoperíodo. Letras minúsculas indican similitud o diferencias significativas ($p \leq 0.05$)

8.3.2.3 Germinación bajo condiciones de campo

En el campo, la germinación de las semillas escarificadas de las cuatro especies fue alta ($\geq 90\%$), no se encontraron diferencias significativas debajo del dosel de *M. lacerata* y en áreas abiertas; en cambio, las semillas no escarificadas presentaron porcentajes de germinación muy bajos ($\leq 30\%$) (Figs. 8.5 y 8.6). La germinación debajo del dosel ocurrió, bajo radiaciones fotosintéticamente activas medias de $531 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}^{-1}$ y en áreas abiertas de $1,127 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}^{-1}$; las temperaturas medias ambientales registradas fueron de 22 y 32°C respectivamente.

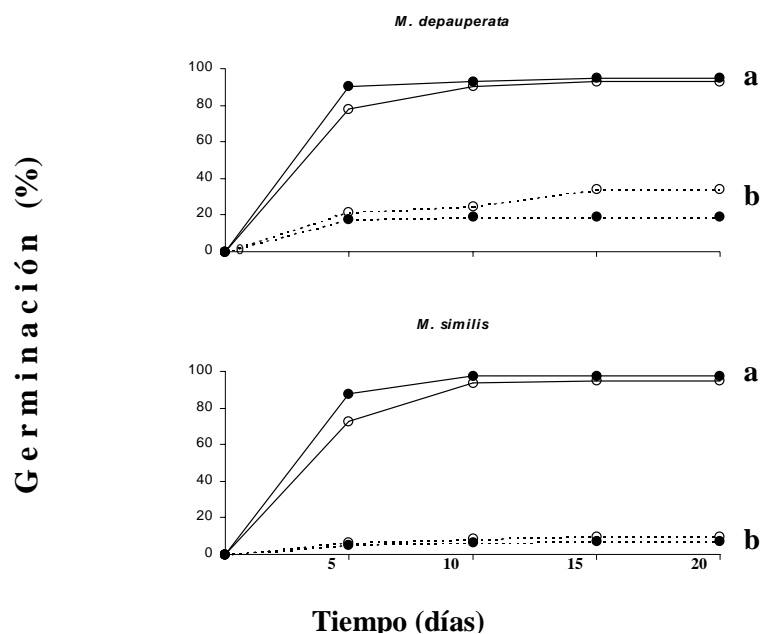


Figura 8.5. Germinación en el campo de *M. depauperata* y *M. similis* debajo del dosel (●) y en áreas abiertas (o) para semillas escarificadas (—) y semillas no escarificadas (---) durante 10 días. Letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0.05$).

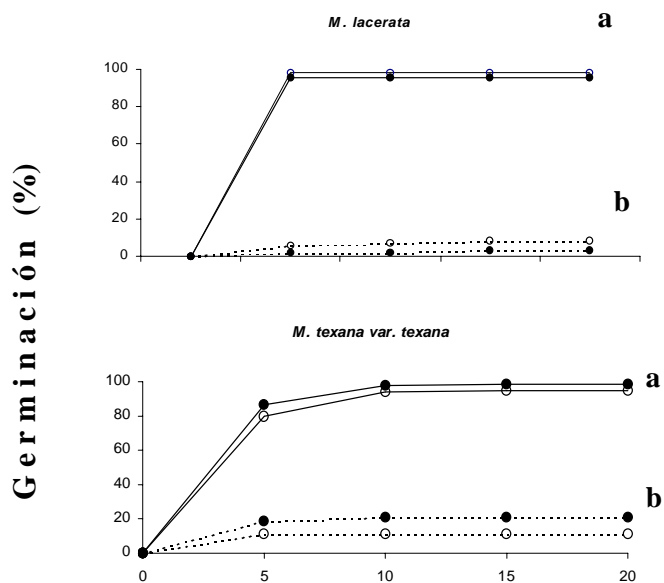


Figura 8.6. Germinación en el campo de *M. lacerata* y *M. texana* var. *texana* debajo del dosel (●) y en áreas abiertas (o) para semillas escarificadas (—) y semillas no escarificadas (---). Letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0.05$).

8.3.3.4 Longevidad de las semillas

Las semillas de las cuatro especies presentaron una pérdida anual de viabilidad entre el 20 y el 73 %; en el banco del suelo no se observaron diferencias significativas entre las semillas enterradas debajo del dosel y aquellas en áreas abiertas.

Las semillas del banco de *M. lacerata* presentaron porcentajes de germinación del 73 % después de un año; para *M. texana* var. *texana* de 40–48 % y para *M. similis* y *M. depauperata* se obtuvieron los valores más bajos: < 30 % (Cuadro 3).

Cuadro 8.3. Porcentaje de germinación de semillas enterradas en el suelo, a lo largo de un año para las cuatro especies bajo estudio, a 25 °C y de fotoperíodo de 12 horas (media y desviación estándar).

Especie	Incorporación al banco	% de germinación después de la incorporación al banco							
		3 meses		6 meses		9 meses		12 meses	
		(Marzo)		(Junio)		(Septiembre)		(Diciembre)	
		dosel	Áreas abiertas	dosel	Áreas abiertas	dosel	Áreas abiertas	dosel	Áreas abiertas
<i>M. texana</i> var <i>texana</i>	90.00 ± 12.58	89.84 ± 8.03	89.23 ± 10.33	61.00 ± 10.83	54.00 ± 17.10	47.00 ± 9.70	53.00 ± 4.40	40.00 ± 14.4	48.00 ± 18.37
<i>M. similis</i>	80.00 ± 4.08	54.60 ± 13.5	52.00 ± 32.4	34.34 ± 8.68	33.00 ± 19.74	25.00 ± 13.69	17.00 ± 11.51	24.00 ± 12.94	16.25 ± 13.14
<i>M. depauperata</i>	90.83 ± 1.63	26.00 ± 12.94	34.00 ± 19.23	22.00 ± 1.63	32.00 ± 2.82	19.75 ± 2.06	31.00 ± 2.58	18.00 ± 0.95	30.00 ± 1.63
<i>M. lacerata</i>	92.25 ± 1.63	85.5 ± 2.08	82.00 ± 2.16	80.00 ± 4.43	78.00 ± 0.81	78.00 ± 0.81	75.50 ± 3.10	73.00 ± 1.63	72.00 ± 2.16

8.4 Discusión

Las poblaciones de las semillas de las cuatro especies del género *Mimosa* estudiadas, presentaron diferencias morfológicas y fisiológicas. La longitud de las semillas varió entre 3.48 y 4.84 mm; el ancho entre 2.65 y 3.39 mm; y el grosor entre 1.35 y 2.41 mm (Cuadro 8.2), lo cual coincide con los datos reportados para el género *Mimosa* en Mesoamérica (Grether, 1997), así como para las especies reportadas del Valle de Tehuacán–Cuicatlán y para las encontradas en el Bajío en México (Grether *et al.*, en prensa).

El tamaño de las semillas no presentó diferencias en relación al tipo de vegetación o al hábitat, lo cual coincide con lo reportado por Grether (1997), pero sí en relación a la especie y parasitismo por coleópteros. Las semillas de *M. texana* var *texana* fueron las más grandes, en función del mayor peso del embrión, pero también fueron las más parasitadas por coleópteros. *M. lacerata* presentó las semillas más pequeñas y menos parasitadas; en este caso, la testa de las semillas pesó un poco más que el embrión; por lo que podría ser un poco más gruesa que la de las otras especies, garantizando de esta manera una mayor protección contra los efectos del

ambiente y los ataques por los brúchidos (Argaw *et al.*, 1999); asimismo, las semillas de esta especie tuvieron el menor contenido de humedad y una mayor longevidad en el campo (Owens, *et al.*, 1995) (Cuadro 8.3).

La longevidad anual de las semillas en el campo varió dependiendo de la especie; los datos muestran pérdidas del 20 al 73 %; datos similares han sido reportados para otras leguminosas (Owens *et al.*, 1995). Las semillas de *Mimosa depauperata* presentaron la menor longevidad y las semillas de *M. lacerata* la mayor.

Armella (1990), reportó, un porcentaje de infestación por brúchidos del 9.95 % para las semillas de *M. lacerata*, lo cual representó uno de los porcentajes más bajos en relación a 15 especies de leguminosas estudiadas.

Mimosa similis y *M. depauperata* presentaron semillas con tamaños intermedios sin diferencias significativas entre ellas (Cuadro 8.2), por lo cual se podrían conjuntar en un solo grupo de semillas medianas, las cuales se asocian por su longitud similar, a pesar de que sus formas son diferentes.

El tamaño de la semilla tiene una relación directa con el porcentaje de depredación, tanto para especies de zonas áridas (Armella, 1990), como para especies de zonas tropicales (Kingsolver, 1980; Armella, 1990). Los resultados de este trabajo mostraron una relación directa entre el tamaño de la semilla y el porcentaje de infestación.

Wiegand *et al.* (1999), reporta que los brúchidos, pueden mejorar la germinabilidad en aquellos casos raros, donde el embrión de las semillas de árboles de *Acacia* no es destruido por los coleópteros, debido a que la perforación de salida del coleóptero incrementa la permeabilidad de la testa y así, se da la germinación. Es importante enfatizar que el parasitismo por brúchidos no mejoró la germinación de las especies de *Mimosa* estudiadas (Fig. 8.4).

El contenido de humedad para las cuatro especies fue bajo (4–7 %) y similar al reportado para algunas semillas de especies de zonas áridas (PRONARE, 1999). Algunos géneros notables por su abundancia en esos ecosistemas tales como: *Prosopis* y *Acacia* mostraron bajos contenidos de humedad (entre 5 y 8 %). Baskin y Baskin (1998), reportan que los rangos del contenido de humedad para semillas con cubiertas impermeables va del 2 al 21%. El bajo contenido de humedad encontrado en las semillas de las cuatro especies de *Mimosa*, indica

que sus cubiertas son impermeables al agua. El contenido de humedad de las semillas con cubiertas impermeables tiene implicaciones en la germinación, porque está relacionado con la tasa de pérdida de la latencia física. Las semillas con cubiertas impermeables, evitan que la germinación se lleve a cabo hasta que las condiciones ambientales (humedad relativa y fluctuaciones de temperatura) provoquen la apertura del hilo, seguida por la imbibición y finalmente la germinación (Cervantes *et al.*, 1995).

La impermeabilidad de la semilla se incrementa conforme el contenido de humedad de la semilla decrece (Baskin y Baskin, 1998), dando como resultado semillas con testas más duras. Los resultados mostraron que la testa de las semillas de las cuatro especies presentan un peso equivalente; sin embargo, la relación entre tamaño de la semilla y peso del embrión en el caso de *M. lacerata* mostró que la testa pesa un poco más que el embrión, lo que podría indicar un mayor grosor de la testa y con esto la garantía de una mayor protección. *M. texana* var. *texana* fue el caso opuesto, donde la testa pesó seis veces menos que el embrión, indicando la presencia de una testa más delgada y, en consecuencia, una mayor depredación por brúquidos. Las semillas de *M. depauperata* y *M. similis* enterradas en el suelo pierden entre un 56 y 73 % de su viabilidad en un año (Cuadro 8.3), y son las que contienen mayor porcentaje de humedad (Cuadro 8.2); en cambio las semillas de *M. texana* var. *texana* y *M. lacerata* mostraron una pérdida menor de viabilidad (del 20 al 50 %) en función de los menores contenidos de humedad.

En relación a la germinación, es necesario mencionar que las cuatro especies del género *Mimosa* presentan una testa dura, característica de muchas leguminosas (Teketay, 1998; van Staden *et al.*, 1989), la cual ha evolucionado para evitar los daños causados por las condiciones desfavorables como el calor causado por el fuego, los dientes de los dispersores y las sequías severas. La presencia de esta testa dura provocó que las pruebas de germinación sólo fueran exitosas con las semillas escarificadas, las cuales germinaron rápidamente cuando fueron incubadas entre 10 y 35 °C. Esto indica que las semillas de las cuatro especies son capaces de germinar en un rango amplio de temperaturas constantes, si la latencia impuesta por la cubierta dura es eliminada por escarificación mecánica en este caso.

Las cuatro especies presentan potencialidad de germinar entre 60 y 100 % en el intervalo de temperaturas entre 10 y 35 °C; sin embargo, *M. depauperata*, *M. similis* y *M. lacerata*

presentaron la germinación óptima entre 20 y 35 °C y *M. texana* var *texana* entre 30 y 35°C. Baskin y Baskin (1998), reportaron una germinación entre el 60 y 100 % para algunas especies arbustivas de zonas semiáridas en un intervalo de temperatura entre 10 y 35 °C; sin embargo la mayoría de las especies germinan óptimamente entre 20 y 25 °C. La germinación en un amplio rango de temperaturas tiene implicaciones prácticas importantes en países como México, donde diferentes condiciones de temperatura prevalecen como resultado de la topografía del país. Además, las especies pueden ser propagadas artificialmente por semilla en regiones con diferentes condiciones térmicas. Estas características, hacen a estas especies buenos candidatos para la colonización de áreas perturbadas.

Las diferencias en los requerimientos térmicos de germinación de las semillas determinan, en gran medida, la distribución de las especies, limitándolas a las regiones con temperaturas más convenientes para su germinación y crecimiento (Krebs, 1978; Bewley y Black, 1994). El comportamiento de germinación, en relación a los intervalos de temperatura estudiados, no explica la distribución de estas especies, que germinan entre 10 y 35 °C. Por ello, es necesario determinar la temperatura mínima de germinación y conocer el efecto de otros factores físicos, como la humedad y estructura del suelo, salinidad, pH y contenido de nutrimentos del suelo (Krebs, 1978).

La germinación en el campo presentó el mismo comportamiento que en el laboratorio; las cuatro especies presentaron una germinación alta (85 al 100 %), cuando las semillas fueron escarificadas, independientemente de las condiciones de luz que sobre ellas incidieron. Las cuatro especies germinan bien tanto bajo las condiciones de luz que inciden bajo el dosel de *M. lacerata* como en áreas abiertas, sin vegetación bajo un rango de temperaturas que van de 22 a 32 °C. Las temperaturas de germinación en el campo confirman los resultados obtenidos en laboratorio. También las semillas escarificadas de las cuatro especies germinaron igual en luz y en oscuridad, una vez que las cubiertas duras fueron eliminadas y se hicieron permeables al agua. Esto implica que las semillas podrían germinar sin problema en las capas tanto superficiales como profundas del suelo (Teketay, 1998).

8.5 Conclusiones

Las semillas de las cuatro especies estudiadas pueden germinar en un rango amplio de temperaturas (10-35 °C) tanto bajo condiciones de laboratorio como de campo. En el campo las semillas germinan de manera similar tanto debajo del dosel de los individuos del mismo género como en áreas abiertas. Como en el caso de otras leguminosas, las semillas de *Mimosa* presentan semillas con testas duras, las cuales influyen en la germinación, longevidad y susceptibilidad a la depredación por brúquidos. Las semillas de *M. lacerata* presentaron los tegumentos más pesados y gruesos, requieren de escarificación mecánica para germinar y presentan una longevidad mayor en el campo así como bajos porcentajes de depredación. Las otras tres especies tienen tegumentos más delgados y ligeros y germinan en un 20 %, sin escarificar.

9 MORFOLOGÍA DE PLÁNTULAS Y CRECIMIENTO POSTEMERGENTE

9.1 Introducción y Antecedentes

Las plántulas de la familia Leguminosae son muy parecidas en su morfología externa, lo cual dificulta su identificación en el campo. Los estudios de morfología de plántulas proporcionan la descripción de las especies en las primeras etapas del desarrollo. El conocimiento de los estadios tempranos del ciclo de vida de las especies es importante en estudios ecológicos, agronómicos y taxonómicos (Duke y Polhill, 1981; Parra, 1984).

En el aspecto ecológico, las plántulas constituyen el potencial de perpetuación de las especies. El estadio plantular representa la fase de establecimiento, la cual es considerada como uno de los períodos más críticos del ciclo vital, de aquí que el conocimiento de la composición específica de las comunidades de plántulas y la dinámica de sus poblaciones son necesarias para establecer las perspectivas ecológicas de las comunidades vegetales (Duke y Polhill, 1981; Fenner, 1985).

En el campo agronómico, el estudio de la morfología de plántulas, contribuye a la selección de plantas útiles y nocivas para el hombre. En algunas zonas secas del país, algunas especies del género *Mimosa* son alimento del ganado caprino y otras representan malezas importantes. En el aspecto taxonómico, las plántulas ofrecen diversas características diagnósticas, que permiten hacer determinaciones tempranas y seguras de las mismas (Parra, 1984).

A pesar de su importancia, los estudios de la morfología de plántulas de la familia Leguminosae son escasos y particularmente para el género *Mimosa*. Las plántulas sólo se conocen en algunas especies del género como: *Mimosa affinis* B.L.Rob., *M. pudica* L., *M. skinneri* Benth, *M. ursina* Mart., *M. albida* Humb. et Bonpl. ex Willd, *M. tequilana* S. Wats., *M. camporum* Benth, *M. arenosa* (Willd.) Poir, *M. polyantha* Benth, *M. brevispicata* Britton, *M. luisana* Brandegee, *M. mollis* Benth, y *M. calcicola* B.L. Rob. y *M. tenuiflora* (Willd.) Poir., (Parra, 1984; Grether, 1997; Camargo-Ricalde, 1997; Camargo-Ricalde y Grether, 1998); además las plántulas de *M. goldmanii* B.L. Rob., *M. psilocarpa* B.L. Rob, *M. tricephala* Cham et Schldl. y *M. syciocarpa* B.L Rob., fueron descritas por Chehaibar (1988).

Por otro lado, no existen estudios sobre el efecto que pueden tener los factores ambientales como la temperatura, luz y humedad, en la morfología de las plántulas de este género.

Las condiciones del medio pueden modificar algunas características morfológicas (Fenner, 1985). Uno de los factores ambientales más estudiados de manera general en las plantas, ha sido la luz, aunque no específicamente para el género *Mimosa*. La capacidad de las plántulas, para hacer frente a la competencia temprana por la luz, es determinada por su morfología; así las plántulas procedentes de semillas grandes, tienden a presentar relaciones grandes de tallo/raíz, sugiriendo que en esas especies la prioridad inicial es la captura de luz más que de minerales (Grime y Jeffrey, 1965).

La morfología de las plántulas varía con las condiciones de luz, lo cual implica otra importante adaptación para el establecimiento de las mismas (Grime y Jeffrey, 1965). Las especies que germinan en dosel cerrado, tienden a mostrar un alto grado de plasticidad morfológica en su capacidad para extender el hipocótilo y/o el epicótilo, cotiledones, entrenudos, pecíolos o la lámina de las primeras hojas; en cambio, las especies bajo doseles más abiertos presentan una respuesta menos marcada. En el caso del dosel cerrado, la ganancia de altura puede facilitar a la plántula su escape de la sombra.

Con respecto al efecto que pueden tener los otros factores ambientales, como la temperatura y la humedad en la morfología plantular, no se conoce nada en general; así mismo se desconoce el efecto que estos podrían tener en la adaptación de las especies a las condiciones adversas de los diversos ambientes en donde habitan.

Algunos trabajos relevantes, que señalan diversos aspectos de la morfología de las plántulas de la subfamilia *Mimosoideae*, a la cual pertenece el género *Mimosa*, son los siguientes: Gilbert y Leonard (1954), Duke (1965; 1969); Burger (1972); Duke y Polhill (1981) y Smith (1981). De estos trabajos destaca el de Duke (1965), quien para diferenciar la morfología de las plántulas, propuso los términos criptocotilar y fanerocotilar. Criptocotilar se refiere a la germinación de semillas cuyos cotiledones no emergen de la testa y fanerocotilar se refiere a aquellas semillas cuyos cotiledones sí emergen de la testa.

Duke y Polhill (1981), describen la morfología de plántulas de la subfamilia *Mimosoideae* señalando que se sigue el patrón general de la tribu *Caesalpiniae* y como en esa tribu, es bastante usual que la primera de las eófilas sea una vez pinnada y la segunda alterna y

bipinnada con un par de pinnas, las cuales, frecuentemente emiten aromas. Por otro lado, las plántulas conocidas hasta ahora para unas cuantas especies del género, son faneroepígeas, con cotiledones foliares y con una transición gradual de las eófilas hacia las metáfilas (Duke y Polhill, 1981; Parra, 1984; Creager, 1992; Fraile-Ortega *et al.*, 1995).

Parra (1984), estudió y describió la morfología de las plántulas de *Mimosa albida* Humb. y Bonpl. ex Willd., *M. arenosa* (Willd.) Poir., *M. camporum* Benth. y *M. tenuiflora* (Willd.) Poir. y proporcionó, con base en las cuatro especies, una descripción general de las plántulas de *Mimosa*: la primera estructura en emerger es la radícula; los cotiledones presentan un patrón de venación con (1) 3-5 venas principales y caen al desarrollarse las primeras nomófilas (=metáfilas); las eófilas generalmente son alternas; los pecíolos son canaliculados en la cara adaxial y convexos en la cara abaxial; el raquis primario y secundario se prolongan y forman una arista apical; el sistema radical es axonomorfo y muy homogéneo entre las especies, con escasa o nula nodulación; el tallo es erguido con simetría radial, cilíndrico a tetragonal; las estípulas son angostamente triangulares, subuladas, libres entre sí y membranosas; asimismo, presentan abundantes tricomas simples o glandulares; en ocasiones tienen látex, como *M. albida*.

Chehaibar (1988), estudió la morfología de las plántulas de las especies del grupo Xantieae (serie Lactifluae, según Grether, 1997): *M. psilocarpa* B.L. Rob., *M. goldmanni* B. L. Rob., *M. lactiflua* Delile ex Benth., *M. nelsonii* B.L. Rob., *M. langlassei* Micheli, *M. melli* Britton y Rose, *M. chaetocarpa* Brandegee, *M. deami* B.L. Rob. y *M. sicyocarpa* B.L. Rob., señalando que estas especies se comportan de manera similar a las especies de *Mimosa* descritas por Parra (1984), ya que, el primer eófilo es pinnado y el segundo alterno y bipinnado; la segunda hoja bipinnada, es como el resto de las hojas que tiene la planta durante todo su desarrollo y presenta características semejantes a las de la planta madre. Para Chehaibar (1988), la etapa de “plántula” termina en este nivel, debido a que los nomófilos no presentan diferencias en cuanto a la forma, solamente en cuanto al número de folíolos que, en algunos casos, se incrementa durante el desarrollo de la planta. Menciona que las diferencias morfológicas más evidentes se refieren a sus proporciones: las plántulas de *M. psilocarpa* son más grandes, en lo que respecta a los cotiledones, el hipocótilo, el primer entrenudo, los pecíolos, el tamaño de los folíolos y la longitud de las estípulas; sin embargo, son similares al resto de los taxa, cuyas

diferencias en forma y proporciones son muy pequeñas; por otro lado, la misma autora menciona, que las plántulas de la serie *Lactifluae* como otras *Mimosoideae* presentan pulvínulos, dando cierta movilidad a los folíolos como respuesta a cambios en las condiciones de luz y concluye diciendo que esta evaluación morfológica de las plántulas, como la de las semillas, indica la estrecha relación de estas taxa y contribuye a mantenerlos en un mismo grupo, aunque no a delimitarlos en los niveles específico e infraespecífico.

Más recientemente, Fraile-Ortega *et al.* (1995), describen la morfología de las plántulas y el ciclo anual de algunas especies herbáceas: *Mimosa affinis* B. L. Rob., *M. camporum* Benth., *M. pudica* L., *M. skinneri* Benth., *M. tequilana* S. Watson y *M. ursina* Mart., señalando que presentan germinación faneroepígea. En una primera etapa, la radícula es recta y blanca; la región del cuello está engrosada, es blanca y prominente en la base; el hipocótilo se desarrolla rápidamente, es cilíndrico, blanco, ensanchado hacia el ápice y con la base en forma sigmoidal. Los cotiledones son foliares, carnosos, opuestos, estipulados y cortamente peciolados, (1-) 3-5 nervados, anchamente oblongos a orbiculares, con la base cordada a ligeramente auriculada y el ápice obtuso a retuso; los cotiledones caen después de 3-4 semanas, cuando ya se ha desarrollado la primera eófila (protófila), es entonces cuando se puede considerar la plántula como establecida; el epicótilo está reducido a la plúmula; la primera eófila es paripinnada, con 2-8 pares de folíolos oblongos a elípticos, el margen liso a ciliado y el ápice agudo u obtuso; la protófila permanece durante un período relativamente largo, aún después de aparecer las nomófilas. En una segunda etapa, el tallo todavía está constituido principalmente por el hipocótilo, que se torna leñoso en especies arbustivas o arbóreas, es acostillado y erguido, el epicótilo empieza a alargarse; aparece la segunda eófila biparipinnada (pronomófila o nomófila, según Parra, 1984), con un par de pinnas y 2-9 pares de folíolos oblongos a elípticos; la cuarta eófila (pronomófila o nomófila) tiene también un par de pinnas y 2-12 pares de folíolos; la filotaxia es espiralada, alterna; el sistema radical es axonomorfo, con muy poca variación entre las especies. Cuando el hipocótilo se pone en contacto con el suelo, se desarrollan raíces adventicias en algunas especies, como *M. affinis* y *M. tequilana*. Tanto las hojas cotiledonarias, como la protófila, las pronomófilas y las nomófilas, presentan pulvínulos y son sensibles a los cambios en la intensidad de la luz y a los estímulos mecánicos, presentándose cambios en la orientación de los cotiledones, de los

folíolos y, en mayor o menor grado, de la hoja en su conjunto. En este trabajo, se establece un criterio claro, para definir el período de establecimiento de las plántulas del género *Mimosa*, y se considera, como el momento en que se presenta la abscisión de los cotiledones, la lignificación del hipocótilo y la aparición de los aguijones.

Con base en lo anterior, este estudio pretende responder las siguientes preguntas:

¿Las plántulas de *Mimosa depauperata*, *M. lacerata*, *M. similis* y *M. texana* var. *texana* presentan una morfología semejante? ¿La fase plantular o período de establecimiento de las plántulas es diferente? ¿La temperatura de germinación de las semillas puede afectar el período de establecimiento, la tasa de crecimiento relativo y la biomasa de las plántulas?

9.2 Materiales y Métodos

9.2.1 Morfología de plántulas

Las observaciones se llevaron a cabo en el invernadero del Campo II de la FES Zaragoza, México D.F. 19°22'21'' latitud norte y 99°2'1' de longitud oeste, 2006 m de altitud, durante los meses de enero a marzo.

Para la descripción de la morfología de las plántulas, se sembraron dos lotes de 100 semillas de cada especie, (previamente recolectadas en las tres localidades bajo estudio; (Capítulo 4), desinfectadas y escarificadas mecánicamente (Capítulo 8)), en vasos de unicel de 7.7 cm de diámetro y 200 g de capacidad, utilizando como sustrato una mezcla de tierra negra y agrolita (3:1) con un pH de 6.5. En el primer lote de semillas, se realizaron las descripciones morfológicas de las plántulas de cada especie y el segundo lote, se utilizó para cotejar datos que no estuvieron claros en el lote principal.

Se utilizaron 100 vasos por especie, y en cada vaso se sembró una semilla, a una profundidad de 0.5 cm. Se regaron a capacidad de campo y se mantuvieron a una temperatura mínima de 10 °C y máxima de 30 °C.

En el lote principal, una vez emergidas las plántulas, se procedió a su descripción en diferentes fases del crecimiento, considerando como una etapa diferente, el momento de emergencia de una hoja nueva. El desarrollo de las plántulas fue descrito con detalle, tomándose los datos de individuos que presentaron un crecimiento normal (sin presencia de: clorosis o ataque por patógenos). Se realizaron observaciones diarias, en cinco individuos de cada especie, en

relación al número de cotiledones y número de hojas, y en éstas se contó el número de pinnas y el número de folíolos. En el caso de las hojas bipinnadas, las observaciones se realizaron en cada una de las pinnas, considerando, los pares proximales, medios y distales. Para el caso del raquis secundario, los folíolos, nudos y entrenudos, se siguió la misma metodología. También se registraron, el momento de lignificación del hipocótilo y la aparición de los aguijones, considerándose a esta etapa como el momento de establecimiento de las plántulas para cada especie (Fraile-Ortega *et al.*1995).

El seguimiento del desarrollo y crecimiento de las plántulas para su descripción, se realizó durante un período de tres meses.

Cabe mencionar que en la descripción de las plántulas, se utilizaron para las hojas, los términos protófila y pronomófila, propuestos por Parra (1984); el término fanerocotilar por Duke (1965) y en cuanto al ápice, base, borde y forma de los folíolos, se utilizó la terminología de Moreno (1984) y Harris (1997).

Los resultados están organizados en tres etapas. La primera etapa abarca desde la protusión de la radícula hasta la formación de la protófila (primer hoja de la plántula). La segunda etapa inicia precisamente con la aparición de la protófila, hasta la formación de la primera pronomófila. La tercera etapa inicia con la abscisión cotiledonar, momento en el cual se consideró el término del estadio plantular.

Las plántulas de cada una de las especies, correspondientes a cada etapa del desarrollo, fueron herborizadas y depositadas en la colección del Herbario Metropolitano (UAMIZ).

9.2.2 Emergencia de plántulas

En el lote principal de semillas sembradas para la descripción de la morfología de plántulas de cada especie, se determinó el tiempo de emergencia de las plántulas, considerándose como el momento en el cual emergieron los cotiledones.

9.2.3 Polimorfismo de plántulas

También en el lote principal de plántulas emergidas para la determinación de la morfología de cada especie, se cuantificaron el número de plántulas con dos, tres y cuatro cotiledones;

asimismo, se registró el número de semillas que produjeron dos plántulas. Se calculó el porcentaje de plántulas por especie, que presentaron cada condición.

9.2.4 Sobrevivencia de plántulas

En el lote principal de plántulas emergidas, se registró semanalmente el porcentaje de sobrevivencia para cada una de las especies. Este experimento duró 60 días, momento en el cual las plántulas de las cuatro especies ya se habían establecido.

9.2.5 Efecto de la temperatura de germinación en la tasa de crecimiento, biomasa y período de establecimiento plantular

Se utilizaron 8 lotes de 50 semillas cada uno por especie, previamente lavadas con detergente comercial (3 g/100 ml), y escarificadas mecánicamente con un bisturí (Capítulo 8). Cada lote se colocó en una caja de Petri con 40 ml de agar al 1 % como sustrato. Cuatro lotes se colocaron en una cámara de crecimiento LAB Biotronette a 10 °C y los otros cuatro a 30 °C (estas dos temperaturas de germinación, se eligieron en función de los resultados obtenidos en el Capítulo 8 de esta tesis, ya que estas temperaturas presentaron los resultados más contrastantes de germinación).

Una vez que la radícula emergió 1mm de longitud, se seleccionaron cinco plántulas por especie, correspondientes a cada temperatura, y se les midió su peso seco (Bonner, 1991). Las plántulas restantes se transplantaron a vasos de unicel de 7.7 cm de diámetro, con 200g de suelo compuesto por tierra negra y agrolita (3:1), con un pH de 6.5 para continuar la observación de las siguientes fases del desarrollo. Se plantó una planta por vaso y se colocaron en un invernadero, donde estuvieron expuestas a una temperatura mínima de 10.3°C y una máxima de 30.5 °C y a riegos cada tercer día para mantenerlas a capacidad de campo.

Paralelamente, se determinó el peso seco de 20 semillas de cada especie, con el fin de utilizar los datos de biomasa inicial para calcular la tasa de crecimiento relativo.

Para la determinación de la biomasa y las tasas de crecimiento relativo, se establecieron cuatro fases:

1ª fase.- Emergencia de radícula, cotiledones y plúmula.

2ª fase.- Emergencia de la primera hoja verdadera (protófila).

3ª fase.- Emergencia de la primera pronomófila.

4ª fase.- Abcisión de los cotiledones.

En cada una de estas fases, por especie y por temperatura de germinación, se seleccionaron cinco individuos, en los que se midió la biomasa en peso seco y por separado, de raíces, cotiledones, eje hipocótilo-epicótilo y hojas, por el método de secado en estufa (Bonner, 1991). Los resultados finales de la biomasa y tasas de crecimiento relativo de cada una de las variables se sometieron a un análisis de varianza de un factor y comparaciones múltiples por el método de Tukey (Excel, Microsoft Company, 2000; Infante y Zárate, 1990).

La TCR (tasa de crecimiento relativo) se calculó, también por separado, para raíces, cotiledones, eje hipocótilo-epicótilo y hojas. Se utilizó el método de Hunt (1989), de acuerdo a la fórmula siguiente:

$$\text{TCR} = \frac{\text{Log } B_t - \text{Log } B_0}{T_2 - T_1}$$

TCR = Tasa de crecimiento relativo

Bt = Biomasa final

Bo = Biomasa inicial

log = Logaritmo

T = Tiempo

9.3 Resultados

9.3.1 Morfología de plántulas

Las plántulas de las cuatro especies, presentan en una primera etapa, una radícula recta, de color blanco. El sistema radical es axonomorfo, su cuello es ensanchado en la unión de la radícula y el hipocótilo es cilíndrico, sigmoideo hacia la base, de color verde, herbáceo. Los cotiledones son foliares, carnosos, opuestos, orbiculares, con base cordada, margen liso, ápice obtuso, con una nervadura central basal. El epicótilo es herbáceo, de color verde.

En una segunda etapa, las plántulas se caracterizan por una protófila que es paripinnada, con folíolos oblongos, margen ciliado, base oblicua, ápice agudo con una nervadura excéntrica prominente, con un par de estípulas de forma linear, margen liso y pecíolo cilíndrico y en

subsiguientes etapas, aparecen las pronomófilas, las cuales presentan particularidades dependiendo de cada especie.

En general, las características morfológicas de las cuatro especies son similares, lo distintivo son las dimensiones de las diferentes estructuras, así como el tiempo en que se presenta cada una de ellas (Cuadros 9.1-9.4).

Cuadro 9.1 Características morfológicas de las plántulas de *Mimosa depauperata*.

Etapas del crecimiento	Sistema radical Longitud (mm)	Hipócotilo Longitud (mm)	Cotiledones número (largoxancho) (mm)	Epícotilo Longitud (mm)	Protófila	1a Pronomófila	2a Pronomófila	3a Pronomófila	Edad de la plántula (días después de la siembra)
I	4-8	1 Herbáceo	1 (4 x 4 mm)	3					2-8
II	8-50	5-10 Herbáceo	Persisten	3.5	4 pares de folíolos (1.5-5 x 1-3 mm). Pecíolo, long: 7-9 mm raquis, long: 4-6 mm				8-12
III	70-90	9-12 Semileñoso	Persisten	4		Alterna respecto a la protófila, biparipinnada, 1 par de pinnas, 4 pares de folíolos (5-6 x 2.5-3 mm); pecíolo, long: 8-9 mm raquis, long: 7-9 mm			12-15
IV	100-150	10-12 Semileñoso	Persisten	5-8			Alterna, biparipinnada, 1 par de pinnas, 2-4 pares de folíolos (5-6 x 3-4 mm)		15-19
V	83-270	10-15 Leñoso	Abscisión	10-13 Acostillado con agujones infraestipulares				Alterna, biparipinnada, 1 par de pinnas, 3 pares de folíolos (4-4.5 x 2 mm); pecíolo, long: 1-9 mm raquis, long: 6.5-14 mm	19-30



Figura 9.1 Morfología de plántulas de *Mimosa depauperata*. La secuencia A-D muestra el desarrollo hasta la tercera pronómofila.

Cuadro 9.2 Características morfológicas de las plántulas de *Mimosa lacerata*.

Etapas del crecimiento	Sistema radical Longitud (mm)	Hipócotilo Longitud (mm)	Cotiledones número (largoxancho) (mm)	Epícotilo Longitud (mm)	Protófila	1a Pronomófila	2a Pronomófila	3a Pronomófila	4ª Pronomófila	Edad de la plántula (días después de la siembra)
I	12-17	1 Herbáceo	2-4 (6 x 4 mm)	2						3-9
II	23-45	10 Herbáceo	Persisten		Paripinnada 4-6 pares de folíolos (4 x 2 mm). Pecíolo, long: 4-5 mm; raquis, long: 2 mm.					9-16
II	45-69	10-13 Semileñoso	Persisten	5		Alterna a la protófila; biparipinnada, 1 par de pinnas, 6 pares de folíolos (2 x 1 mm); pecíolo, long: 4 mm raquis, long: 3 mm				16-28
IV	70	15 Semileñoso	Persisten	7			Alterna y biparipinnada, 1 par de pinnas, 7 pares de folíolos (3 x 1 mm); pecíolo, long: 7 mm raquis, long: 5 mm			28-34
V	80	15 Leñoso	Persisten	9				Alterna y biparipinnada, 1 par de pinnas, 7-8 pares de folíolos (3 x 2 mm); pecíolo, long: 7 mm; raquis, long: 5 mm		34-42
VI	340	15 Leñoso	Absición	13 Acostillado con agujones infraestipulares					Alterna, biparipinnada, 1 par de pinnas, 7-9 pares de folíolos (2 x 1 mm); pecíolo, long: 9 mm; raquis, long: 6 mm	42-58

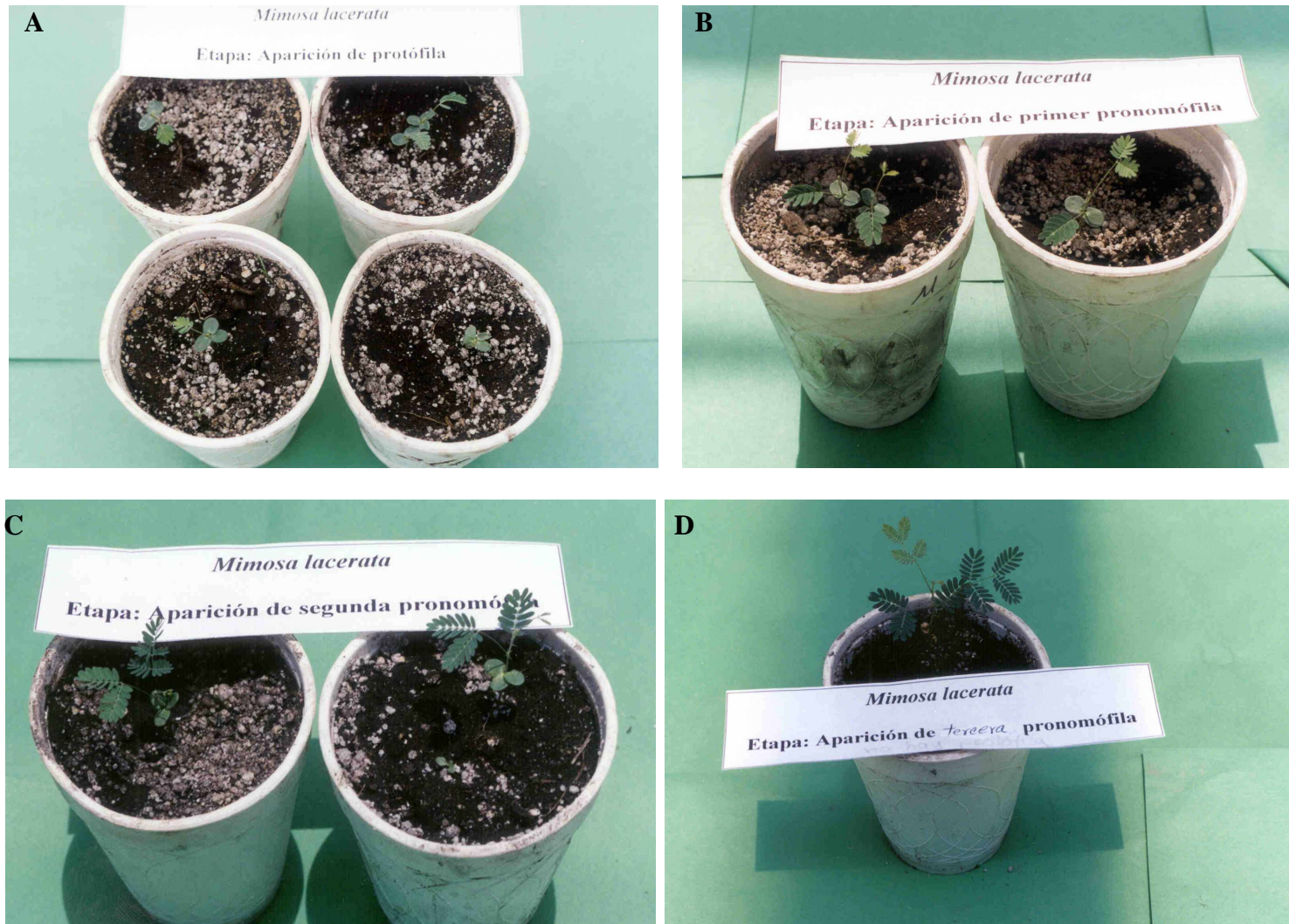


Figura 9.2 Morfología de plántulas de *Mimosa lacerata*. La secuencia A-D muestra el desarrollo hasta la tercera pronomófila.

Cuadro 9.3 Características morfológicas de las plántulas de *Mimosa similis*.

Etapas del crecimiento	Sistema radical Longitud (mm)	Hipócotilo Longitud (mm)	Cotiledones número (largoxancho) (mm)	Epícotilo Longitud (mm)	Protófila	1a Pronomófila	2a Pronomófila	3a Pronomófila	Edad de la plántula (días después de la siembra)
I	3.5-5.5	1 Herbáceo	1 (5-6x 4-5 mm)	1					2-4
II	20-35	9-10 Semileñoso	Persisten	3	3 pares de folíolos (2-3 x 1-2 mm); 1 par de estípulas (1 mm); pecíolo, lon: 6 mm; raquis, long: 2-3 mm				4-8
III	110	10 Semileñoso	Persisten	5		Alterna respecto a la protófila, biparipinnada, 1 par de pinnas, 3 pares de folíolos (3-3.5 x 2-2.5 mm); 1 par de estípulas (1 mm); pecíolo, long: 6-15 mm; raquis, long: 3.5-6 mm			8-16
IV	125-150	15 Leñoso	Persisten	9			Alterna a la protófila, biparipinnada, 1 par de pinnas, 3 pares de folíolos 83 –3 mm); 1 par de estípulas (1 mm); pecíolo, long: 6 mm; raquis, long: 6 mm		16-36
V	180	17 Leñoso	Absición	15 Acostillado con agujones infraestipulares				Alterna a la protófila, biparipinnada, 1 par de pinnas, 4 pares de folíolos (4.5 x 2-3 mm); 1 par de estípulas (1 mm); pecíolo, long: 16 mm; raquis, long: 6-10 mm	37-42



Figura 9.3 Morfología de plántulas de *Mimosa similis*. La secuencia A-D muestra el desarrollo hasta la tercera pronómofila.

Cuadro 9.4 Características morfológicas de las plántulas de *Mimosa texana* var. *texana*.

Etapas de crecimiento	Sistema radical Longitud (mm)	Hipócotilo Longitud (mm)	Cotiledones número (largoxancho) (mm)	Epícotilo Longitud (mm)	Protófila	1a Pronomófila	2a Pronomófila	3a Pronomófila	Edad de la plántula (días después de la siembra)
I	4-8	1-2 Herbáceo	2-3 (4.5-4 mm)	1					2-11
II	12-29	2 Herbáceo	Persisten	10	Paripinnada 3 pares de folíolos (4 x 2mm). 1 par de estípulas (1-3 mm). Pecíolo, long: 5-11 mm; raquis, long: 4-6 mm				11-19
III	23-32	11-13 Semileñoso	Persisten	10		Alterna respecto a la protófila, biparipinnada, 1 par de pinnas, 4 pares de folíolos (3-4 x 1-2 mm); 1 par de estípulas (1 mm); pecíolo, long: 1 mm; raquis, long: 4-6 mm			19-23
IV	35-50	15 Semileñoso	Persisten	10			Alterna a la protófila, biparipinnada; 1 par de pinnas; 5 pares de folíolos (3 x 2 mm)		23-30
V	60-220	17 Leñoso	Abscisión	15 Acostillado con agujas pareadas				Alterna y biparipinnada; 1 par de pinnas; 5 pares de folíolos (3 x 2 mm)	30-34



Figura 9.4 Morfología de plántulas de *Mimosa texana* var. *texana*. La secuencia A-D muestra el desarrollo hasta la tercera pronómofila.

9.3.2 Análisis comparativo de las características morfológicas entre las especies

Al comparar las características morfológicas de las plántulas de las cuatro especies, se observó que todas presentan germinación fanerocotilar, sistema radical axonomorfo y cotiledones orbiculares (Cuadro 9.5).

Mimosa lacerata presentó el sistema radical mayor, mientras que *M. similis* y *M. texana* var. *texana* presentaron el menor.

El número de cotiledones varió de 2 a 4. *Mimosa depauperata* y *M. similis* presentaron el número común (2); en cambio *M. lacerata* presentó plántulas con 2, 3 y 4 cotiledones y *M. texana* var. *texana* con 2 y 3 cotiledones.

Los cotiledones más largos los presentaron *Mimosa lacerata* y *M. similis*, sin embargo, en el ancho no se observó variación. La protófila fue paripinada en las cuatro especies, pero el número de folíolos y la longitud de éstos fue diferente. *M. lacerata* presentó hasta 6 pares de folíolos, mientras en las otras especies, el número osciló entre 3 y 4. Los folíolos más largos los presentó *M. lacerata*.

La primera pronómofila tiene un par de pinnas en todos los casos y también presentó variación en el número de folíolos. En *Mimosa lacerata* se presentaron 6 pares y en las otras especies de 3 a 4. *M. depauperata* presentó los folíolos más largos y *M. lacerata* los más pequeños.

La segunda pronómofila, también presentó diferencias en el número de folíolos. En *Mimosa lacerata* se presentaron hasta 7 pares, mientras las otras especies presentaron de 2 a 5. Los folíolos más largos fueron de *M. depauperata*, las demás especies no presentaron diferencias entre sí.

En la tercera pronómofila también varió el número de folíolos. En *Mimosa lacerata* se presentaron de 7 a 8 pares y en las otras tres especies entre 3 y 5 pares. Los folíolos con mayor longitud los presentaron *M. depauperata* y *M. similis* y los más cortos *M. lacerata* y *M. texana* var. *texana* (Cuadro 9.5).

Respecto al tiempo de emergencia de las diferentes estructuras morfológicas, como: la protófila, la primera, segunda y tercera pronómofilas, la lignificación del hipocótilo y la aparición de los aguijones, se observaron diferencias entre las especies (Cuadro 9.1-9.4).

Mimosa similis presentó primero la emergencia de todas las estructuras señaladas y por último *M. texana* var. *texana*; a excepción de la aparición de los agujijones, la cual se presentó de manera más tardía, en *M. lacerata* (Cuadro 9.6).

Cuadro 9.5. Características morfológicas de las plántulas de las cuatro especies de *Mimosa* a partir de los 2 días de edad hasta la etapa de establecimiento.

Características morfológicas	Especies			
	<i>Mimosa depauperata</i>	<i>M. lacerata</i>	<i>M. similis</i>	<i>M. texana</i> var. <i>texana</i>
Germinación	fanerocotilar	fanerocotilar	fanerocotilar	fanerocotilar
Sistema radical	Axonomorfo: 4-27.1 cm.	Axonomorfo: 1.2-34 cm.	Axonomorfo: 3.5-15 cm.	Axonomorfo: 4-22 cm.
Hipocótilo	Herbáceo-leñoso; 1.0 mm–1.5 cm de longitud.	Herbáceo-leñoso; 1.0 mm–1.5 cm de longitud.	Herbáceo-leñoso; 1.0 mm–1.5 cm de longitud.	Herbáceo-leñoso; 1.0 mm–1.3 cm de longitud.
Cotiledones	Orbiculares (2), de 4 x 4 mm.	Orbiculares (2-4), de 6 x 4 mm.	Orbiculares (2), de 6-6 x 4-5 mm.	Orbiculares (2-3), de 4-5 x 4 mm.
Protófila	Paripinnada, 4 pares de folíolos oblicuamente oblongos (1.5-5 x 1.0-3.0 mm).	Paripinnada, 4-6 pares de folíolos oblicuamente oblongos (4.0 x 2.0 mm).	Paripinnada, 3 pares de folíolos oblicuamente oblongos (2-3 x 1.2 mm).	Paripinnada, 3 pares de folíolos oblicuamente oblongos (4.0 x 2.0 mm).
Primera pronomófila	Biparipinnada, 1 par de pinnas, 2-4 pares de folíolos oblicuamente oblongos (5-6 x 2.5-3 mm).	Biparipinnada, 1 par de pinnas, 6 pares de folíolos oblicuamente oblongos (2.0 mm x 1.0 mm).	Biparipinnada, 1 par de pinnas, 3 pares de folíolos oblicuamente oblongos (3.0-3.5 x 2.0-2.5 mm).	Biparipinnada, 1 par de pinnas, 4 pares de folíolos oblicuamente oblongos (3-4 x 1-2 mm).
Segunda pronomófila	Biparipinnada, 1 par de pinnas, 1 par de pinnas, 2-4 pares de folíolos oblicuamente oblongos (5-6 x 3-4 mm).	Biparipinnada, 1 par de pinnas, 7 pares de folíolos oblicuamente oblongos (3.0 x 1.0 mm).	Biparipinnada, 1 par de pinnas, 3 pares de folíolos oblicuamente oblongos (3.0 x 2.0 mm).	Biparipinnada, 1 par de pinnas, 5 pares de folíolos oblicuamente oblongos (3.0 x 2.0 mm).
Tercera pronomófila	Biparipinnada, 1 par de pinnas, 3 pares de folíolos oblicuamente oblongos (4-4.5 x 2.0 mm).	Biparipinnada, 1 par de pinnas, 7-8 pares de folíolos oblicuamente oblongos (3.0 x 2.0 mm).	Biparipinnada, 1 par de pinnas, 4 pares de folíolos oblicuamente oblongos (4-5 x 2-3 mm).	Biparipinnada, 1 par de pinnas, 5 pares de folíolos oblicuamente oblongos (3.0 x 2.0 mm).

Cuadro 9.6 Tiempo de aparición de las diferentes estructuras morfológicas en las cuatro especies de *Mimosa*

Especie	Protófila (días)	Pronomófila (días)	Hipocótilo leñoso (días)	Aguijones (días)	Absción de Cotiledones (días)
<i>M. similis</i>	4-8	9-16	17-36	17-36	37-42
<i>M. depauperata</i>	8-12	12-15	19-30	19-30	19-30
<i>M. lacerata</i>	9-16	17-28	29-34	35-42	43-58
<i>M. texana</i> var. <i>texana</i>	12-19	19-23	30-34	30-34	30-34

9.3.3 Número de plántulas emergidas y porcentaje de plántulas con más de dos cotiledones

Mimosa lacerata y *M. texana* var. *texana* fueron las únicas especies que presentaron la emergencia de dos plántulas a partir de una semilla, las otras dos especies, en cambio, presentaron la emergencia de una sola plántula.

En *Mimosa lacerata*, el 16 % de sus semillas presentaron dos plántulas, cada una de ellas con tres cotiledones. El 84 % de las semillas presentó la emergencia de una plántula, de éstas el 55 % presentó dos cotiledones, el 40 % tres y el 5 % cuatro (Fig. 9.5).

En *M. texana* var. *texana*, el 100 % de las semillas presentaron una sola plántula, de éstas el 55 % presentaron dos cotiledones y el 45 % tres cotiledones (Fig. 9.5).

En el caso de *M. depauperata* y *M. similis*, también el 100 % de las semillas presentaron una sola plántula con dos cotiledones.

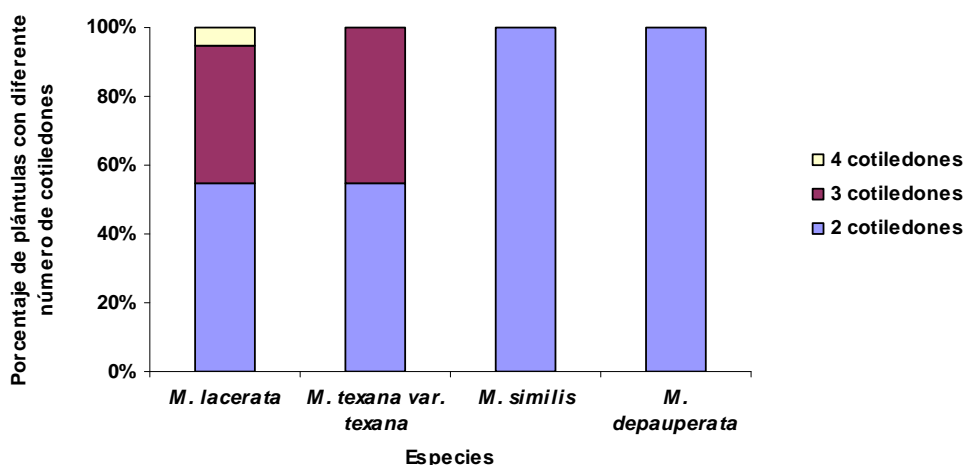


Figura 9.5 Porcentaje de plántulas de las cuatro especies con diferente número de cotiledones.

9.3.4 Emergencia de plántulas

En este trabajo, se consideró la emergencia de las plántulas como el tiempo en el cual los cotiledones emergen del suelo. Las plántulas de las cuatro especies emergieron entre los 7 y 11 días después de la siembra (Fig. 9.6).

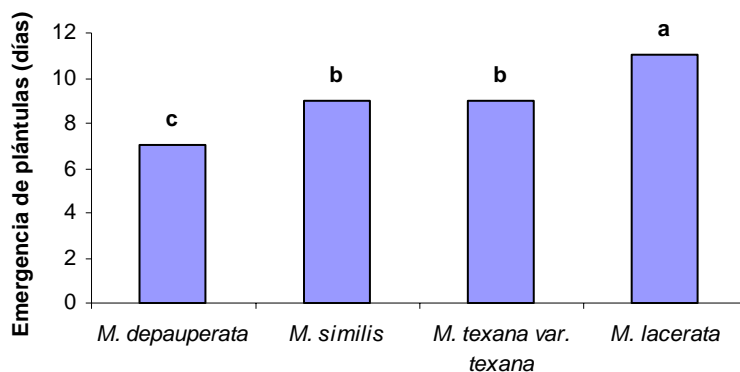


Figura 9.6 Tiempo de emergencia de las plántulas de las cuatro especies de *Mimosa*. Literales con letras minúsculas representan diferencias $p \leq 0.05$ entre especies

9.3.5 Período de establecimiento

El período de establecimiento, considerado en este trabajo como el tiempo desde la emergencia hasta la abscisión de los cotiledones, coincidió en las cuatro especies, con la etapa en la que la tercera pronomófila completó su desarrollo, así como cuando las plántulas presentaron la lignificación del hipocótilo y la emergencia de los agujones; sin embargo, el período de establecimiento fue diferente para las cuatro especies. El período más corto lo presentó *Mimosa depauperata* (19-30 días) y el más largo *M. lacerata* (43-58 días) (Fig. 9.7).

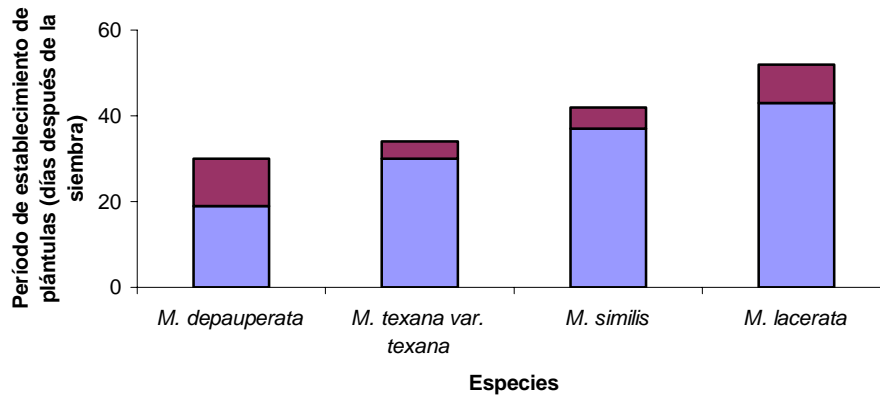


Figura 9.7 Período de establecimiento de las cuatro especies de *Mimosa*.

(■ Inicio y ■ término de la absición de los cotiledones).

9.3.6 Sobrevivencia de plántulas

La sobrevivencia para las cuatro especies osciló entre 10 % para *Mimosa lacerata* y 60 % para *M. similis*. *M. depauperata* y *M. texana var. texana* presentaron valores intermedios (Fig. 9.8).

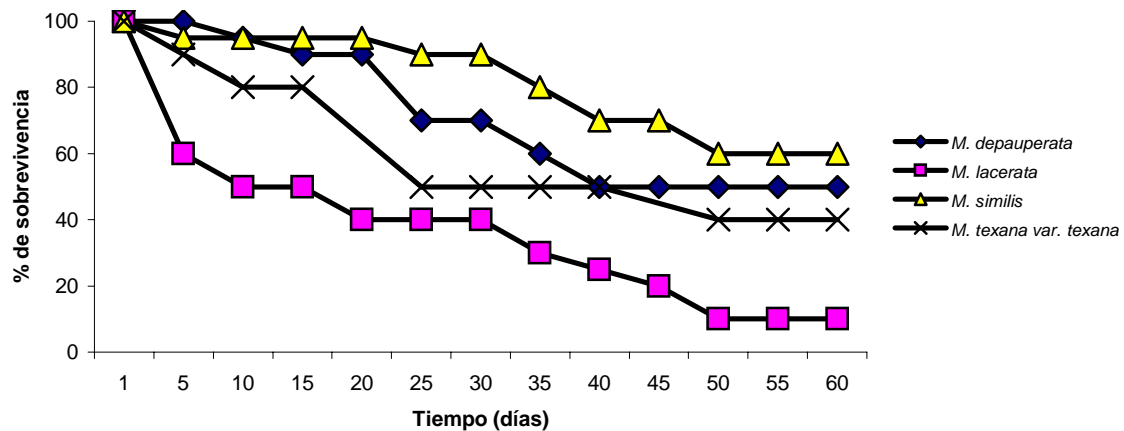


Figura 9.8 Sobrevivencia de plántulas de las cuatro especies de *Mimosa* durante el período de establecimiento (n= 50 para cada especie).

9.3.7 Efecto de la temperatura de germinación en el crecimiento postemergente de las plántulas

9.3.7.1 Tasa de crecimiento relativo (TCR)

9.3.7.1.1 Plántulas provenientes de semillas germinadas a 10 °C

Mimosa depauperata presentó la mayor TCR en la raíz, y en las hojas, pero no así para el tallo, el cual presentó una TCR intermedia. *M. lacerata* en cambio, presentó la menor TCR en raíz y tallo, pero la más alta en hojas; *M. similis* presentó la mayor TCR en tallo y en raíz, e intermedia en hojas y *M. texana* var. *texana* presentó una TCR intermedia en todas las estructuras evaluadas. La razón raíz-vástago fue mayor para *M. depauperata* (6) y menor para *M. lacerata* (0.17); en este caso, el vástago presentó una TCR mayor que la raíz. (Cuadro 9.7).

Cuadro 9.7 Tasa de crecimiento relativo (TCR) de plántulas de 60 días de edad de *Mimosa depauperata*, *M. lacerata*, *M. similis* y *M. texana* var. *texana*, provenientes de semillas germinadas a 10 °C.

Tasas de crecimiento g·d ⁻¹				
Especies	Raíz	Tallo	Hojas	Razón raíz-vástago
<i>M. depauperata</i>	0.048 a	0.008 c	0.052 a	6
<i>M. similis</i>	0.033 b	0.030 a	0.032 b	1.1
<i>M. texana</i> var. <i>texana</i>	0.027 c	0.016 b	0.031 b	1.5
<i>M. lacerata</i>	0.00075 d	0.0043 d	0.051 a	0.17

Literales minúsculas representan diferencias significativas entre hileras ($p \leq 0.05$).

9.3.7.1.2 Plántulas provenientes de semillas germinadas a 30°C

Las tasas de crecimiento en este caso, también presentaron diferencias significativas entre las estructuras evaluadas, en las cuatro especies. *Mimosa depauperata* presentó la mayor TCR en raíz y hojas e intermedia en tallo. *M. lacerata* presentó la menor TCR en raíz, la mayor en tallo e intermedia en hojas. *M. similis* y *M. texana* var. *texana* presentaron TCR intermedias en todas las estructuras evaluadas. La razón raíz-vástago fue mayor para *M. depauperata* (5.46) y menor para *M. lacerata* (1.42). En todos los casos, la raíz presentó una TCR mayor que el vástago. (Cuadro 9.8).

Cuadro 9.8 Tasa de crecimiento relativo de plántulas de *Mimosa depauperata*, *M. lacerata*, *M. similis* y *M. texana* var. *texana* provenientes de semillas germinadas a 30 °C.

Tasas de crecimiento g·d ⁻¹				
	Raíz	Tallo	Hojas	Razón raíz-vástago
<i>M. depauperata</i>	0.071 a	0.013 c	0.10 a	5.46
<i>M. similis</i>	0.053 c	0.014 bc	0.069 b	3.78
<i>M. texana</i> var. <i>texana</i>	0.063 b	0.016 b	0.047 b	3.93
<i>M. lacerata</i>	0.057 d	0.040 a	0.061 b	1.42

Literales minúsculas representan diferencias entre renglones ($p \leq 0.05$).

9.3.7.2 Biomasa

9.3.7.2.1 Plántulas provenientes de semillas germinadas a 10 °C

En las cuatro especies, la raíz fue la estructura que presentó la mayor biomasa. Al comparar la biomasa de la raíz entre las especies, *Mimosa texana* var. *texana* presentó la mayor biomasa, en las demás especies las diferencias no fueron significativas ($p \geq 0.05$) (Figs. 9.9 y 9.10).

Por otro lado, el eje hipocótilo-epicótilo y las hojas fueron las estructuras que generaron menor biomasa durante el período de estudio (Figs. 9.9 y 9.10).

Mimosa similis presentó la mayor biomasa en el eje hipocótilo-epicótilo y *M. depauperata* la menor. En relación a las hojas, *M. similis* y *M. texana* var. *texana* presentaron la mayor biomasa y en *M. depauperata* y *M. lacerata* fue menor (Figs. 9.9 y 9.10).

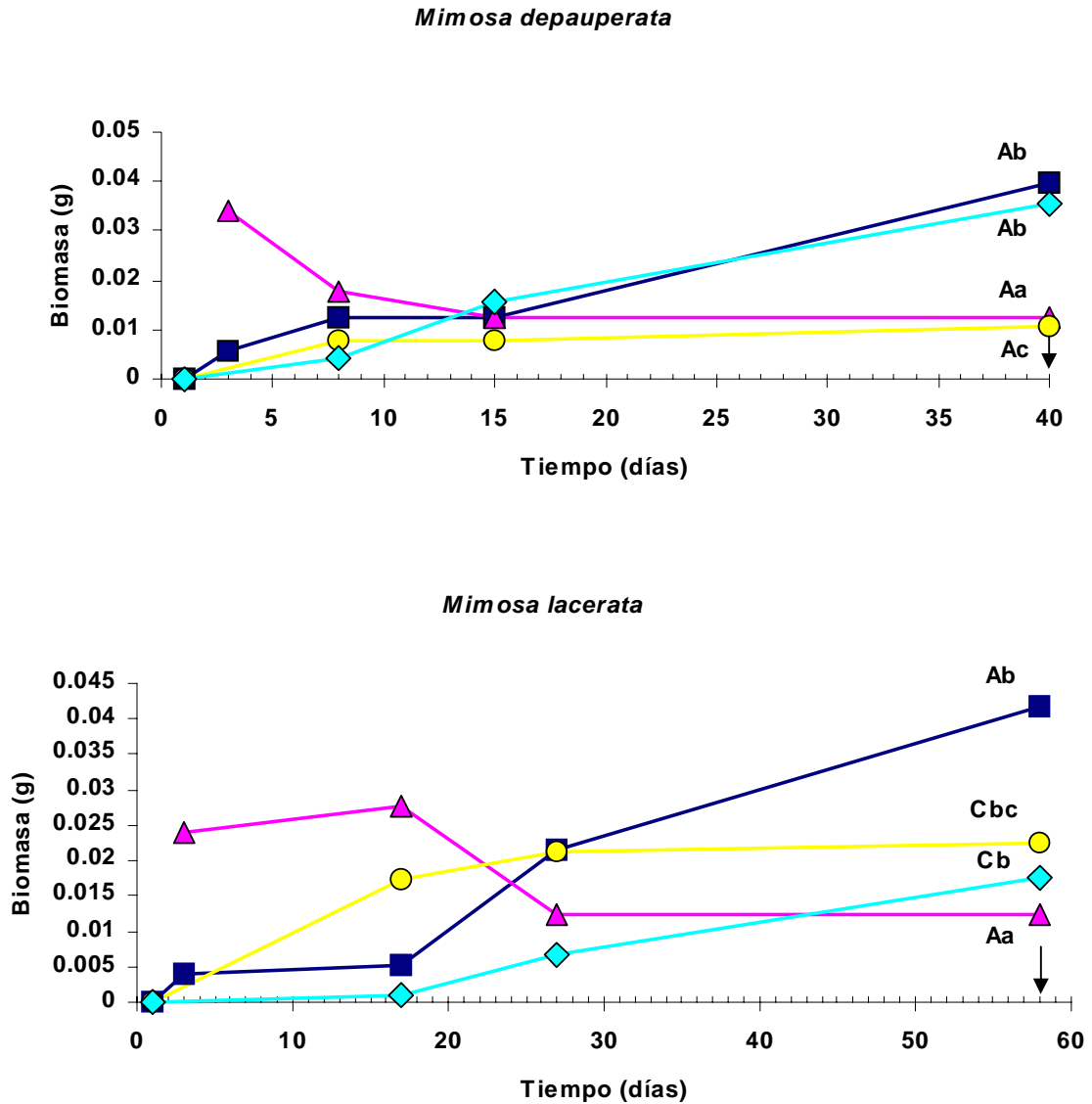


Figura 9.9. Biomasa en peso seco de plántulas de *Mimosa depauperata* y *M. lacerata* provenientes de semillas germinadas a 10 °C (n=5); (■ Raíz; ▲ Cotiledones; ● Hipocótilo-Epicótilo; ◆ Hojas) Literales mayúsculas representan diferencias entre las diferentes estructuras de una misma especie; literales minúsculas representan diferencias de las mismas estructuras entre las diferentes especies ($p \leq 0.05$).

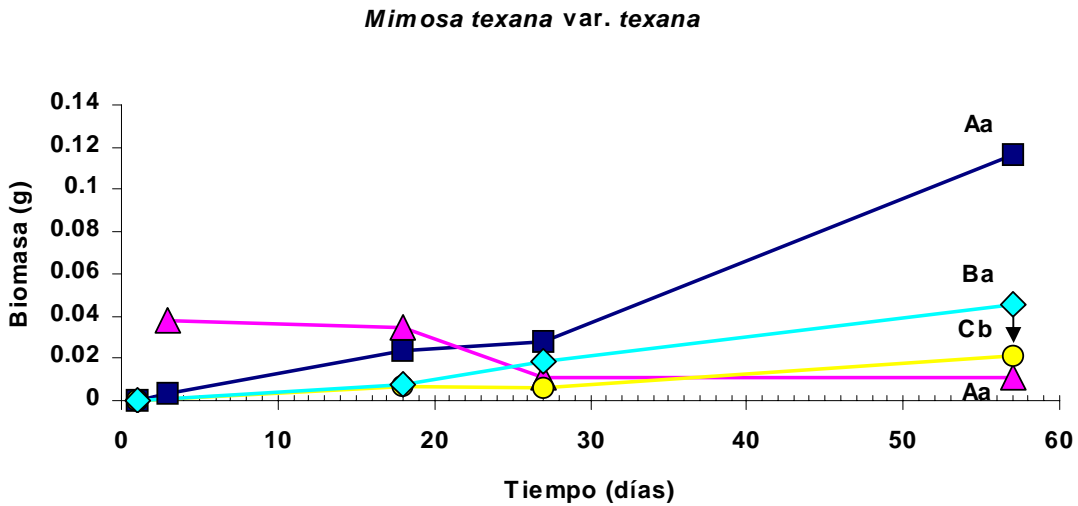
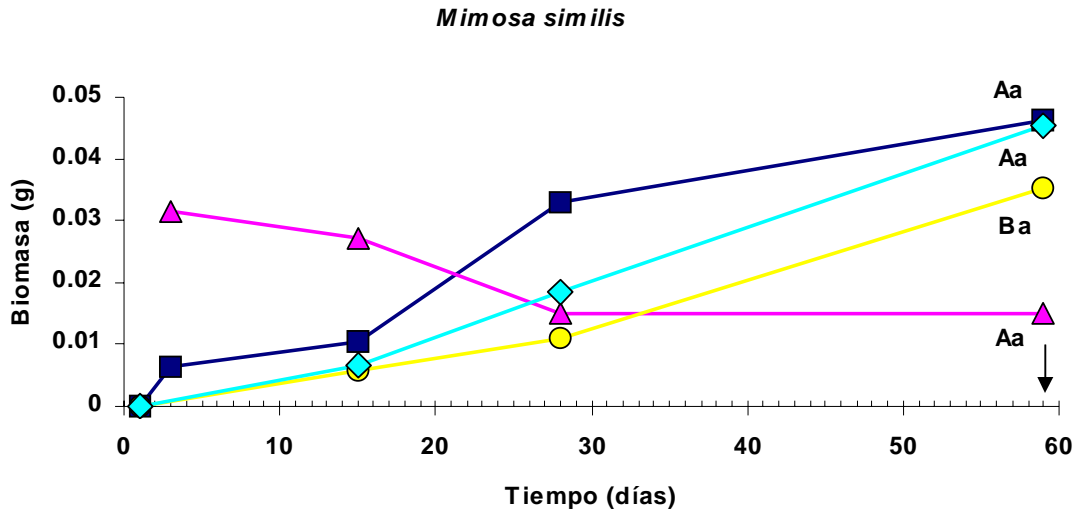


Figura 9.10. Biomasa en peso seco de plántulas de *Mimosa similis* y *M. texana* var. *texana* provenientes de semillas germinadas a 10 °C (n=5); (■ Raíz; ▲ Cotiledones; ● Hipocótilo-Epicótilo; ◆ Hojas) Literales mayúsculas representan diferencias entre las diferentes estructuras de una misma especie; literales minúsculas representan diferencias de las mismas estructuras entre las diferentes especies ($p \leq 0.05$).

9.3.7.2.2 Plántulas provenientes de semillas germinadas a 30 °C

Para las cuatro especies en este caso, también la raíz fue la estructura que presentó la mayor biomasa (Figs. 9.11 y 9.12). Al comparar la biomasa de la raíz entre especies, *Mimosa texana* var. *texana* presentó la mayor biomasa y en *M. lacerata* esta fue significativamente menor (Figs. 9.11 y 9.12).

Las hojas también fueron de las estructuras con mayor biomasa, sin embargo, no se presentaron diferencias ($p \leq 0.05$) entre especies (Figs. 9.11 y 9.12).

El eje hipocótilo-epicótilo y los cotiledones en este caso, también fueron las estructuras que presentaron la menor biomasa no presentándose diferencias entre las especies (Figs. 9.11 y 9.12).

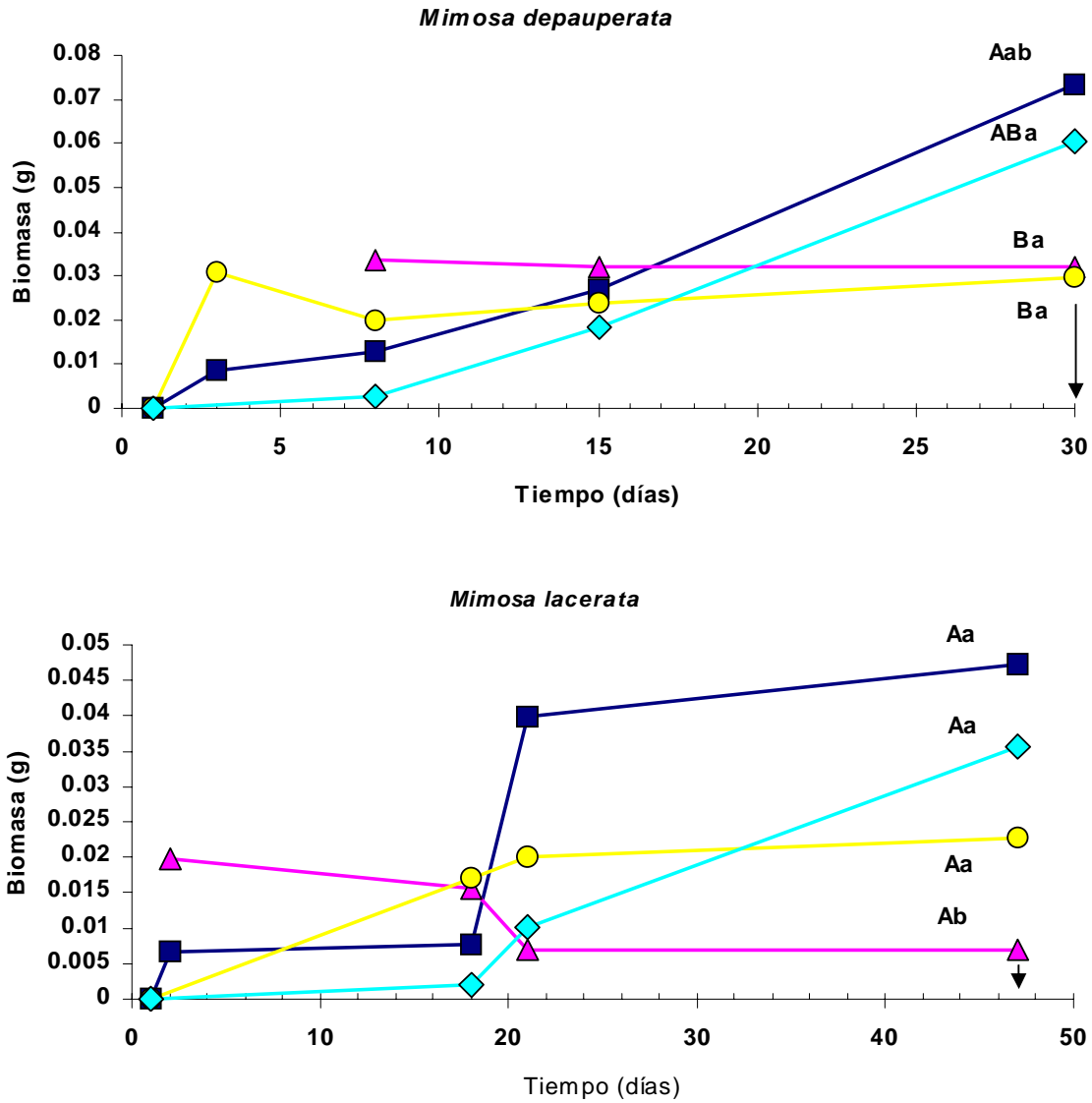


Figura 9.11 Biomasa en peso seco de plántulas de *Mimosa depauperata* y *M. lacerata* provenientes de semillas germinadas a 30 °C (n=5); (■ Raíz; ▲ Cotiledones; ● Hipocótilo-Epicótilo; ◆ Hojas) Literales mayúsculas representan diferencias entre las diferentes estructuras de una misma especie; literales minúsculas representan diferencias entre las mismas estructuras entre las diferentes especies ($p \leq 0.05$).

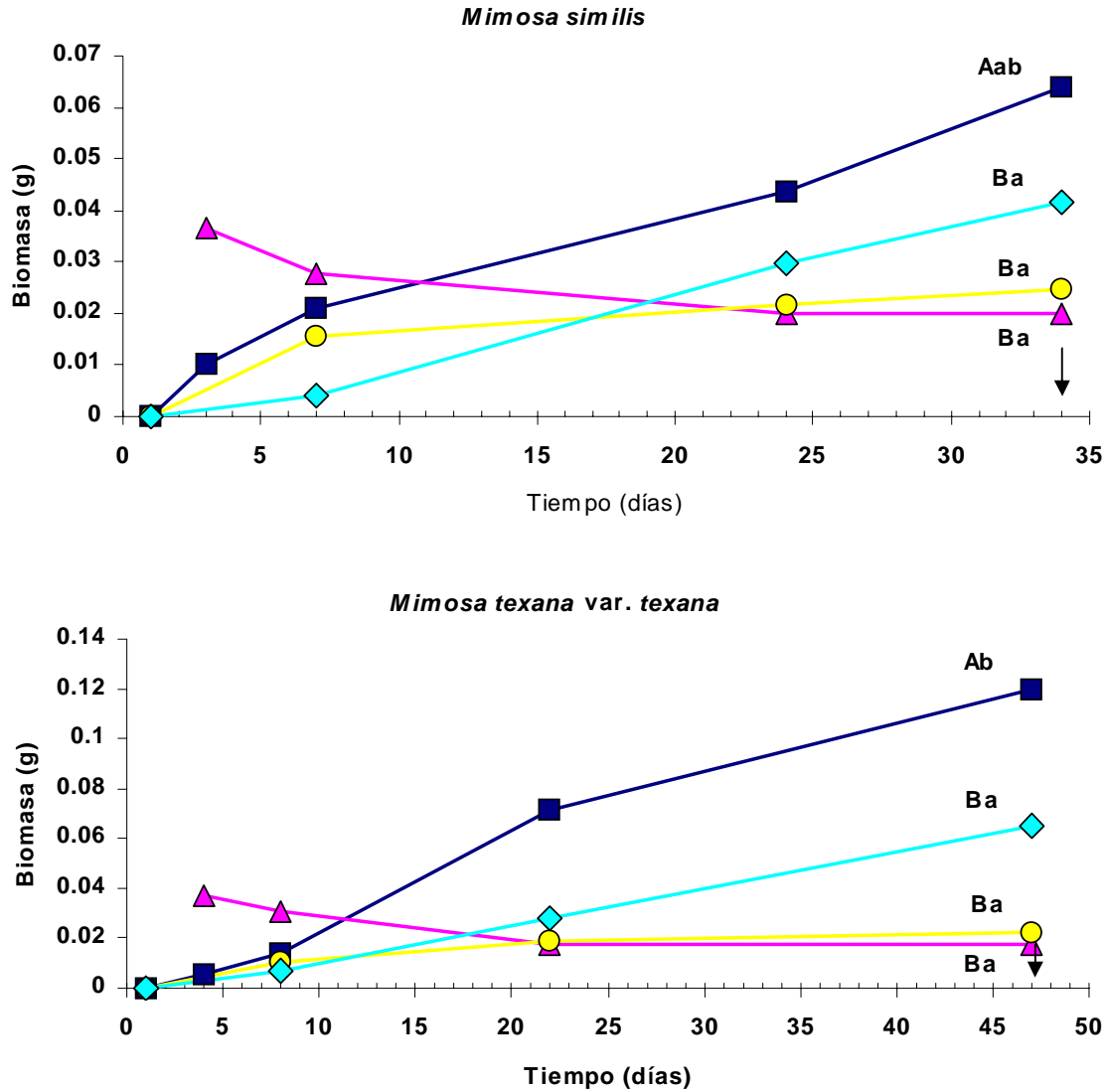


Figura 9.12. Biomasa en peso seco de plántulas de *Mimosa similis* y *M. texana* var. *texana* provenientes de semillas germinadas a 30 °C (n=5); (■ Raíz; ▲ Cotiledones; ● Hipocótilo-Epicótilo; ◆ Hojas). Literales mayúsculas representan diferencias entre las diferentes estructuras de una misma especie; literales minúsculas representan diferencias entre las mismas estructuras entre las diferentes especies ($p \leq 0.05$).

9.3.7.2.3 Análisis comparativo de la biomasa de plántulas a las dos temperaturas de germinación

Al comparar la biomasa de la raíz de las plántulas provenientes de semillas germinadas a 10 y 30 °C, se observó que *Mimosa depauperata* y *M. similis* presentaron una mayor biomasa de raíz cuando sus semillas germinaron a 30 °C, las otras dos especies no presentaron diferencias significativas; sin embargo, es importante resaltar que *M. lacerata* presentó la mayor biomasa, independientemente de la temperatura de germinación (Fig. 9.13).

Los cotiledones de las plántulas de las cuatro especies provenientes de las dos temperaturas de germinación estudiadas, no presentaron diferencias significativas de biomasa (Fig. 9.13). El eje hipocótilo-epicótilo, en cambio, no presentó una tendencia clara, sin embargo *M. similis* presentó la mayor biomasa a 10 °C (Fig. 9.14). Las hojas presentaron mayor biomasa en *M. depauperata*, *M. texana* var. *texana* y *M. lacerata*, cuando sus semillas germinaron a 30 °C. En *M. similis* no se presentaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) (Fig. 9.14).

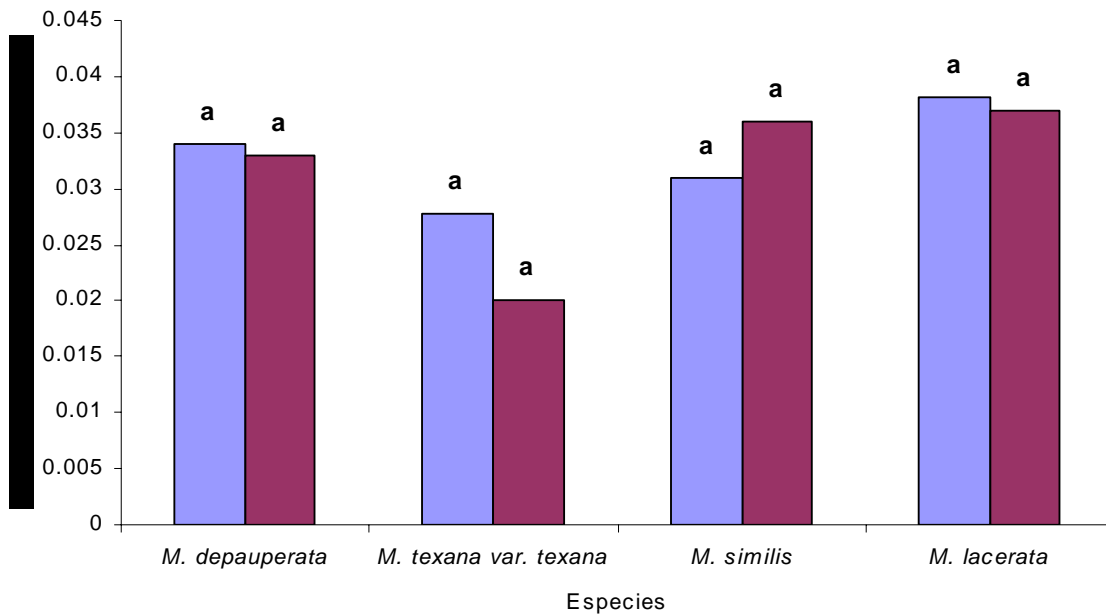
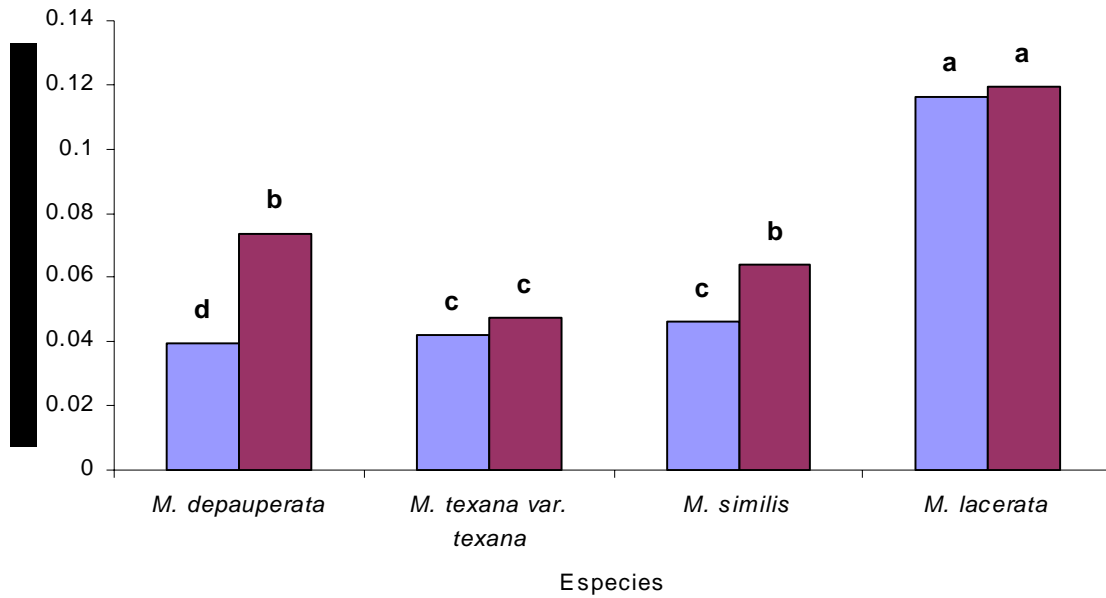


Figura 9.13 Biomasa en peso seco de raíz y cotiledones al momento del establecimiento de las plántulas (■ = 10 °C; ■ = 30 °C). Literales minúsculas representan diferencias entre especies ($p \leq 0.05$).

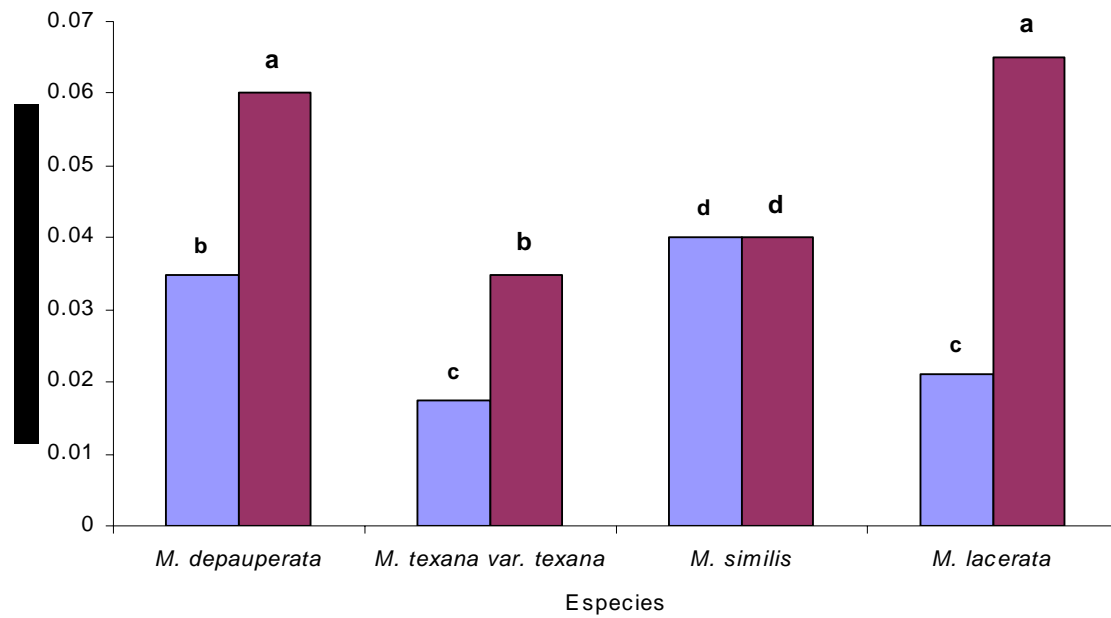
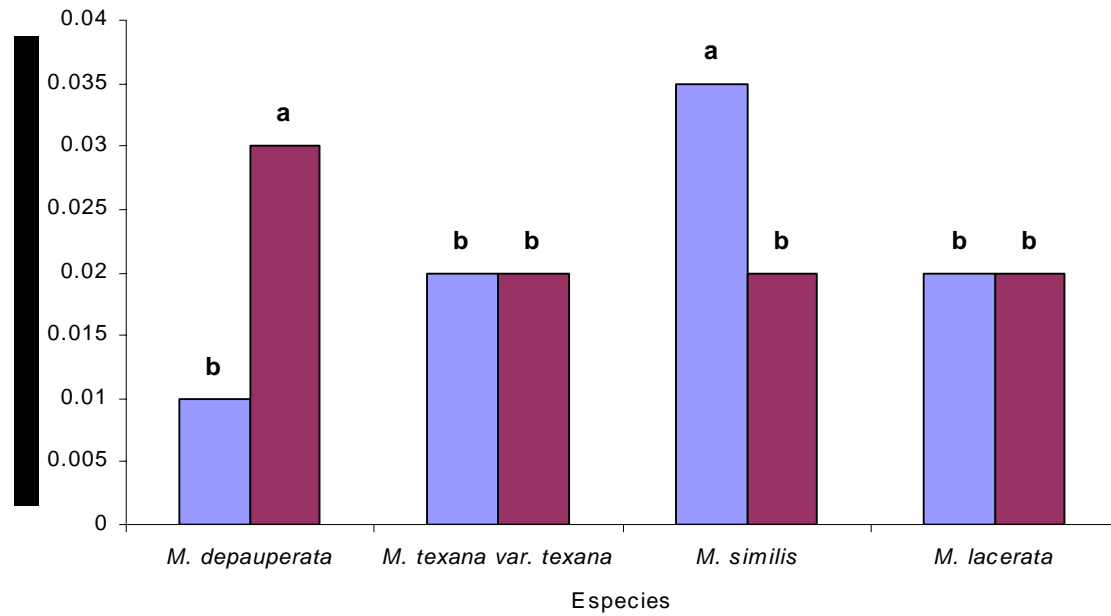


Figura 9.14 Biomasa en peso seco de hipocótilo-epicótilo y hojas al momento del establecimiento de las plántulas (■ = 10 °C; ■ = 30 °C). Literales minúsculas representan diferencias entre especies ($p \leq 0.05$).

9.3.8 Período de establecimiento

La temperatura de germinación ejerció un efecto directo sobre la duración del período de establecimiento de las cuatro especies de *Mimosa* (Fig. 9.15).

Las plántulas de todas las especies cuyas semillas fueron germinadas a 10 °C, presentaron un período de establecimiento entre 40 y 59 días (6-8 semanas), el cual fue más largo que el de las plántulas de semillas germinadas a 30 °C. *Mimosa similis* presentó el período mayor y *M. depauperata* el menor (Fig. 9.15); en cambio las plántulas de las semillas germinadas a 30 °C presentaron períodos de establecimiento significativamente menores. Este período osciló entre 30 y 47 días (4-6 semanas), donde *M. depauperata* presentó el período menor mientras que *M. lacerata* y *M. texana* var. *texana* el mayor (Fig. 9.15).

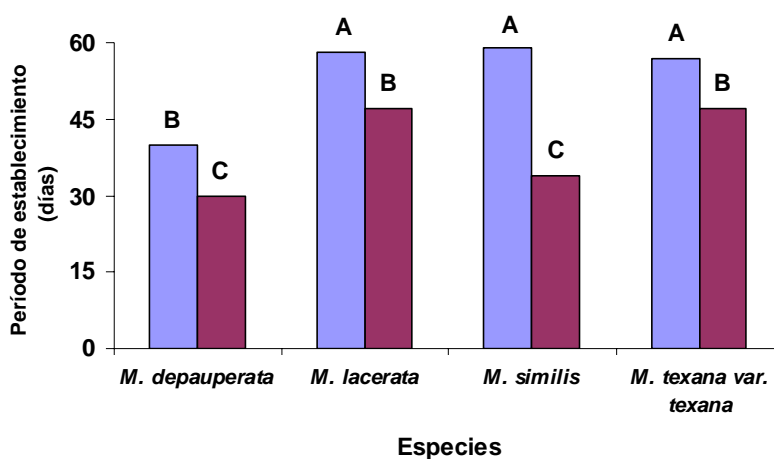


Figura 9.15 Período de establecimiento de las cuatro especies bajo estudio (■ semillas germinadas a 10 °C, ■ semillas germinadas a 30°C, n=5). Literales mayúsculas representan diferencias entre especies; y entre temperaturas de germinación ($p \leq 0.05$).

9.4 Discusión

Las semillas de las cuatro especies presentan testas duras, impermeables al agua, para lograr su germinación es necesario escarificar mecánicamente. Nuestros resultados de germinación (Capítulo 8) mostraron que una vez escarificadas las semillas germinan entre dos y cuatro días después de la siembra, con porcentajes mayores al 60 %.

La germinación de las cuatro especies es fanerocotilar y epígea, con cotiledones foliares, lo cual coincide con la descripción de Duke y Polhill (1981) para las plántulas de las leguminosas del tipo *Macaranga*. Los cotiledones emergieron entre los 7 y 11 días.

Las plántulas de las cuatro especies presentaron características similares en relación a algunos atributos de las hojas, por ejemplo, la primera hoja (protófila) es pinnada, después aparecen las pronomófilas que son bipinnadas y finalmente surgen las nomófilas, cuyas características ya son específicas, de las plantas adultas de cada especie. Por otro lado, las cuatro especies presentan un sistema radical axonomorfo, con muy poca variación en cuanto a su desarrollo y ramificación entre ellas, con escasa o nula nodulación que cuando el hipocótilo crece y presenta contacto con el suelo, se forman raíces adventicias. El cuello de la raíz es más ancho que la base del hipocótilo y más estrecho que la base de la raíz. Iguales resultados reportan: Compton (1912) para *Calliandra gracilis*; Parra (1984) para *M. albida* y *M. comporum* y Camargo-Ricalde (1997) para *M. tenuiflora*.

Otra característica similar en las cuatro especies es que la protófila y las pronomófilas son persistentes en la fase de la plántula, es decir hasta el momento en que se presentó la abscisión de los cotiledones. Todas estas características también coinciden con las reportadas por Parra (1984) para las plántulas de la subfamilia *Mimosoideae*.

Las diferencias en las plántulas de las cuatro especies, se presentaron fundamentalmente en relación al número de cotiledones y al número de pares de pinnas y número de folíolos en las hojas; así como en relación a su período de establecimiento.

En relación al número de cotiledones, las plántulas de *Mimosa similis* y *M. depauperata* presentaron el número común de dos cotiledones, mientras las plántulas de *M. lacerata* y *M. texana* var. *texana* presentaron entre dos y cuatro cotiledones. Una proporción de casi el 50 % de plántulas de ambas especies, presentaron estas características.

El hecho de que las plántulas de estas dos especies presenten un mayor número de cotiledones podría representar de acuerdo a Pianka (2000), una mayor necesidad por

utilizar más eficientemente los recursos del medio, principalmente la luz, necesaria para la fotosíntesis.

Por otro lado, las plántulas de *Mimosa lacerata* y de *M. texana* var. *texana* presentaron la sobrevivencia más baja (< 40 %); ante esta situación, posiblemente estas especies han generado la estrategia de producir plántulas con un mayor número de cotiledones, lo cual podría tener alguna funcionalidad para compensar sus altas tasas de mortandad, sin embargo, es importante hacer estudios de evaluación de sobrevivencia de plántulas con más de dos cotiledones. Por otro lado, el tamaño de los cotiledones también fue diferente entre las cuatro especies, *M. depauperata* y *M. texana* var. *texana* presentaron el menor tamaño y *M. lacerata* y *M. similis* el mayor, esta característica refleja diferencias en la cantidad de reservas almacenadas en dichas estructuras. Curiosamente las dos especies que presentaron cotiledones de mayor tamaño, también presentaron períodos de establecimiento más largos; sin embargo, el número de datos no nos permitió realizar regresiones para asegurar dicha relación. *M. lacerata* y *M. similis* son las especies que presentan la mayor altura, de aquí que el tamaño de los cotiledones posiblemente esté relacionado con este atributo, más que con el período de establecimiento y que sea una característica inherente a las especies.

En cuanto a las hojas de las cuatro especies, éstas presentaron diferencias en relación al número y tamaño de los folíolos, presentes en las pinnas, lo cual puede ser un criterio importante para diferenciarlas en campo.

Por ejemplo, se observó que en las plántulas de las cuatro especies cuyo desarrollo llegó hasta la tercera pronomófila, se pudieron notar las diferencias claramente. *Mimosa lacerata* presenta en sus hojas un mayor número de pares de folíolos (7-8), después *M. texana* var. *texana* (5 pares), luego *M. similis* (4 pares) y por último *M. depauperata* (3 pares). Otro criterio para diferenciarlas en campo, puede ser el número de cotiledones. Las plántulas de *M. depauperata* y *M. similis* como ya se mencionó anteriormente presentan dos, mientras que muchas de las de *M. texana* var. *texana* y *M. lacerata* presentan de tres a cuatro.

En relación al período de establecimiento de las plántulas (considerando el momento de la abscisión de los cotiledones), en orden creciente, las especies presentaron la siguiente secuencia: *M. depauperata* < *M. texana* var. *texana* < *M. similis* < *M. lacerata*. El período de establecimiento es la fase más crítica del ciclo de vida (Wilson y Witkowski, 1998), por lo que debe ser alcanzado por las plántulas en el menor tiempo posible. *M. lacerata*

presentó el período de establecimiento más largo, requiriendo de 24 días más en relación a *M. depauperata* y de 6 a 13 días más en relación a *M. similis* y *M. texana* var. *texana*, esta diferencia podría implicar una ventaja en el caso de especies con períodos de establecimiento cortos, ya que podrían aprovechar mejor el agua durante la época de crecimiento la cual es muy corta (4 a 5 meses al año) y muy errática en la zona seca de la Cuenca; asimismo, se esperaría que un período de establecimiento menor, incrementara la sobrevivencia de las plántulas; sin embargo, en este trabajo no se encontró ninguna relación.

Por otro lado, nuestros resultados mostraron, que la temperatura de germinación de las semillas de las cuatro especies presentó un efecto directo en el período de establecimiento de las plántulas. A una mayor temperatura de germinación (en este caso 30 °C) el período de establecimiento se alcanzó más rápidamente para las cuatro especies. En *M. depauperata* y *M. texana* var. *texana*, este período se redujo en 10 días, en *M. lacerata* 11 días, y en *M. similis* 25 días.

La temperatura es un factor ambiental, que regula el metabolismo celular. Las temperaturas bajas lo inhiben y las altas lo estimulan; de aquí que las semillas germinadas a 10 °C hayan presentado plántulas con un período de establecimiento más largo, comparadas con las plántulas cuyas semillas germinaron a 30 °C.

El período de establecimiento menor que presentó *Mimosa depauperata*, a las dos temperaturas de germinación, podría representar mayores ventajas de sobrevivencia para sus plántulas en el ambiente seco donde habitan las cuatro especies y, que se caracteriza por una breve estación húmeda (4-5 meses), donde la precipitación es muy baja (300-450 mm); en cambio las otras tres especies, al presentar períodos de establecimiento más largos, podrían poner en riesgo la sobrevivencia de sus plántulas.

Fenner (1985), menciona, que el período de establecimiento está en función del tamaño de semilla y que las semillas grandes producen plántulas con períodos de establecimiento cortos. En nuestro estudio no se encontró esta relación, sin embargo se observó que las especies cuyas semillas presentaron embriones ligeros o poco pesados, presentaron períodos de establecimiento más largos, como *M. lacerata*; en cambio, *M. depauperata*, cuyas semillas presentaron los embriones más pesados, presentaron plántulas con un período de establecimiento corto.

Una regresión lineal, no presentada en este trabajo, mostró que sí hay dependencia entre ambas variables: peso del embrión y período de establecimiento para *M. depauperata* ($r^2=0.93$) y *M. lacerata* ($r^2=0.70$), no así, para *M. similis* y *M. texana* var. *texana*, en donde no se observó dicha relación.

Así mismo, las plántulas de *M. lacerata* y *M. depauperata* presentaron los períodos de emergencia más cortos, lo cual también podría estar relacionado con el peso del embrión; sin embargo, los datos no permitieron un análisis de regresión para comprobar dicha relación.

Las semillas grandes con embriones pesados presentan varias ventajas sobre las pequeñas de poco peso: a) sus raíces pueden crecer más rápidamente y b) su tallo puede emerger exitosamente desde grandes profundidades y c) la mortandad de plántulas es menor (Baker, 1972); sin embargo en este trabajo esta relación no se encontró; pero si se observó una relación directa entre el período de establecimiento de las plántulas y su sobrevivencia. *Mimosa lacerata* presentó el período de establecimiento más largo y la mortandad más alta y *M. depauperata* en cambio, presentó el período de establecimiento más corto con un porcentaje de mortandad menor. En *M. similis* y *M. texana* var. *texana* la relación no fue clara.

Por otro lado, la temperatura de germinación también presentó un efecto directo en la tasa de crecimiento relativo (TCR), así como en la biomasa de las plántulas.

En general la tasa de crecimiento y la biomasa de las plántulas de las cuatro especies de *Mimosa* fue mayor cuando sus semillas se germinaron a 30 °C.

Las plántulas provenientes de semillas germinadas a 30 °C, incrementaron la razón raíz-vástago a excepción de *M. depauperata*, en relación a la obtenida en las plántulas de semillas germinadas a 10 °C. La mayor razón raíz-vástago la presentaron *M. similis* y *M. depauperata* cuyas plántulas tuvieron mayores porcentajes de sobrevivencia. Esta razón alta de raíz/vástago favorece el establecimiento de plántulas en zonas semiáridas, lo cual ya ha sido muy estudiado (Foiles y Curtis, 1973 y Hobbs, 1982). *M. depauperata* fue la especie que presentó la mayor tasa de crecimiento de raíz y la menor para vástago y *M. lacerata* la menor tasa de raíz y la mayor para tallo; las otras dos especies presentaron valores intermedios.

Por otro lado, la temperatura de germinación afectó directamente a la biomasa de cada una de las estructuras morfológicas de las plántulas. South (1992) y Paliwal y Kannam (1999) mencionan que el peso de la raíz es un aspecto importante en el establecimiento de las plántulas de pino, considerando un mayor éxito en aquellas que presentan un mayor peso en sus raíces. En los tallos y en las hojas se canalizó la biomasa en segundo término y los cotiledones fueron las estructuras que presentaron la menor distribución de biomasa. Medina (1977) menciona que la estimación de los parámetros inherentes al análisis del crecimiento, que se obtienen básicamente por medición de los pesos secos de plantas, distribuidos en los distintos órganos que las constituyen, en diferentes fases de crecimiento, permite seguir la dinámica de la producción fotosintética neta y por ello es una técnica adecuada para medir el éxito de una especie dentro de cierto hábitat, así como el grado de competencia interespecífica, cuando dos especies coexisten en la misma zona. De acuerdo a esto, *M. lacerata* y *M. depauperata* coexisten en el mismo hábitat gracias a que su razón raíz/vástago es diferente.

Al comparar la biomasa de las plántulas obtenidas a las dos temperaturas de germinación, se observó que a mayor temperatura, *M. lacerata* presentó las raíces más pesadas.

En relación al tallo no se observó una tendencia clara, pero en cuanto a las hojas, también *M. lacerata* y *M. depauperata* presentan hojas más pesadas, lo cual podría brindarles alguna ventaja fotosintética.

9.5 Conclusiones

Las plántulas de las cuatro especies de *Mimosa* presentan características morfológicas diferentes que permiten su identificación en campo. Las características distintivas son: el número de cotiledones y el número de pares de folíolos presentes en las pinnas de las hojas. Así mismo, las plántulas de las cuatro especies presentan períodos de establecimiento diferentes, lo cual indica diferencias en el grado de adaptación a la zona semiseca de la Cuenca. Las plántulas de *M. depauperata* presentaron un período de establecimiento más corto que las otras tres especies.

Por otro lado, dos de las especies (*M. lacerata* y *M. texana* var. *texana*) presentaron plántulas con dos o más cotiledones (2-4) lo cual indica una estrategia diferente para el aprovechamiento de los recursos. El porcentaje de sobrevivencia para las cuatro especies, fue menor al 60 % presentando la mortandad mayor *M. lacerata* y *M. texana* var. *texana*, este porcentaje de sobrevivencia tan bajo, podría ser compensado con plántulas de más de dos cotiledones, períodos de establecimiento cortos y tasas altas de crecimiento de raíces; sin embargo, en este trabajo sólo se observó relación entre el período de establecimiento y el porcentaje de sobrevivencia, para las plántulas de *M. lacerata* se observó la relación de un período de establecimiento más largo con un porcentaje de sobrevivencia menor.

Por otro lado, la temperatura de germinación de las semillas afectó directamente la tasa de crecimiento y la biomasa de las plántulas.

El incremento de la temperatura favoreció el crecimiento de las plántulas, principalmente de raíz y también incrementó su biomasa; sin embargo la relación observada entre estas dos variables fue inversa. *Mimosa depauperata* presentó raíces con la mayor tasa de crecimiento, pero éstas fueron menos pesadas, en cambio *M. lacerata* presentó raíces con la menor tasa de crecimiento pero con más peso; las otras especies presentaron valores intermedios. Esta tendencia también podría representar una estrategia de desarrollo diferente para las cuatro especies.

10 Reserva de semillas

10.1 Introducción

Todas las semillas viables presentes sobre el suelo o asociadas al mantillo constituyen la reserva de semillas (Molina *et al.*, 1991). Su importancia es vital para la dinámica de cualquier ecosistema (Allesio *et al.*, 1989), ya que representa una reserva potencial del material genético acumulado en el tiempo.

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 tiene en el control de las malezas (Roberts y Neilson, 1981), en la dinámica, mantenimiento, diversidad y distribución de la vegetación (Baskin y Baskin, 1978; Thompson, 1987) y en la sucesión ecológica (Fenner, 1985).

En los ecosistemas desérticos y semidesérticos, las reservas de semillas constituyen elementos importantes, donde las plantas anuales representan una gran parte de la flora (40 % o más) y sus semillas pueden permanecer viables en el suelo durante muchos años, particularmente en los desiertos calientes (Kemp, 1989).

La mayoría de los estudios en los ecosistemas desérticos han mostrado que las reservas de semillas son altamente variables, tanto en el espacio como en el tiempo (Reichman, 1984; Thompson, 1987). La abundancia de semillas en cualquier microhábitat particular depende del aporte de semillas durante la fase I, es decir, el movimiento de una semilla desde el individuo progenitor hasta la superficie del suelo y de la fase II, en la que ocurren movimientos subsecuentes horizontales y verticales después de la fase I (Chambers y MacMahon, 1994). En estas zonas secas, el viento, las escorrentías, la depredación por animales y la microtopografía de la superficie son los principales factores que afectan la dispersión de las semillas y su distribución (Goodall *et al.*, 1972); de aquí que la morfología de semillas (tamaño y forma) parece ser importante en el patrón inicial de la dispersión y distribución. Sin embargo, la distribución de las semillas y la dinámica de la reserva después de la dispersión, son una función directa de otros factores, tales como la depredación, la germinación, la longevidad y el movimiento de las semillas en el suelo. Los animales del desierto frecuentemente consumen

semillas dependiendo del tamaño, contenido de proteínas y de otros factores; así, los roedores y los pájaros seleccionan semillas grandes, mientras que las hormigas prefieren semillas pequeñas (Guo *et al.*, 1995).

Las actividades excavadoras de los animales no granívoros (tortugas, conejos, etc.) permiten el movimiento profundo y superficial de las semillas en el suelo a través de las perturbaciones. Esas mismas actividades pueden desenterrar semillas y llevarlas a la superficie e incrementar así la posibilidad de la germinación (Chambers y MacMahon, 1994).

La distribución de las semillas y el almacenamiento en el suelo también están relacionados con las características edáficas, como tamaño de partículas, estructura y química del suelo (Coffin y Lauenroth, 1989; Chambers y MacMahon, 1994). En los desiertos de Norteamérica, la distribución no azarosa de las reservas de semillas juega un papel importante en la coexistencia de muchas especies vegetales (Reichman, 1984; Guo *et al.*, 1995).

La distribución tanto horizontal como vertical de semillas, puede también ser importante para promover la diversidad de especies animales que dependen de las mismas, especialmente cuando los consumidores se alimentan selectivamente de diferentes especies y pueden consumirlas en diferentes microhábitats o profundidades del suelo.

En los ecosistemas áridos, las semillas de la mayoría de las especies representan el único medio de dispersión y acceso a nuevas regiones. Constituyen una fuente de alimento importante disponible para algunas especies de animales (Brown *et al.*, 1979) y son la fuente de variación para la diferenciación genética y la evolución (Allesio *et al.*, 1989).

Pocos estudios se han realizado en relación a la importancia de las semillas en la estructura y función de las comunidades vegetales desérticas, por lo que no se conoce la relación entre las reservas de semillas y la dinámica de las poblaciones vegetales. El conocimiento de la vegetación de las zonas áridas y semiáridas ha sido derivada, en gran parte, de estudios sobre las adaptaciones fisiológicas y morfológicas de las plantas (Wentworth, 1981; Yeaton y Cody, 1976) y poco se conoce acerca de la dinámica de las poblaciones y los procesos poblacionales tales como crecimiento, incorporación, dispersión y latencia, que dependen de la distribución y del comportamiento de las semillas (Fonteyn y Mahall, 1981).

El conocimiento de las reservas de semillas y su relación con la vegetación del desierto es necesaria para comprender el proceso por el cual las plantas de las zonas secas, se han adaptado a las condiciones inciertas y difíciles del medio.

Estudios demográficos han mostrado, que la incorporación de muchas especies leñosas de zonas secas, es un evento raro (Barbour, 1969; Crisp, 1978; Jordan y Nobel, 1979). La intermitencia en este proceso puede deberse a: 1) carencia de semillas; 2) inviabilidad de las semillas; 3) carencia de condiciones favorables para la germinación y 4) limitaciones de las plántulas para sobrevivir.

Es importante resaltar, que este es el primer trabajo que se realiza en relación al conocimiento de la participación de las especies del género *Mimosa*, en la reserva de semillas de matorrales xerófilos de zonas semisecas.

Existen pocos trabajos en general sobre reservas de semillas para las especies de la familia Leguminosae. Grice (1987), estudió la dinámica de la reserva de semillas y de la población de plántulas de *Acacia victoriare* y *Cassia* spp., en una zona al oeste de New South Wales, Australia y, Lonsdale (1993) estudió el efecto del fuego en la viabilidad de semillas de *M. pigra* encontradas en la reserva del suelo de una savana tropical en el norte de Australia.

El objetivo del presente estudio fue determinar la composición y la proporción de la reserva de semillas de tres matorrales xerófilos en donde *Mimosa lacerata*, *M. depauperata*, *M. similis* y *M. texana* var. *texana*, son especies arbustivas dominantes y codominantes, con la finalidad de responder las siguientes preguntas:

¿La diversidad de especies en la reserva de semillas del suelo es diferente para los tres matorrales xerófilos? ¿La participación de las cuatro especies del género *Mimosa* es significativa en la reserva de semillas de los matorrales xerófilos donde crecen? ¿La densidad de semillas de cada una de las especies varía con los patrones de distribución vertical y horizontal?

10.2 Materiales y Métodos

10.2.1 Localización

Este estudio se realizó en los tres sitios de muestreo seleccionados para el estudio del predominio ecológico (Capítulo 6), fenología (Capítulo 7) y germinación (Capítulo 8) (Fig. 4.1).

10.2.2 Obtención de las muestras de suelo con semillas

El muestreo para estimar el número de semillas en el suelo presente bajo el dosel de las cuatro especies de *Mimosa*, así como en las áreas interarbustivas, se realizó en los meses de octubre-noviembre de 1999 durante el período de fructificación y dispersión de las semillas.

En cada sitio de muestreo (Fig. 4.1), se seleccionaron 10 individuos al azar por especie.

Bajo el dosel de cada uno de los diez individuos de cada especie, se delimitó una parcela de 20 cm por lado y 10 cm de profundidad. En cada una de estas parcelas, se obtuvieron dos muestras de suelo: una que incluyó todo el mantillo (suelo suelto superficial) más el suelo formado por los primeros cinco cm de profundidad y la otra con los siguientes cinco cm de suelo. El número de observaciones por sitio de muestreo y por especie fue de 20 (10 parcelas por individuo x dos profundidades). Así mismo, diez áreas interarbustivas, libres de vegetación y localizadas entre los individuos de las cuatro especies, seleccionados con anterioridad, fueron utilizadas como control; en estas zonas, se extrajeron las muestras de suelo en la forma y dimensiones previamente descritas y con 20 observaciones. Las muestras de suelo se colocaron en bolsas de plástico negro de 1 kg y se transportaron al laboratorio.

10.2.3 Métodos de extracción de las semillas del suelo

La extracción de las semillas del suelo, se realizó por dos métodos: 1) separación o recuento directo y, 2) la emergencia de plántulas (Molina, 1990).

a) Separación o recuento directo: Se tomó una submuestra de 100 g de suelo correspondiente a cada parcela y a cada una de las profundidades muestreadas, la cual fue tamizada a través de mallas del No. 20 y 100 sucesivamente y aplicando chorro de agua directo. El material que

quedaba en cada una de las mallas, se analizó con un estereoscopio marca Carl Zeiss (16x y 40x). El número de semillas por m² se estimó de la muestra, la cual fue de 400 cm².

La identificación de las semillas se hizo por comparación, con base a una colecta previa de semillas de las especies de cada sitio de estudio y con el apoyo de ejemplares de herbario.

b) Emergencia de plántulas: Se utilizó el suelo restante de cada muestra, después de haber tomado los 100 g ya mencionados. El suelo fue colocado en cajas de plástico de 25 x 14 cm x 5 cm, que fueron colocadas en condiciones adecuadas de temperatura (35 °C máxima, 10 °C mínima) y de humedad (sustrato a capacidad de campo), para la germinación de las semillas contenidas en el suelo.

Con el objeto de estimular la germinación de la mayoría de las semillas, el suelo fue secado, volteado, pulverizado e inundado tantas veces como fue necesario hasta que ya no se observó emergencia de plántulas (Forcella, 1984; Bigwood e Inouye, 1988; Marañón, 1985; Antlfinger, 1989; Grice, 1987). Estos tratamientos se realizaron aproximadamente cada 30 días. Las plántulas obtenidas se identificaron mediante claves taxónomicas. La duración de este ensayo fue de seis meses.

10.2.4 Diversidad de las reservas de semillas localizadas bajo el dosel y en las áreas interarbustivas de las cuatro especies de Mimosa

Se utilizó el índice de Shanon-Wiener (Brower y Zar, 1980) para determinar la diversidad de las reservas de semillas de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$H' = \sum_{i=1}^S P_i \ln(P_i)$$

donde: Pi = proporción del total de la muestra que corresponde a la especie i-ésima

S = número de especies

Se calcularon 16 índices de diversidad, los cuales correspondieron a las cuatro especies, dos zonas de muestreo (dosel y abierta) y dos profundidades (0-5 y 5-10 cm).

Para probar la hipótesis de que los sitios de cada condición (bajo el dosel y áreas abiertas) para las cuatro especies tienen la misma diversidad o su alternativa de que son diferentes, se utilizó el estadístico de la prueba de “t” de student (Molina, 1991):

$$t = \frac{H_i' - H_j'}{[\text{var}(H_i') + \text{var}(H_j')]^{1/2}}$$

donde: H_i' , H_j' , representan los índices de diversidad de los tres sitios de muestreo respectivamente y $\text{var}(H_i')$, $i=1,2$ se obtiene de acuerdo con Poole (1974).

$$\text{var}(H_i') = \frac{\sum_{i=1}^S P_i \ln^2(P_i) - \left[\sum_{i=1}^S P_i \ln(P_i) \right]^2}{N}$$

donde: N = número total de individuos en la comunidad

S = número de especies

Los grados de libertad de t se obtienen calculando:

$$g.l = \frac{[\text{var}(H_i') + \text{var}(H_j')]^2}{\text{var}(H_i')^2 / N_i + \text{var}(H_j')^2 / N_j}$$

donde N_i y N_j , son el número de individuos de las comunidades i-ésima y j-ésima respectivamente.

10.2.5 Índice de semejanza de Sørensen

La semejanza en la composición de las reservas de semillas y de la vegetación entre los tres sitios de muestreo, se evaluó con el índice de Sørensen (s) (Cox, 1980).

$$S = \frac{2c}{a + b}$$

Donde: a = número de especies de la muestra a (especies presentes en la reserva de semillas)

b = número de especies de la muestra b (especies presentes en la vegetación)

c = número de las especies comunes a ambas muestras.

10.3. Resultados

10.3.1 Composición y densidad de las reservas de semillas, de los matorrales xerófilos con presencia de *Mimosa*

10.3.1.1 Sitio 1. Matorral secundario crasicaule

Las reservas de semillas localizadas bajo el dosel de *M. depauperata* y en sus áreas interarbustivas consistieron de 17 especies, de las cuales se identificaron 11; su densidad fue más abundante bajo el dosel a una profundidad entre 0-5 cm.

Las semillas de *Mimosa depauperata*, únicamente se encontraron bajo su dosel y a una profundidad entre 0 y 5 cm (Cuadro 10.1).

Cuadro 10.1 Número de semillas por m² de las especies mejor representadas en la reserva de semillas, bajo el dosel y las áreas interarbustivas de *Mimosa depauperata*.

Especie	Semillas / m ²			
	Área abierta		Bajo el dosel	
	0-5 cm	5-10 cm	0-5 cm	5-10 cm
	ξ s	ξ s	ξ s	ξ s
<i>Aristida adscensionis</i>	92.80 ± 293.47	0	0	0
<i>Chloris virgata</i>	0	0	66.77 ± 190.05	0
<i>Dalea laniceps</i>	46.40 ± 146.73	0	0	0
<i>Enneapogon desvauxii</i>	232.01 ± 733.69	0	0	0
<i>Evolvulus Alsinoides</i>	46.40 ± 146.73	0	0	0
<i>Kallstroemia parviflora</i>	46.40 ± 146.73	55.27 ± 174.80	0	55.85 ± 176.61
<i>Mimosa depauperata</i>	0	0	66.77 ± 190.05	0
<i>Setaria grisebachii</i>	46.40 ± 146.73	663.34 ± 1159.50	400.70 ± 682.31	1061.00 ± 1735.40
<i>Sida abutilifolia</i>	1392.10 ± 3185.00	0	334.00 ± 584.06	167.00 ± 376.95
<i>Tragus berteronianus</i>	0	0	134.00 ± 380.10	0
<i>Turnera diffusa</i>	46.40 ± 146.73	165.83 ± 373.10	0	0
Especie 1	47.00 ± 147.00	331.37 ± 594.23	0	1731.00 ± 4705.00
Especie 2	0	0	66.77 ± 190.05	0
Especie 3	1345.70 ± 1226.70	663.34 ± 895.14	2537.00 ± 4058.40	387.80 ± 1731.50
Especie 4	92.80 ± 195.65	110.55 ± 233.08	868.10 ± 1551.80	279.30 ± 474.63
Especie 5	0	0	66.77 ± 190.05	0
Especie 6	46.40 ± 146.73	0	0	55.85 ± 176.61
Total especies desconocidas	1531.90	1105.60	3538.70	2904.00
Total semillas / m ²	3480.80	1989.70	4540.90	4188.40

La reserva de semillas localizada bajo el dosel de *M. lacerata* y en áreas interarbustivas, contiene 14 especies, de las cuales se identificaron nueve y su densidad fue mayor bajo el dosel y a una profundidad entre 0 y 5 cm (Cuadro 10.2).

Las semillas de *Mimosa lacerata* también se presentaron únicamente bajo su dosel, entre 0 y 5 cm (Cuadro 10.2).

Cuadro 10.2. Número de semillas por m² de las especies mejor representadas en la reserva de semillas, bajo el dosel y las áreas interarbusivas de *Mimosa lacerata*.

Especies	Semillas / m ²			
	Área abierta		Bajo el dosel	
	0-5 cm	5-10 cm	0-5 cm	5-10 cm
	ξ s	ξ s	ξ s	ξ s
<i>Euphorbia serpyllifolia</i>	92.80 ± 195.65	55.27 ± 174.80	133.55 ± 253.40	0
<i>Evolvulus alsinoides</i>	0	110.55 ± 233.07	0	0
<i>Kallstroemia parviflora</i>	0	55.27 ± 174.80	66.77 ± 190.05	0
<i>Mentzelia hispida</i>	0	110.55 ± 233.07	0	0
<i>Mimosa lacerata</i>	0	0	66.77 ± 190.05	0
<i>Setaria grisebachii</i>	417.62 ± 461.44	884.46 ± 1712.80	2337.20 ± 2135.20	2457.00 ± 5133.61
<i>Sida abutilifolia</i>	278.41 ± 880.43	110.55 ± 233.07	1335.60 ± 2212.80	55.90 ± 176.61
<i>Turnera diffusa</i>	92.80 ± 293.47	110.55 ± 233.07	0	55.90 ± 176.61
<i>Verbesina virgata</i>	46.40 ± 146.73	55.27 ± 174.80	0	0
Especie 7	46.40 ± 146.73	0	66.77 ± 190.05	112.00 ± 235.48
Especie 8	0	55.27 ± 174.80	133.55 ± 380.10	55.90 ± 176.61
Especie 9	1670.50 ± 3125.80	442.23 ± 815.76	3272.10 ± 2541.20	335.00 ± 470.96
Especie 10	0	55.27 ± 174.80	334.00 ± 762.84	112.00 ± 235.48
Especie 11	0	0	134.00 ± 380.10	0
Total de especies desconocidas	1716.90	552.77	3940.30	614.35
Total	2644.90	2045.20	7880.30	3183.05

10.3.1.1.2 Sitio 2. Matorral rosetófilo

La reserva de semillas localizada bajo el dosel de *M. similis* y en sus áreas interarbusivas presentó 21 especies, de las cuales se identificaron 14. Estas semillas fueron más abundantes bajo el dosel entre 0 y 5 cm.

Las semillas de *Mimosa similis* se presentaron tanto bajo su dosel entre 0 y 5 cm de profundidad, como en las áreas interarbusivas, entre 5 y 10 cm (Cuadro 10.3).

Cuadro 10.3. Número de semillas por m² de las especies mejor representadas en la reserva de semillas, bajo el dosel y las áreas interarbutivas de *Mimosa similis*.

	Semillas / m ²			
	Área abierta		Bajo el dosel	
	0-5 cm	5-10 cm	0-5 cm	5-10 cm
	ξ s	ξ s	ξ s	ξ s
<i>Aristida adscensionis</i>	1045.10 ± 1835.30	34.15 ± 663.75	9637.50 ± 18557.30	821.40 ± 1051.54
<i>Bacopa chamaedryoides</i>	1343.70 ± 4249.15	0	1028.00 ± 2643.89	68.45 ± 205.32
<i>Bouteloua barbata</i>	5598.75 ± 12237.20	956.20 ± 1910.23	2505.80 ± 3764.09	479.20 ± 868.53
<i>Dalea laniceps</i>	4105.75 ± 6889.13	956.20 ± 1295.90	4176.30 ± 3749.44	684.20 ± 749.83
<i>Dasyochloa pulchella</i>	13661.00 ± 18904.90	48949.30 ± 8478.55	15934.00 ± 30912.50	4997.00 ± 9003.45
<i>Enneapogon desvauxii</i>	42774.50 ± 51999.00	20558.30 ± 50348.30	38550.00 ± 41038.50	4312.00 ± 6068.93
<i>Eragrostis mexicana</i>	373.25 ± 1180.32	0	0	0
<i>Ipomoea castellata</i>	0	0	69.25 ± 203.17	0
<i>Kallstroemia parviflora</i>	1791.60 ±	136.60 ± 431.96	692.50 ± 2031.76	68.45 ±
<i>Milla biflora</i>	74.65 ± 236.00	0	64.25 ± 203.17	0
<i>Mimosa similis</i>	0	1029.50 ± 2017.13	128.50 ± 270.90	0
<i>Setaria grisebachii</i>	223.95 ± 503.80	1024.50 ± 2600.78	2634.30 ± 5223.64	479.20 ± 1226.38
<i>Sida abutilifolia</i>	373.25 ± 527.80	478.10 ± 791.93	771.00 ± 898.47	410.70 ± 821.40
<i>Turnera diffusa</i>	149.30 ± 472.10	887.90 ± 2576.76	192.75 ± 609.52	0
Especie 12	447.90 ± 944.20	68.30 ± 215.98	192.75 ± 433.65	205.40 ± 313.67
Especie 13	373.25 ± 806.30	68.30 ± 215.98	1092.30 ± 1515.90	205.40 ± 313.67
Especie 14	74.65 ± 236.00	0	0	0
Especie 15	0	0	64.25 ± 203.17	0
Especie 16	0	0	0	64.85 ± 205.35
Especie 17	671.85 ± 1877.00	0	0	0
Especie 18	0	0	64.25 ± 203.17	0
Total de especies desconocidas	1567.65	136.60	1413.50	475.65
Total	73082.40	75147.40	77798.00	12796.30

10.3.1.1.3 Matorral crasicaule

La reserva de semillas localizada bajo el dosel de *Mimosa texana* var. *texana* y en áreas interarbutivas, presentó 45 especies de las cuales se identificaron 20, las semillas fueron más abundantes en las áreas interarbutivas entre 0 y 5 cm.

Las semillas de *Mimosa texana* var. *texana*, sólo se encontraron bajo de su dosel entre 0 y 5 cm (Cuadro 10.4).

Cuadro 10.4 Número de semillas por m² de las especies mejor representadas en la reserva de semillas, bajo el dosel y las áreas interarbutivas de *Mimosa texana* var. *texana*.

	Semillas / m ²							
	Área abierta				Bajo el dosel			
	0-5 cm		5-10 cm		0-5 cm		5-10 cm	
	ξ	s	ξ	s	ξ	s	ξ	s
<i>Amaranthus powelli</i>	0		0		71.94 ±	151.66	71.94 ±	151.66
<i>Aristida adscensionis</i>	90.46 ± 286.05		0		71.94 ±	151.66	35.97 ±	113.75
<i>Bacopa chamaedryoides</i>	45.20 ± 143.02		0		1942.43 ±	3930.19	539.56 ±	1369.73
<i>Dalea laniceps</i>	723.68 ± 2288.50		90.46 ±	286.05	0		0	
<i>Dyssodia tagetiflora</i>	1944.90 ± 6150.30		0		0		0	
<i>Euphorbia serpyllifolia</i>	1764.00 ± 2597.80		497.53 ±	781.95	359.71 ±	339.13	431.65 ±	582.48
<i>Eragrostis spp.</i>	3935.00 ± 8850.50		1492.60 ±	3247.96	359.71 ±	587.40	503.59 ±	1034.23
<i>Evolvus alsinoides</i>	180.92 ± 572.11		0		35.97 ±	113.75	107.91 ±	173.75
<i>Gomphrena nitida</i>	1040.30 ± 3134.00		678.45 ±	2145.44	467.62 ±	831.57	71.94 ±	151.66
<i>Kallstroemia parviflora</i>	226.15 ± 715.14		226.15 ±	715.14	35.97 ±	113.75	71.94 ±	151.66
<i>Mimosa texana</i> var. <i>texana</i>	0		0		107.91 ±	341.25	0	
<i>Physalis paleens</i>	0		0		35.97 ±	113.75	35.97 ±	113.75
<i>Portulaca oleracea</i>	33575.00 ± 46364.00		4070.70 ±	6131.58	13669.00 ±	18168.40	14208.57 ±	21846.90
<i>Salvia reflexa</i>	859.37 ± 1233.20		180.92 ±	436.96	2014.37 ±	4333.80	1151.07 ±	1863.71
<i>Sanvitalia procumbens</i>	135.69 ± 305.27		0		0		0	
<i>Setaria grisebachii</i>	2397.20 ± 3464.70		361.84 ±	732.42	1096.46 ±	3005.00	755.39 ±	1023.75
<i>Sida acuta</i>	226.15 ± 574.10		0		143.88 ±	251.51	107.91 ±	341.25
<i>Stenia tephra</i>	497.53 ± 1573.30		45.23 ±	143.02	0		0	
<i>Tetramerium nervosum</i>	0		0		35.97 ±	113.75	0	
<i>Tragus berteronianus</i>	361.84 ± 1144.20		587.99 ±	1859.38	467.62 ±	1478.75	0	
Especie 19	452.30 ± 1430.30		45.23 ±	193.02	35.97 ±	113.75	35.97 ±	113.75
Especie 20	45.23 ± 193.02		90.46 ±	190.70	35.97 ±	113.75	35.97 ±	113.75
Especie 21	135.69 ± 218.48		90.46 ±	190.70	1258.98 ±	3150.74	0	
Especie 22	0		0		107.91 ±	341.25	0	
Especie 23	0		0		143.88 ±	303.33	71.94 ±	227.50
Especie 24	0		0		467.62 ±	814.10	107.91 ±	292.78
Especie 25	1266.40 ± 3239.20		407.07 ±	581.96	863.30 ±	1489.89	107.91 ±	242.78
Especie 26	45.23 ± 143.02		0		0		0	
Especie 27	135.69 ± 305.27		90.46 ±	190.70	35.97 ±	113.75	251.79 ±	563.67
Especie 28	0		0		35.97 ±	113.75	0	
Especie 29	135.69 ± 429.08		180.92 ±	233.56	863.30 ±	2007.79	647.47 ±	971.14
Especie 30	0		90.46 ±	286.05	0		0	
Especie 31	0		0		35.97 ±	113.75	0	
Especie 32	90.46 ± 190.70		90.46 ±	190.70	251.79 ±	679.33	107.91 ±	242.78
Especie 33	45.23 ± 143.02		0		0		0	
Especie 34	90.46 ± 190.70		0		0		35.97 ±	113.75
Especie 35	135.69 ± 429.08		180.92 ±	572.11	179.85 ±	456.57	35.97 ±	113.75
Especie 36	1764.00 ± 1269.50		2125.00 ±	1624.50	11294.9 ±	28793.40	4928.00 ±	9323.28
Especie 37	0		0		0		35.97 ±	113.75
Especie 38	45.23 ± 143.02		0		1762.57 ±	3205.92	215.82 ±	38667.00
Especie 39	542.76 ± 1716.40		0		107.91 ±	341.25	0	
Especie 40	180.92 ± 572.11		0		719.42 ±	2275.00	0	
Especie 41	90.46 ± 190.70		90.46 ±	286.05	0		0	
Especie 42	226.15 ± 715.14		0		71.94 ±	151.66	0	
Especie 43	0		0		35.97 ±	113.75	0	
Total especies desconocidas	5879.90		3482.53		18309.20		6618.60	
Total	53431.00		11713.80		39225.60		24712.01	

10.3.1.2 Índices de diversidad

Las reservas de semillas de los matorrales crasicaule y rosetófilo donde habitan *Mimosa texana* var. *texana* y *M. similis* respectivamente, presentaron la mayor diversidad de especies al margen de la condición (bajo el dosel ó en áreas interarbustivas) y de la profundidad; en cambio, en el matorral crasicaule donde crecen *M. depauperata* y *M. lacerata*, se encontró una diversidad de semillas menor (Cuadro 10.5).

Al comparar la diversidad de las reservas de semillas por especie, se observó lo siguiente: *Mimosa depauperata* presentó una diversidad mayor en la zona interarbustiva entre 0 y 5 cm de profundidad. *M. lacerata* y *M. similis* presentaron la mayor diversidad bajo el dosel entre 0 y 5 cm de profundidad y la reserva de *M. texana* var. *texana* fue la más diversa tanto en la zona interarbustiva entre 5 y 10 cm así como bajo el dosel entre 0 y 10 cm de profundidad (Cuadro 10.5).

Cuadro 10.5. Índices de diversidad de especies de Shanon-Wiener en las reservas del suelo de los matorrales xerófilos donde crecen las cuatro especies de *Mimosa*.

Especie	ZA 0-5	ZA 5-10	ZD 0-5	ZD 5-10	g
<i>M. depauperata</i>	1.71 Aa	1.45 Bb	1.36 Bb	1.32 Bb	1.46 c
<i>M. lacerata</i>	1.13 Bc	1.17 Bc	1.46 Ab	0.85 Cc	1.15 d
<i>M. similis</i>	1.44 Bb	1.21 Cc	2.91 Aa	1.23 Cb	1.69 b
<i>M. texana</i> var. <i>texana</i>	1.71 Ba	2.14 Aa	2.08 Aa	2.06 Aa	2.66 a

ZA = zona abierta, 0-5 y 5-10 cm de profundidad; ZD = zona de dosel, 0-5 y 5-10 cm de profundidad. Literales mayúsculas diferentes representan diferencias entre columnas; literales minúsculas diferentes representan diferencias entre hileras ($p \leq 0.05$)

10.3.1.3 Distribución horizontal y vertical de la reserva de semillas

Los patrones de distribución horizontal de las semillas de todas las especies registradas en las reservas de los tres matorrales, incluyendo las especies de *Mimosa* (suma de las semillas bajo dosel y áreas interarbustivas) (Figs. 10.1 y 10.2), presentaron un comportamiento diferente. Las semillas registradas en el suelo del matorral crasicaule donde coexisten *M. depauperata* y *M. lacerata*, así como en el matorral crasicaule donde crece *M. texana* var. *texana* presentaron

un decremento en su densidad, de las áreas de dosel a las áreas abiertas; en cambio, los patrones de distribución horizontal de las semillas registradas en el suelo del matorral rosetófilo donde crece *M. similis* presentaron un comportamiento inverso, decreciendo el número de semillas de las áreas abiertas a las zonas bajo el dosel (Figs. 10.1 y 10.2).

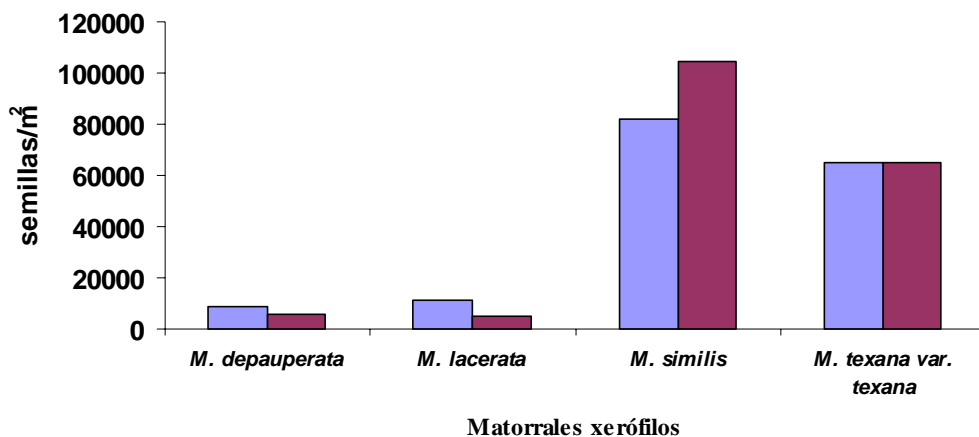


Figura 10.1 Distribución horizontal de las semillas de las especies mejor representadas en las reservas de los tres matorrales xerófilos, donde crecen las cuatro especies de *Mimosa* bajo el dosel ■ y en áreas interarbustivas ■.

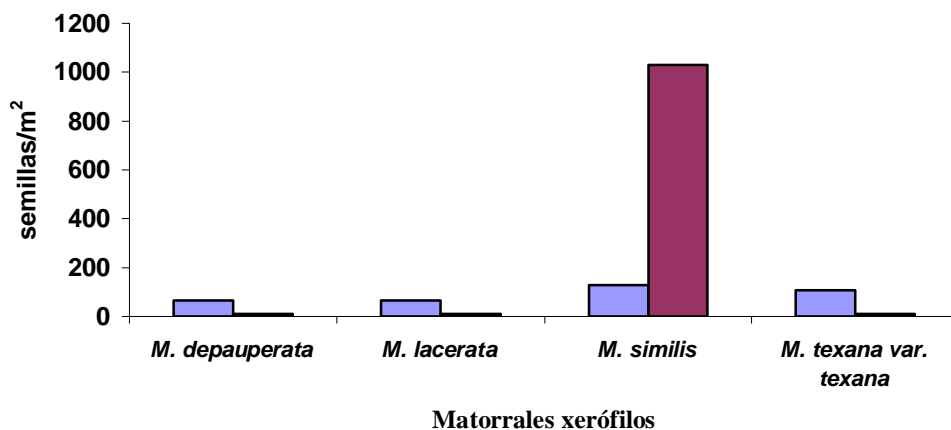


Figura 10.2 Distribución horizontal de las semillas de *Mimosa* en las reservas del suelo, localizadas bajo el dosel ■ y en áreas interarbustivas ■.

La distribución vertical de las semillas de todas las especies presentes en los bancos del suelo decrecieron con el incremento de la profundidad tanto bajo el dosel como en las áreas interarbustivas (Fig. 10.3).

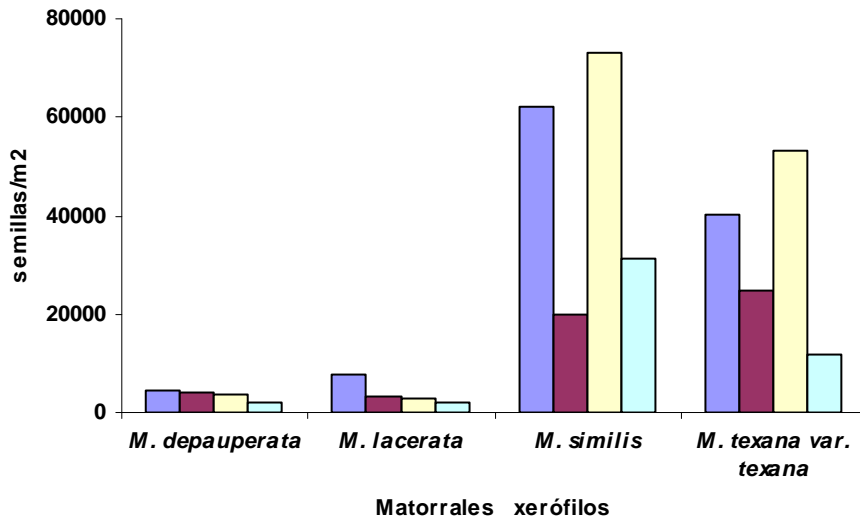


Figura 10.3 Distribución vertical de las semillas de todas las especies presentes en las reservas del suelo localizadas bajo el dosel y en las áreas interarbustivas, de las cuatro especies de *Mimosa* a dos profundidades. (■ dosel 0-5 cm; ■ dosel 5-10 cm; ■ abierta 0-5 cm; ■ abierta 5-10 cm).

La distribución vertical específicamente de las semillas de *Mimosa*, presentó una tendencia semejante a la anterior, donde la densidad de las semillas decreció con el incremento de la profundidad, tanto en las zonas de dosel como en las áreas interarbustivas.(Fig. 10.4).

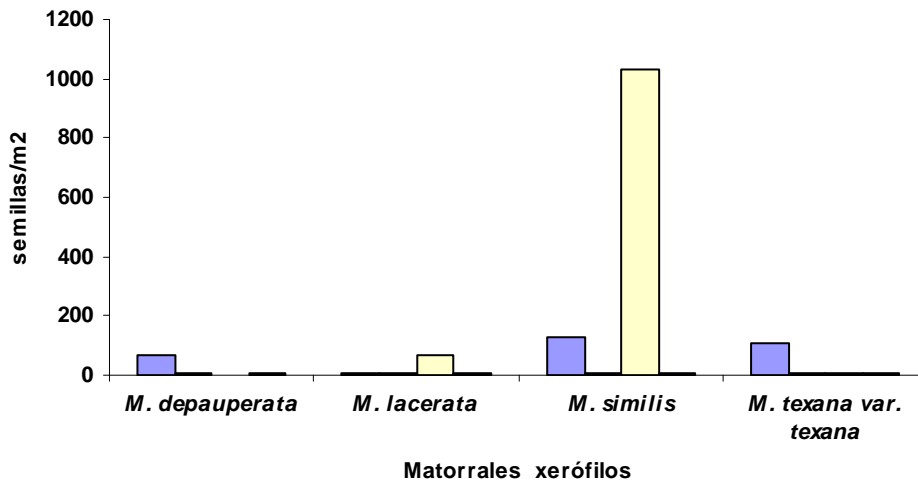


Figura 10.4 Distribución vertical de las reservas de semillas de *Mimosa* en los matorrales xerófilos donde habitan las cuatro estudiadas.

(■ dosel 0-5 cm; ■ dosel 5-10 cm; ■ abierta 0-5 cm; ■ abierta 5-10 cm).

10.3.1.4. Densidad total de semillas para cada uno de los matorrales xerófilos

En el matorral rosetófilo donde crece *Mimosa similis*, se presentó la mayor densidad de semillas en la reserva del suelo; en el matorral crasicaule, donde crece *M. texana* var. *texana*, se presentaron densidades intermedias, y en el matorral crasicaule, donde coexisten *M. depauperata* y *M. lacerata*, se presentó la densidad menor (Fig. 10.5).

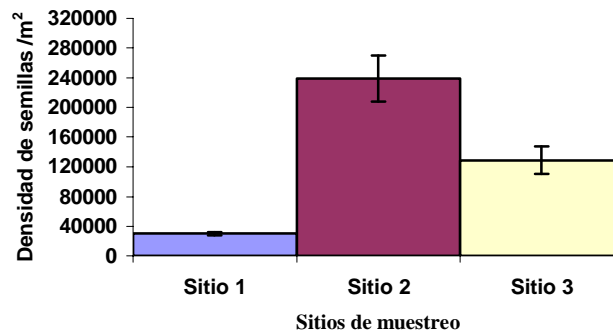


Figura 10.5 Densidad total de semillas por m² de todas las especies registradas en las reservas del suelo de los tres matorrales xerófilos donde crecen las cuatro especies de *Mimosa*.

Por otro lado, la densidad de semillas, de las cuatro especies de *Mimosa*, en las reservas del suelo, demostraron que *M. similis* presentó la mayor densidad de semillas (1,150 semillas/m²); *M. texana* var *texana*, presentó una densidad intermedia (107.91 semillas/m²) y *M. lacerata* y *M. depauperata*, presentaron las densidades menores (66.77 semillas/m²) (Fig. 10.6).

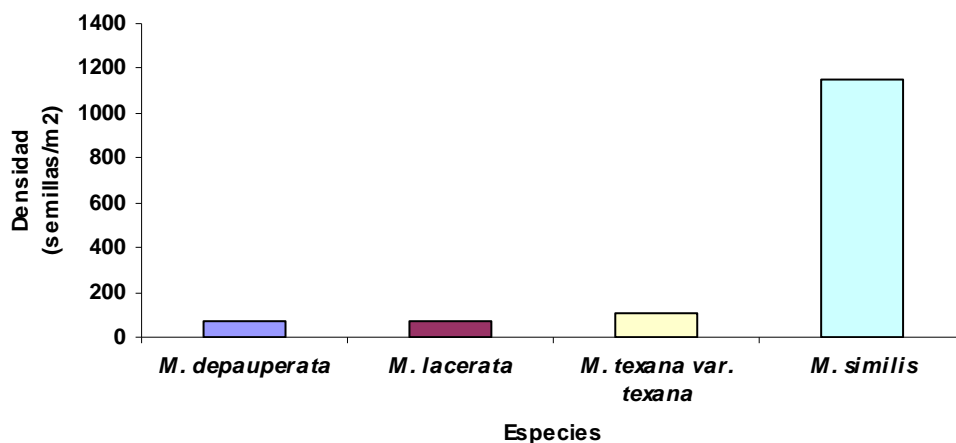


Figura 10.6 Reservorio total de semillas en el suelo, tanto bajo dosel como en áreas interarbustivas de las cuatro especies de *Mimosa*.

10.3.1.5 Índice de semejanza de Sørensen entre las especies de la reservas del suelo y las de la vegetación.

La semejanza entre las especies encontradas en las reservas del suelo y las especies presentes en la vegetación fue baja (< 35%) (Cuadro 10.6).

El matorral rosetófilo, donde habita *M. similis*, fue el que presentó la mayor semejanza entre las especies de la reserva del suelo y la vegetación (34.78%); los otros dos matorrales xerófilos presentaron una semejanza menor al 17 % (Cuadro 10.6).

Cuadro 10.6. Índice de semejanza de Sorënsen entre las especies registradas en las reservas del suelo y las especies presentes en la vegetaci3n de los tres sitios donde habitan las cuatro especies de *Mimosa*.

Sitios de muestreo	Índice de similitud de S3rensen
Matorral crasicaule donde habitan <i>M. depauperata</i> y <i>M. lacerata</i>	16.81
Matorral roset3filo donde habita <i>M. similis</i>	34.78
Matorral crasicaule donde habita <i>M. texana</i> var. <i>texana</i>	15.78

10.4 Discusi3n

Las cuatro especies del g6nero *Mimosa* contribuyen muy poco a la reserva de semillas del suelo en los tres matorrales xer3filos donde crecen. Las semillas de *Mimosa depauperata* solo representaron el 1.5 % del total de especies registradas en la reserva, *M. lacerata* el 0.8 %, *M. similis* 0.73 % y *M. texana* var. *texana* el 0.27 %.

M. depauperata y *M. lacerata* aportaron 66.7 semillas/m² cada una, *M. texana* var. *texana* 107.91 semillas/m² y *M. similis* 1,150 semillas/m². Estos resultados representan densidades de semillas que de acuerdo a Grice (1987), se encuentran dentro de las amplitudes encontradas para *Cassia victoreae* y *Cassia* spp., leguminosas de la zona 3rida del oeste de Australia. Este autor refiere densidades de 50 a 3,900 semillas/m² para *Cassia victoreae* y de 5 a 400 semillas/m² para *Cassia* spp., de las cuales una gran proporci3n son viables (ca. 80 %).

El porcentaje de semillas de las cuatro especies encontradas en la reserva del suelo probablemente fue el resultado, en parte de la fructificaci3n ocurrida durante el a1o de estudio, considerando que los muestreos se realizaron durante el per3odo de fructificaci3n y por otro lado, de fructificaciones de a1os anteriores. Kemp (1989), indica que la din3mica del reservorio de semillas est3 condicionada por las distribuciones locales de las plantas, as3 como por los eventos locales de floraci3n y de fructificaci3n.

De acuerdo a nuestros resultados de longevidad (presentados en el Cuadro 8.3 del Capítulo 8), las semillas de las cuatro especies de *Mimosa* muestran diferencias en su viabilidad, cuando son almacenadas en el suelo durante un año.

Del total de semillas producidas y almacenadas en la reservas, para *Mimosa similis*, solo el 20 % permaneció viable en un año, el 25 % para *M. depauperata*, el 44 % para *M. texana* var. *texana* y el 70 % para *M. lacerata*. Es decir, que cada año, se adicionan estos porcentajes de semillas a las reservas del suelo y son los que permanecen viables durante un año.

De acuerdo a estos resultados, *Mimosa lacerata* es la especie con una mayor potencialidad para regenerarse sexualmente a partir de las semillas almacenadas en la reserva del suelo; sin embargo, las otras especies del género, aunque en una proporción menor, también pueden regenerarse por esta vía, considerando que, para ellas, la producción ocasional de semillas año con año sería necesaria para el establecimiento de una reserva en el suelo.

Auld (1995), consigna resultados semejantes a los obtenidos en este trabajo; menciona la presencia de patrones diferentes en las reservas de semillas de *Acacia oswaldii* y *A. ligulata*; la primera presenta una reserva transitoria o de semillas de vida corta, mientras la segunda presenta una reserva de semillas persistente.

En nuestro estudio, *Mimosa lacerata* presentó semillas con una testa más gruesa que las otras tres especies (Cuadro 8.2, Capítulo 8), además de un porcentaje de depredación de semillas por coleópteros bajo (4.5 %), lo cual favoreció que formara reservas de semillas con una mayor longevidad en el suelo, comparadas con las de las otras tres especies.

El significado de esos dos mecanismos presentados por las cuatro especies de *Mimosa*, implica que en el caso de *Mimosa lacerata*, una proporción relativamente grande de la reserva de semillas (70 %), estaría disponible para germinar después de las lluvias, comparada con las de las otras tres especies.

En *Mimosa similis*, *M. depauperata* y *M. texana* var. *texana*, las bajas producciones de semillas anualmente o la pérdida alta de estas por depredadores podrían resultar en proporciones bajas de incorporación de plántulas después de las lluvias, lo cual implicaría una gran desventaja respecto a *M. lacerata*.

En relación a la distribución general de las semillas en las reservas del suelo de los tres matorrales xerófilos, las cuatro especies de *Mimosa* presentaron un patrón kurtótico, en donde

la mayor cantidad de semillas fueron encontradas en pocas muestras y muy pocas semillas fueron distribuidas en la mayor parte de éstas. Esta heterogeneidad espacial también es mencionada por Kemp (1989) para las reservas de semillas encontradas en el desierto de Sonora. Así mismo Parker *et al.*, (1989), advierten la ocurrencia de patrones similares de abundancia-distribución para comunidades vegetales de otras zonas áridas. De manera particular, la distribución horizontal de las semillas de las cuatro especies presentó un patrón diferente. *Mimosa depauperata*, *M. lacerata* y *M. texana* var. *texana* sólo presentaron semillas bajo su dosel, en cambio, *M. similis* presentó semillas bajo su dosel en las áreas interarbustivas, encontrándose el 56 % bajo dosel.

La tendencia observada en otros estudios, también es en el sentido de un decremento de semillas del dosel hacia las zonas interarbustivas (Quinfeng *et al.*, 1998; Jiménez y Armesto, 1992). Quinfeng *et al.* (1998), menciona que esta tendencia se debe a que las plantas de las zonas muy secas y semisecas son principalmente dispersadas de manera local y las grandes reservas de semillas encontradas bajo los arbustos están asociadas con grandes densidades de plantas anuales. El viento y el agua son los principales agentes dispersores en los desiertos y pueden transportar a las semillas horizontalmente de manera directa (Nelson y Chew, 1977; Reichman, 1984). Nelson y Chew (1977) registraron que la densidad y la diversidad de semillas en la reserva del suelo en el Desierto de Mojave, fue cinco veces más grande bajo dosel que en áreas interarbustivas.

De esta manera, dada la densidad de la vegetación anual y la baja velocidad del viento bajo los arbustos, las semillas son más abundantes bajo los doseles de éstos, con una reducción gradual hacia las áreas periféricas.

El hecho de haber encontrado un mayor número de semillas de *Mimosa lacerata* y *M. depauperata* bajo su dosel, podría ser una función de la forma, el tamaño y el área foliar de sus doseles, los cuales son más densos que los de *M. similis* y de *M. texana* var. *texana*, lo cual, también podría afectar la dispersión de sus semillas y su depredación. *Mimosa similis* y *M. texana* var. *texana* al presentar un dosel menos denso que *M. lacerata* y *M. depauperata* podrían restringir la deposición de las semillas, permitiendo una gran depredación bajo sus doseles, causando finalmente bajas densidades de semillas (Nelson y Chew, 1977; Bower y Brown, 1992; Price y Reichman, 1987).

Por otro lado, Jiménez y Armesto (1992) mencionan que el hecho de encontrar más semillas bajo el dosel de los arbustos, es debido a que estos, sirven de refugio para aves y mamíferos, que diseminan la mayoría de los frutos y que en las áreas abiertas, se encuentran menos semillas debido a que la desecación y el consumo son más intensos. La distribución horizontal de las semillas está determinada principalmente por los agentes dispersores: animales, viento y agua (Chambers *et al.*, 1991).

En relación a la distribución vertical, el número de semillas de *Mimosa* declinó con la profundidad, distribuyéndose principalmente entre 0 y 5 cm; en este intervalo se encontró el 71.89 % de las semillas de *M. texana* var. *texana*, el 72.51 % de *M. similis*, el 66.8 % de *M. lacerata* y el 56.48 % de *M. depauperata*. Este patrón de distribución vertical es mencionado para las semillas de muchas especies de zonas áridas (Quinfeng *et al.*, 1998).

Las semillas en el desierto están distribuidas principalmente cerca de la superficie. De un 80 a un 90 % de las semillas del suelo están por arriba de los 2 cm de profundidad (Childs y Goodall, 1973; Reichman, 1975) y de éstas, la mayoría se almacena en el mantillo o a pocos mm de profundidad (Young y Evans, 1975). Las semillas de muchas anuales no pueden germinar y emerger si se entierran por debajo de 1 cm y las semillas de las arbustivas no pueden emerger si se encuentran por debajo de 4 cm (Williams *et al.*, 1974).

Nuestros resultados mostraron que *Mimosa similis* presentó una de las mayores densidades de semillas de la reserva del suelo, así como también a una profundidad mayor en relación a las otras tres especies; esto podría ser una ventaja para evitar el consumo y la destrucción de las semillas por depredadores, los cuales podrían atacarlas más fácilmente si estas fueran distribuidas en la superficie del suelo. Por otro lado, para determinar el éxito de este enterramiento, es necesario determinar si estas semillas son capaces de germinar y emerger desde estas profundidades del suelo.

Kemp (1989), menciona que después de que las semillas son dispersadas en el suelo, las distribuciones de ellas son afectadas por factores que pueden causar una pérdida de sus reservas, tales como: germinación, granivoría, pérdidas en la profundidad del suelo y senescencia u otras causas de muerte. Los granívoros tienen un impacto significativo en las semillas de las reservas del suelo de los desiertos, donde consumen un 70-95 % de las semillas de algunas especies (Evenari *et al.*, 1982). Estudios de granívoros revelan que las hormigas y

los roedores pueden afectar tanto a las densidades de las semillas de la reserva, (Melhop, 1981) como a las densidades de las plantas (Davidson *et al.*, 1985). Los granívoros también recolectan semillas del suelo afectando su distribución, por cosecha selectiva, las hormigas y los roedores pueden ser la causa más importante de la heterogeneidad espacial local en las reservas de semillas del desierto.

En el caso de las cuatro especies de *Mimosa* estudiadas, los brúquidos juegan un papel importante como depredadores de las semillas desde las etapas iniciales de desarrollo del fruto, por lo que posiblemente sean responsables, en parte, de la dinámica principalmente temporal de las semillas en la reserva del suelo.

Kemp (1989), indica que la dinámica de la reserva de semillas está gobernada por las distribuciones locales de las plantas, así como por los eventos locales de floración y de fructificación.

En general, las cuatro especies de *Mimosa* forman reservas de semillas, aunque éstas son escasas en relación a otras especies. Pons (1991), menciona que algunas especies pueden acumular semillas en el suelo, mientras que otras no. La capacidad para formar una reserva persistente en el suelo depende del número de semillas producidas, y de la forma y tamaño de las mismas, que faciliten su enterramiento y resistencia contra el ataque microbiano, o la evasión a la depredación. El hecho de haber encontrado muy pocas semillas de las cuatro especies en las reservas del suelo de los matorrales xerófilos bajo estudio, es posible que esté relacionado con la producción de semillas, la cual en general, fue escasa durante el período de estudio.

Boyd y Brum (1983), mencionan que las especies arbustivas, a diferencia de las herbáceas anuales, presentan una dependencia mínima de las reservas de semillas para su repoblación y protección contra las condiciones desfavorables. La producción de pocas semillas todos los años y su baja persistencia en la reserva, es probable que se deba a la depredación por roedores (Reichman, 1979; Inouye *et al.*, 1980). Las especies perennes del desierto se protegen contra las condiciones desfavorables del medio, al presentar un ciclo de vida largo, más que por su dependencia de una reserva de semillas (Beatley, 1980).

Por otro lado, el tamaño, la composición y la distribución vertical del banco, son determinados en parte por la longevidad de las semillas. Factores que determinan la longevidad parecen

estar relacionados con la morfología de las semillas, especialmente con el tamaño de la semilla y el grosor de la testa (Allesio *et al.*,1989). Esto no se observó en nuestros resultados, en el caso particular de *M. lacerata*, las semillas presentaron la testa más gruesa, el porcentaje de depredación por brúquidos más bajo, y una mayor longevidad de las semillas de la reserva del suelo. A pesar de la mayor longevidad presentada por las semillas de *M. lacerata*, se encontró en la reserva el número menor de semillas, al igual que en *M. depauperata* comparada con la cantidad de semillas encontrada para las otras especies; esto pudo deberse a que en las comunidades bajo estudio, *M. lacerata* y *M. depauperata* habitan en una pendiente donde el viento y la escorrentía pueden contribuir a la pérdida continua de semillas. Guardia *et al.*, (2000), mencionan que *Pinus sylvestris* y *Lavandula angustifolia* no presentan semillas en el reservorio como consecuencia de la depredación o más probablemente por la remoción de semillas por procesos de arrastre.

La diversidad de semillas encontradas bajo el dosel de las cuatro especies de *Mimosa*, así como en sus áreas interarbustivas, mostraron diferencias significativas. Los índices de diversidad de Shanon-Wiener mostraron una mayor diversidad en los matorrales donde crecen *Mimosa texana* var. *texana* y *M. similis*; en cambio, el matorral donde coexisten *M. depauperata* y *M. lacerata*, fue el menos diverso. Esta diversidad de semillas en las reservas del suelo no presentó relación con la riqueza florística de las comunidades donde habitan las cuatro especies de *Mimosa*, ya que los índices de diversidad de las tres comunidades estudiadas no mostraron diferencias.

La mayor diversidad de semillas en las reservas del suelo de los tres matorrales donde crecen las cuatro especies de *Mimosa*, se presentó bajo el dosel de los individuos de *Mimosa* y a una profundidad somera (0-5 cm), excepto para *M. depauperata* donde la mayor diversidad se presentó en la zona abierta también entre 0-5 cm de profundidad.

Jiménez y Armesto (1992) mencionan, que la vegetación sujeta a perturbaciones intensas, presenta reservas de semillas pobres en diversidad, y que la repoblación de las especies presentes deriva más bien de otras fuentes (brotes y semillas recién dispersadas y germinadas). En nuestros resultados, el matorral donde crecen *M. depauperata* y *M. lacerata* presentó una reserva de semillas con menores densidades y diversidades, lo cual podría ser un indicador del sitio con mayor perturbación.

Es importante mencionar que en las cuatro reservas de semillas estudiadas, las especies dominantes de acuerdo al número de semillas/m² fueron diferentes, resaltando principalmente las herbáceas. En la reserva de semillas del matorral donde crece *Mimosa texana* var. *texana*, la especie más abundante fue *Portulaca oleraceae*, en la de *M. similis* las especies más abundantes fueron *Enneapogon desvauxii* y *Dasyochloa pulchella*, y en el de *M. lacerata* y *M. depauperata* las especies más abundantes fueron: *Setaria grisebachii* y *Sida abutilifolia*. Por otra parte, las especies arbustivas también estuvieron representadas en la reserva del suelo; es importante resaltar que sólo las semillas de una arbustiva, *Turnera difusa*, estuvieron presentes en las reservas del suelo de los tres matorrales bajo estudio. Estos resultados coinciden con lo propuesto por Beatley (1980), en relación a que las especies arbustivas no dependen directamente de una reserva de semillas en el suelo para su inmediata repoblación, sino más bien de las semillas que puedan germinar inmediatamente después de la dispersión

Al comparar las especies encontradas en las reservas del suelo, y las especies registradas en la vegetación, se encontró una relación baja (<35 %). Azis y Khan (1996), reportaron una relación también estrecha entre las especies de la vegetación y las de la reserva de semillas en comunidades desérticas salinas de una región semiárida de Pakistán.

La poca relación entre las especies de la vegetación y las de la reserva de semillas en el suelo puede reflejar diferencias en la producción, latencia y sobrevivencia de las semillas de las especies de las comunidades (Kinukan y Smeins, 1992). En nuestras comunidades de estudio posiblemente esté sucediendo algo similar, para especies como *Amaranthus confertum*, *Calliandra eriophylla*, *Zaluzania augusta*, *Zinnia peruviana*, *Loeselia glandulosa*, *Ruellia lactea* y *Lantana camara*, cuyas semillas no se encontraron en las reservas del suelo, sin embargo son especies dominantes y codominantes de la vegetación.

Por otro lado, cuando las especies abundan en la reserva y no en la vegetación puede ser que éstas hayan sido dispersadas de comunidades aledañas, debido al tamaño pequeño de sus semillas. En este estudio, algunas de ellas podrían ser: *Chloris virgata*, *Kallstroemia parviflora*, *Setaria grisebachii*, *Verbesina virgata* y *Tetramerium nervosum*, las cuales no estuvieron representadas en la vegetación.

10.5 Conclusiones

Las cuatro especies del género *Mimosa* forman reservas de semillas en el suelo, en los tres matorrales xerófilos donde habitan.

Las semillas de *Mimosa lacerata* en las reservas del suelo presentan una viabilidad mayor a las de las otras especies, lo cual está relacionado con el grosor de sus cubiertas y con el bajo índice de depredación por coleópteros.

La alta viabilidad (> 70 %) de las semillas de *M. lacerata* en las reservas del suelo, indica una gran potencialidad de regeneración sexual, sin la dependencia de grandes producciones de semillas año con año; en cambio la baja viabilidad (< 50 %) de las semillas de *M. similis*, *M. depauperata* y *M. texana* var. *texana* indican una potencialidad baja de regeneración sexual, con la dependencia estricta de producciones de semillas significativas cada año.

Las reservas de semillas de *Mimosa lacerata*, *M. depauperata* y *M. texana* var. *texana* se localizaron únicamente bajo su dosel, mientras que las de *M. similis* también se localizaron en las zonas interarbustivas. Este patrón de distribución horizontal de las semillas de la reserva podría asegurar la germinación de plántulas bajo el dosel, con mayor probabilidad de éxito en su establecimiento dadas las condiciones más favorables de temperatura y humedad en relación a las zonas interarbustivas, expuestas a altas tasas de desecación.

Así mismo, tanto bajo el dosel como en las áreas interarbustivas de las especies de *Mimosa* se establecen reservas de semillas con una gran diversidad de especies; sin embargo, una gran parte de ellas no está presente en la vegetación, lo cual indica la migración de especies desde otros lugares haciendo de estos matorrales, ecosistemas muy dinámicos.

La viabilidad de las semillas en las reservas del suelo reflejan el predominio ecológico de *Mimosa lacerata*, *M. similis* y *M. texana* var. *texana*, pero no así para *M. depauperata*. *Mimosa lacerata* es una especie dominante probablemente como resultado de la alta viabilidad de sus semillas en la reserva; en cambio, *M. similis* y *M. texana* var. *texana*, son codominantes como una función de la viabilidad menor de sus semillas.

11. INFLUENCIA DE LAS CUATRO ESPECIES DE MIMOSA EN LAS CARACTERÍSTICAS DEL SUELO Y LA VEGETACIÓN ASOCIADA

11.1 Introducción

La facilitación del establecimiento de ciertas especies vegetales por las plantas nodrizas es un fenómeno común en los ecosistemas áridos y semiáridos de todo el mundo (Yeaton y Manzanares, 1986; Smith y Goodman, 1987; Fowler, 1988; McAuliffe, 1988; Franco y Nobel, 1989; West, 1990; Callaway y D' Antonio, 1991; Valiente-Banuet y Ezcurra, 1991; Arriaga *et al.*, 1993).

Una planta nodriza es aquella que facilita el establecimiento de otra (Franco-Pizaña *et al.*, 1996). En la mayoría de las ocasiones la respuesta de facilitación ha sido atribuida a la modificación del microclima y al incremento en la fertilidad del suelo (Cruz-Rodríguez *et al.*, 1997). En muchas regiones áridas y semiáridas, la incorporación de diversas especies ocurre bajo el dosel de especies arbustivas (Turner *et al.*, 1966; McAuliffe, 1988). Muchas explicaciones se le han dado a este fenómeno. Por un lado, la acumulación de semillas puede ser más alta bajo el dosel de las plantas perennes, que en las áreas abiertas, lo que propicia un mayor número de plántulas; por otro lado, la planta nodriza reduce la depredación de las plantas nodrizadas, facilita el establecimiento de plántulas por la reducción de la radiación solar directa y temperatura del suelo; protege a las plántulas durante los períodos de heladas y, los altos niveles de nitrógeno que se acumulan bajo el dosel pueden incrementar la sobrevivencia de plántulas de arbustos perennes. La germinación de semillas también puede incrementarse por la acumulación de material fino arrastrado por el viento, que modifica la estructura del suelo debajo de las plantas perennes (Wallace y Romney, 1980; Franco y Nobel, 1989).

Las asociaciones más comunes en el nodrizaje, involucran con frecuencia una leguminosa leñosa como facilitadora. Por ejemplo, *Euclea divinorum* crece debajo del dosel de *Acacia nilotica* en el sur de África (Smith y Goodman, 1987) y *Acacia shaffneri* facilita el establecimiento de *Opuntia streptacantha* en el sureste del Desierto de Chihuahua (Yeaton y Manzanares, 1986). Las plántulas de *Carnegiea gigantea*, en el Desierto de Sonora, dependen

de la nodriza *Cercidium microphyllum* para su sobrevivencia (Turner *et al.*, 1966; Franco y Nobel, 1989).

Las condiciones que prevalecen bajo el dosel de las leñosas, difieren de las condiciones de las áreas abiertas (West, 1990). Valiente-Banuet y Ezcurra (1991), encontraron que las bajas temperaturas y la baja demanda evaporativa debajo del dosel de *Mimosa luisana*, resulta en una alta germinación y sobrevivencia del cactus *Neobuxbaumia tetetzo*. Por otro lado, también se ha mencionado que bajo el dosel de muchas arbustivas, se abate la densidad del flujo fotónico fotosintético y las temperaturas.

El nodrizaje vegetal puede ser de varios tipos: a) hídrico (Gioda *et al.*, 1994); b) hidráulico (Richards y Caldwell, 1987; Caldwell y Richards, 1989; Caldwell *et al.*, 1998; Reyes-Olivas *et al.*, 2002; Camargo-Ricalde *et al.*, 2002); edáfico (Barth y Klemmedson, 1982; García-Espino *et al.*, 1989; Garner y Steinberger, 1989; Wezel *et al.*, 2000); d) lumínico (Valiente-Banuet *et al.*, 1991; Franco-Pizaña *et al.*, 1995; Cruz-Rodríguez *et al.*, 1997; Nolasco *et al.*, 1997; Vilela y Ravetta, 2000) y físico (Nobel, 1989) (Cuadro 11.1).

Cuadro 11.1 Tipos de nodrizaje

Tipo	Características
Vegetal	Una planta, normalmente leñosa, genera un microclima bajo su cobertura el cual es favorable al establecimiento y desarrollo de otras especies vegetales.
Hídrico	Son plantas, normalmente espinosas pero también crasas, que condensan la neblina nocturna y aportan humedad al suelo. La superficie de los tejidos vegetales tiene una capa hidrófoba que facilita la condensación en forma de pequeñas gotas (mínima superficie de contacto).
Hidráulico	Plantas leñosas, normalmente freatofitas, que extraen agua de capas profundas del suelo (más de 20 m). La presión hidráulica de la red hídrica radical favorece la liberación de humedad cerca de la superficie del suelo, lo que favorece a plantas asociadas a la nodriza.
Físico	Heterogeneidad microtopográfica, que genera una acumulación de humedad cerca de la superficie del suelo, la cual es aprovechada por una planta, casi siempre oportunista. Una roca, grava, una hoquedad y una microcuenca acumulan el agua de lluvia y presentan barreras a la evapotranspiración del agua del suelo.
Térmico	Plantas que generan una sombra bajo su cobertura lo cual abate la radiación solar incidente y por lo tanto la temperatura generando mejores condiciones hídricas para el establecimiento y desarrollo de otras plantas.
Edáfico	Plantas leñosas caducifolias que periódicamente aportan materia orgánica al suelo, generando las llamadas “islas de fertilidad”. Este aporte de materia orgánica también favorece la retención de humedad en el suelo.
Meteorológico	Plantas leñosas arbustivas o arbóreas, con amplia cobertura (mayor a 4 metros de diámetro) que protegen a la comunidad vegetal, que crece bajo su dosel, de precipitaciones pluviales y de heladas.

La literatura considera, que bajo el dosel de ciertas plantas arbustivas de los desiertos de Norteamérica, el suelo se va modificando gradualmente, dando origen a lo que se ha denominado isla de fertilidad, donde el contenido de nitrógeno, fósforo y potasio es mayor que en las áreas periféricas o interarbustivas, dominadas por vegetación herbácea (García-Moya y McKell, 1970; Wallace y Romney, 1980; Johnson y Mayaux, 1990).

Algunas de las especies conocidas que forman islas de fertilidad son: *Acacia greggii* Gray, *Cassia armata* Wats., *Larrea divaricata* Cav. (García-Moya y McKell, 1970), *Prosopis juliflora* (Swartz) DC. (Tiedeman y Klemmedson, 1973), *Acamptopappus shockley* Gray, *Lepidium fremontii* Wats., *Sphaeralcea ambigua* Gray y *Atriplex confertifolia* (Torr. y Frem) Wats. Los suelos de dichas islas son más fértiles y se comparan con suelos agrícolas, de zacatonales o de ecosistemas forestales.

Los estudios de las propiedades físicas y químicas del suelo bajo el dosel del mezquite, en comparación con suelos adyacentes, indican que las condiciones edáficas y la redistribución de nutrimentos, son mejores dentro de la cobertura aérea del árbol que en la periferia y áreas adyacentes (Tiedemann y Klemmedson, 1973). El nodrizaje vegetal es un proceso que ha sido muy estudiado en diversas arbustivas de las zonas secas del mundo (Valiente-Banuet y Ezcurra, 1991; Arriaga *et al.*, 1993; Flores-Martínez *et al.*, 1994; Suzán *et al.*, 1996; Nolasco *et al.*, 1997; Estela y Thomas, 1998), sin embargo, para las leguminosas, los principales estudios se refieren al género *Prosopis* (Tiedeman y Klemmedson, 1977; Hanson, 1982; Carlson *et al.*, 1990; Franco-Pizaña *et al.*, 1996; Cruz-Rodríguez *et al.*, 1997).

En México, existen pocos trabajos relacionados con la identificación de especies arbustivas formadoras de islas de fertilidad; sin embargo, se cuenta con grandes extensiones de zonas muy secas y secas, donde predominan las arbustivas, que pueden ser una alternativa para el mejoramiento del suelo y la recuperación de la vegetación. Los trabajos que destacan han sido principalmente en el género *Prosopis* (Barth y Klemmedson, 1978; García-Espino *et al.*, 1989; Garner y Steinberger, 1989; Jaiyeoba, 1996; Wezel *et al.*, 2000). Para el género *Mimosa*, hay pocos trabajos sobre nodrizaje, Valiente-Banuet y Ezcurra, (1991); Valiente-Banuet *et al.* (1991); Flores-Martínez *et al.* (1994), reportan el nodrizaje entre *Mimosa luisana* y *Neobuxbaunia tetetzo* en el Valle de Tehuacán. En relación a la influencia de las especies de

Mimosa en las condiciones edáficas, los estudios también son escasos, Barajas y Dendooven (2001) reportan que bajo el dosel de *M. biuncifera*, localizada en la zona seca de Guanajuato, el carbón orgánico, el nitrógeno y el fósforo se incrementaron de 1 a 2 veces en relación a las áreas interarbustivas.

En el caso de *Mimosa depauperata*, *M. lacerata*, *M. similis* y *M. texana* var. *texana*, se ha observado que bajo su dosel se establece una gran variedad vegetal; sin embargo, no hay estudios en relación a su papel como nodrizas, ni a su capacidad para formar islas de fertilidad.

Por lo anterior, en este estudio se plantearon las siguientes preguntas:

¿Bajo el dosel de las cuatro especies de *Mimosa* se abaten algunas variables microclimáticas?

¿Bajo el dosel se favorece la densidad y la diversidad de la vegetación asociada? ¿Bajo el dosel se modifican las condiciones edáficas?

11.2 Materiales y Métodos

11.2.1 Localización geográfica

Este trabajo se realizó en los meses de febrero-julio de 1999, en los tres sitios de estudio establecidos en el campo (Fig. 4.1).

11.2.2 Influencia de las cuatro especies de *Mimosa* en la vegetación asociada

Se evaluó en función de tres aspectos bajo el dosel de las especies de *Mimosa*: 1) condiciones microclimáticas, 2) diversidad y valor de importancia de la vegetación asociada y 3) condiciones edáficas.

11.2.2.1 Condiciones microclimáticas

Se eligieron cuatro individuos maduros de cada especie, con características morfológicas semejantes en altura, cobertura y número de ramas basales. Posteriormente bajo el dosel de cada individuo, se marcaron los cuatro puntos cardinales: noreste, sureste, noroeste y suroeste. En cada punto cardinal se midieron, cada mes las variables microclimáticas siguientes: Radiación Fotosintéticamente Activa (PAR), con un ceptómetro Delta T Devices de 40 cm de longitud y la temperatura ambiental y humedad relativa con un termohigrómetro digital Jenway

marca ELE. Las mediciones se realizaron cerca del tronco, en la parte media y en el borde del dosel. Estas variables se registraron entre 12:00 y 15:00 horas, durante los meses de febrero a julio. Para cada una de las variables microclimáticas y en cada muestreo, se tomaron diez lecturas. Del mismo modo, se evaluaron estas variables microclimáticas en diez zonas interarbusivas, para lo cual también se consideraron, cuatro repeticiones.

Los resultados de PAR y temperatura se analizaron por un ANOVA completamente al azar, con cuatro repeticiones y un testigo. Se aplicó una prueba de Tukey para determinar la diferencia entre medias (Infante y Zárate de Lara, 1990).

11.2.2.2 Análisis de la vegetación asociada

Bajo el dosel de los cuatro individuos seleccionados de cada especie, se evaluó la vegetación que crece asociada al dosel de las cuatro especies de *Mimosa*. Para esto, se establecieron transectos en dirección de los cuatro puntos cardinales (NE, SE, NO y SO), bajo los doseles de los individuos de las cuatro especies.

En cada orientación se trazó una línea de Canfield cuya longitud dependió del radio del dosel. A lo largo de toda la línea se registró la longitud de la intersección de cada una de las especies presentes (herbáceas, leñosas y/o suculentas) y la anchura máxima de cada individuo interceptado (Cruz-Rodríguez *et al.*, 1997). Con la suma de los valores de intersección por individuo en toda la línea se determinó la cobertura, frecuencia y densidad relativas, y se calculó el valor de importancia (Brower y Zar, 1980) de las especies registradas bajo el dosel y en áreas interarbusivas de las cuatro especies de *Mimosa*.

Para determinar la vegetación de las zonas interarbusivas, en cada uno de los sitios de muestreo, se trazó una línea de Canfield de 20 metros, al azar entre arbustos de *Mimosa* y orientada en el sentido de la pendiente y en cada metro se registraron la anchura y longitud de intersección máxima de cada uno de los individuos interceptados. También se determinó cobertura, frecuencia y densidad relativas y con la suma de éstas se calculó el valor de importancia (Cox, 1980).

Se calculó el índice de semejanza de Sørensen entre las especies presentes bajo el dosel de las especies de *Mimosa* y en las áreas interarbusivas (Franco, *et al.*, 1989):

$$Cs = \frac{2c}{a + b} \times 100$$

Donde a = número de especies bajo dosel

b = número de especies en áreas interarbusivas

c = número de especies que se presentan en ambas muestras.

11.2.2.3 Influencia de las especies de *Mimosa* en las características del suelo

Bajo el dosel de cuatro individuos de cada especie de *Mimosa*, así como en cuatro de sus áreas interarbusivas, se tomaron cuatro muestras de suelo de 1 kg a una profundidad de 10 cm.

En el laboratorio se obtuvo una mezcla compuesta de cada una de las muestras de suelo correspondientes a cada individuo de cada especie. Se analizaron los siguientes parámetros edáficos: pH (método del potenciómetro relación suelo-agua 1:2); materia orgánica, (método de Walkley y Black); capacidad de intercambio catiónico total (CICT) (método de acetato de sodio 1.0 N); nitrógeno inorgánico total (método extracción con cloruro de potasio 2.0 N y determinado por arrastre de vapor); fósforo total (método 21 Bray P-1, 16-43, Olsen); potasio (extraído en acetato de amonio 1.0N, pH 7.0; relación 1:20 y determinado por espectrofotometría de emisión de flama) y, amonio (método de extracción con cloruro de potasio 2.0 N y determinado por arrastre de vapor) (Jackson, 1964; Chapman, 1979; Grove *et al.*, 1982).

Para cada variable edáfica, se consideraron cuatro repeticiones (equivalentes a los cuatro individuos muestreados de cada especie) y un testigo representado por las áreas interarbusivas. Los datos obtenidos se analizaron de acuerdo a un diseño experimental completamente aleatorio con cuatro 4 repeticiones y un testigo. Se aplicó una prueba de Tukey para determinar la diferencia entre medias (Infante y Zárate de Lara, 1990).

11.3 Resultados

11.3.1 Variables microclimáticas

11.3.1.1 Radiación Fotosintéticamente Activa (PAR)

La PAR fluctuó entre 670 y 950 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ por debajo del dosel de las cuatro especies de *Mimosa*. Para las áreas interarbustivas, la radiación media fue de 1,120 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. A la sombra de *M. lacerata*, la PAR fue significativamente menor que la de las otras tres especies, bajo las cuales no se presentaron diferencias entre sí. En las áreas interarbustivas de las cuatro especies de *Mimosa* la PAR fue de un 18 a un 41 % más alta que bajo su dosel (Fig. 11.1).

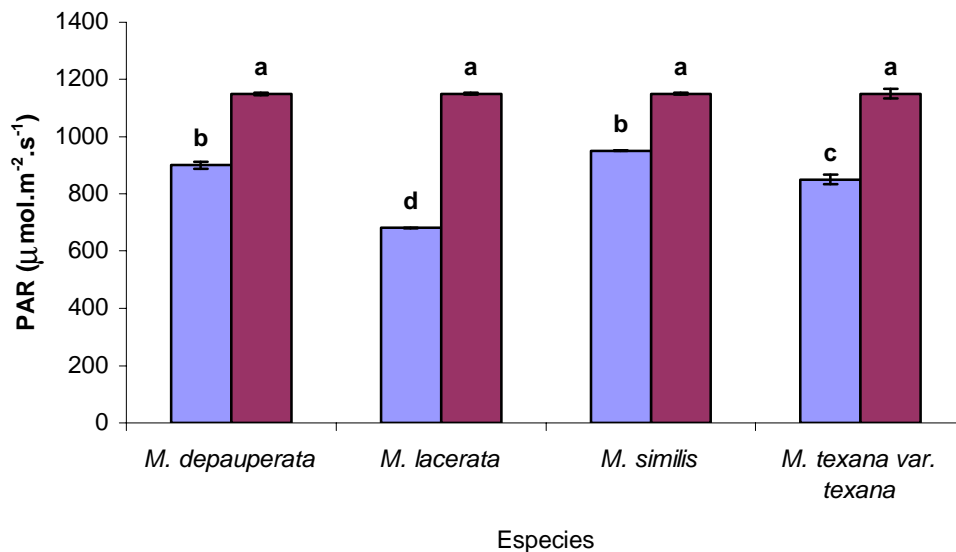


Fig. 11.1. Radiación Fotosintéticamente Activa (PAR) registrada bajo del dosel ■ y en las áreas interarbustivas ■ de las cuatro especies de *Mimosa*. Literales minúsculas distintas representan diferencias $p \leq 0.05$ entre tratamientos y especies.

Al comparar la PAR registrada en diferentes orientaciones (NE, SE, NO, SO) bajo el dosel de cada una de las especies de *Mimosa*, se observaron diferencias significativas sólo para *M. texana var. texana*; en donde las orientaciones NO y SO presentaron una PAR mayor que la de las orientaciones NE y SE (Cuadro 11.2).

Cuadro 11.2. Radiación Fotosintéticamente Activa (PAR) registrada en cuatro orientaciones bajo el dosel de las especies de *Mimosa*. Literales minúsculas diferentes representan diferencias $p \leq 0.05$ entre columnas.

Especie	Radiación fotosintéticamente activa ($\mu\text{mol.m}^{-2}\text{s}^{-1}$)			
	NO	SO	NE	SE
<i>M. texana</i> var. <i>texana</i>	926 \pm 0.81 a	1000.5 \pm 8.20 a	780 \pm 1.82 b	767 \pm 4.03 b
<i>M. lacerata</i>	707 \pm 2.94 a	758 \pm 4.16 a	596 \pm 1.82 a	683 \pm 1.63 a
<i>M. depauperata</i>	926 \pm 1.82 a	955 \pm 1.82 a	874 \pm 1.82 a	865 \pm 1.82 a
<i>M. similis</i>	911 \pm 1.82 a	983 \pm 2.30 a	928 \pm 1.82 a	845 \pm 1.82 a

11.3.1.2 Temperatura

La temperatura registrada entre las 12:00 y 15:00 horas bajo el dosel de las cuatro especies de *Mimosa* fluctuó entre 30.5 y 34 °C, en tanto que en las zonas abiertas fue de 42 a 44 °C.

No se encontró diferencia significativa ($p \geq 0.05$) entre las temperaturas registradas bajo el dosel de las cuatro especies de *Mimosa*; de igual manera las diferencias no fueron significativas en las áreas interarbustivas, sin embargo al comparar la temperatura con las de las áreas bajo el dosel, se observó una temperatura significativamente menor (Fig. 11.2).

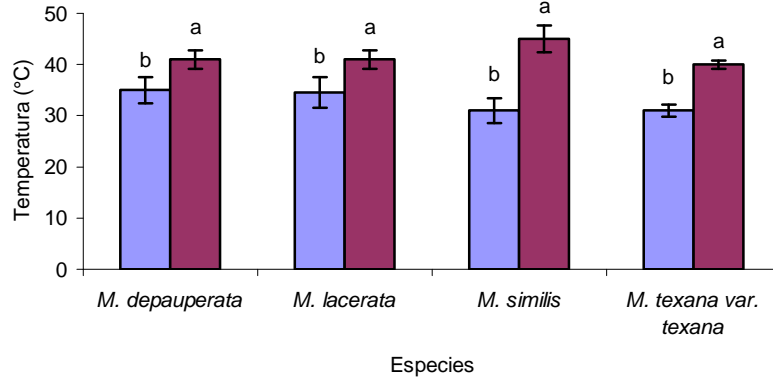


Fig. 11.2. Temperatura media registrada bajo el dosel ■ y en áreas interarbustivas ■ de las cuatro especies de *Mimosa* durante el período de estudio. Literales minúsculas diferentes representan diferencias significativas $p \leq 0.05$ entre especies.

11.3.1.3 Humedad relativa

La humedad relativa media registrada bajo el dosel de las especies de *Mimosa* durante el período de estudio fluctuó entre 22 y 25 %, sin presentarse diferencias significativas ($p \leq 0.05$); en las áreas interarbustivas la humedad relativa fluctuó entre 9 y 10 %, sin mostrar diferencias significativas entre especies. Al comparar la humedad relativa de las áreas interarbustivas y bajo dosel, se observó que para las cuatro especies las diferencias fueron significativas (Fig. 11.3)

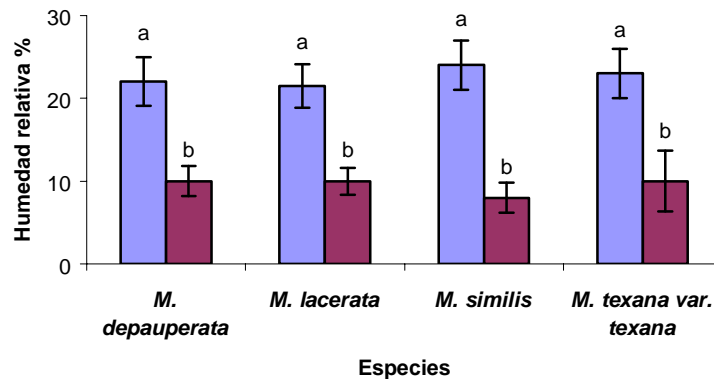


Fig. 11.3. Humedad relativa media, registrada bajo el dosel ■ y en áreas interarbustivas ■ de las cuatro especies de *Mimosa* durante el período de estudio. Literales minúsculas diferentes representan diferencias significativas $p \leq 0.05$ entre dosel y áreas interarbustivas.

11.3.1.4 Especies asociadas al dosel y a las áreas interarbustivas

a) Especies presentes bajo el dosel de *M. lacerata*

Bajo el dosel de *M. lacerata*, se registraron 10 especies, de las cuales *Turnera diffusa*, *Milla biflora*, *Mimosa depauperata* y *Salvia reflexa* fueron las que presentaron los mayores valores de importancia (Cuadro 11.3).

Cuadro 11.3. Especies presentes bajo el dosel de *Mimosa lacerata*, en el mes de junio (110 mm de precipitación).

Especie	Frecuencia relativa	Densidad Relativa	Dominancia relativa	Valor de Importancia
<i>Loeselia glandulosa</i>	12.50	0.35	2.0	14.85
<i>Turnera diffusa</i>	12.50	52.63	28.75	93.88
<i>Opuntia imbricata</i>	9.37	0.52	4.0	13.89
<i>Euphorbia serpyllifolia</i>	12.50	0.40	2.22	15.12
<i>Salvia reflexa</i>	9.37	7.77	12.36	29.50
<i>Milla biflora</i>	12.50	16.90	12.22	41.62
<i>Mentzelia hispida</i>	12.50	5.23	11.66	29.39
<i>Echinocactus spp.</i>	3.12	0.46	2.0	5.58
<i>Opuntia spp.</i>	12.50	0.23	8.19	20.92
<i>Mimosa depauperata</i>	3.12	15.58	16.66	35.36

b) Especies presentes bajo el dosel de *M. depauperata*

Bajo el dosel de *Mimosa depauperata* se encontraron nueve especies, de las cuales *Turnera diffusa*, *Opuntia imbricata*, *Metzelia hispida* y *Loeselia glandulosa* presentaron los mayores valores de importancia (Cuadro 11.4).

Cuadro 11.4 Especies presentes bajo el dosel de *M. depauperata*

Especie	Frecuencia Relativa	Densidad relativa	Cobertura relativa	Valor de importancia
<i>Jatropha dioica</i>	5	1.81	6.27	13.08
<i>Loeselia glandulosa</i>	20	0.81	6.72	27.53
<i>Turnera diffusa</i>	15	9.18	48.60	72.78
<i>Opuntia imbricata</i>	15	2.80	14.79	32.59
<i>Euphorbia serpyllifolia</i>	15	0.11	4	19.11
<i>Milla biflora</i>	5	0.058	1.79	6.84
<i>Metzelia hispida</i>	15	2.22	12.10	29.32
<i>Opuntia spp.</i>	5	0.17	3.13	8.3
<i>Echinocactus spp.</i>	5	0.11	2.24	7.35

c) Especies presentes en las zonas interarbustivas de *M. depauperata* y *M. lacerata*

Se registraron 17 especies, de las cuales, *Turnera diffusa*, *M. depauperata* y *M. lacerata* fueron las que presentaron los mayores valores de importancia (Cuadro 11.5).

Dyschoriste decumbens, *Acacia farnesiana*, *M. depauperata*, *M. lacerata*, *Fouquieria splendens*, *Zaluzania augusta*, *Coryphanta clava*, *Echinocactus* spp. y *Tragus berteronianus* fueron las especies que no se presentaron bajo el dosel (Cuadro 11.3, 11.4 y 11.5).

Cuadro 11.5. Especies presentes en las zonas interarbustivas de *M. depauperata* y *M. lacerata*.

Especie	Frecuencia Relativa	Densidad Relativa	Cobertura relativa	Valor de Importancia
<i>Tragus berteronianus</i>	4.83	1.55	2.02	8.4
<i>Jatropha dioica</i>	1.61	0.37	0.77	2.75
<i>Loeselia glandulosa</i>	11.29	0.49	0.74	12.52
<i>Turnera diffusa</i>	16.12	17.0	15.25	48.37
<i>Opuntia imbricata</i>	1.61	2.42	2.-46	6.49
<i>Euphorbia serpyllifolia</i>	3.22	0.12	0.28	3.62
<i>Salvia reflexa</i>	6.45	2.60	2.65	11.70
<i>Milla biflora</i>	3.22	0.93	0.93	5.08
<i>Mentzelia hispida</i>	11.29	4.03	4.05	19.37
<i>Echinocactus</i> spp.	1.61	3.10	0.31	5.02
<i>Coryphanta clava</i>	3.22	0.43	0.43	4.08
<i>Zaluzania augusta</i>	6.45	11.18	11.32	28.95
<i>Fouquieria splendens</i>	3.22	9.93	10.23.	23.38
<i>Mimosa lacerata</i>	6.45	13.66	13.97	34.08
<i>Mimosa depauperata</i>	14.51	22.98	24.82	62.31
<i>Acacia farnesiana</i>	3.22	9.31	9.04	21.57
<i>Dyschoriste decumbens</i>	1.61	0.43	0.46	2.5

d) Especies presentes bajo el dosel de *M. similis*

El dosel de *M. similis* presentó 10 especies, de las cuales *Jatropha dioica*, *Turnera diffusa* y *Dasyochloa pulchella* fueron las de mayor valor de importancia (Cuadro 11.6).

Cuadro 11.6. Especies presentes bajo el dosel de *M. similis*

Especie	Frecuencia relativa	Densidad relativa	Cobertura relativa	Valor de importancia
<i>Aristida adscencionis</i>	12.5	3.97	3.14	19.61
<i>Cacto 1</i>	9.37	0.29	1.96	11.62
<i>Euphorbia serpyllifolia</i>	12.5	1.25	3.33	17.08
<i>Dasyochloa pulchella</i>	12.5	24.68	10.21	47.39
<i>Opuntia imbricata</i>	12.5	0.25	2.75	15.50
<i>Cacto 2</i>	3.12	0.41	2.55	6.08
<i>Loeselia glandulosa</i>	9.37	2.84	11.59	23.8
<i>Turnera difusa</i>	9.37	33.05	22.0	64.42
<i>Jatropha dioica</i>	12.5	33.05	38.50	84.05
<i>Salvia reflexa</i>	6.25	0.29	0.78	7.32

e) Especies presentes en las zonas interarbustivas de *M. similis*

Se registraron 13 especies, de las cuales las de mayor índice de importancia fueron: *Fouquieria splendens*, *Turnera diffusa*, *Mimosa similis* y *Dasyochloa pulchella* (Cuadro 11.7). *Mimosa similis*, *Myrtillocactus geometrizans*, *Karwinkia humboltiana*, *Zaluzania augusta*, *Mentzelia hispida*, *Agave lechuguilla*, *Fouquieria splendens* y *Salvia reflexa* no se encontraron bajo el dosel de *M. similis* (Cuadro 11.7).

Cuadro 11.7. Especies presentes en las zonas interarbustivas de *M. similis*.

Especie	Frecuencia relativa	Densidad relativa	Cobertura relativa	Valor de importancia
<i>Aristida adscencionis</i>	18.51	0.2	0.73	19.44
<i>Euphorbia serpyllifolia</i>	11.11	0.8	1.28	13.19
<i>Dasyochloa pulchella</i>	24.00	1.0	4.32	29.32
<i>Opuntia imbricata</i>	1.85	2.4	2.20	6.45
<i>Turnera diffusa</i>	11.11	23.0	21.70	55.81
<i>Salvia reflexa</i>	7.40	0.2	0.36	7.96
<i>Fouquieria splendens</i>	3.70	36.0	33.37	73.07
<i>Agave lechuguilla</i>	9.25	0.4	6.94	16.59
<i>Metzelia hispida</i>	1.85	0.07	0.13	2.05
<i>Zaluzania augusta</i>	7.40	7.7	7.08	22.18
<i>Karwinskia humboltiana</i>	1.85	7.6	6.98	16.43
<i>Myrtillocactus geometrizans</i>	1.85	2.0	0.18	4.03
<i>Mimosa similis</i>	1.85	15.9	14.66	32.41

f) Especies presentes bajo el dosel de *Mimosa texana* var. *texana*

Se registraron ocho especies, resultando dominantes *Zaluzania augusta*, *Jatropha dioica*, *Opuntia imbricata* y *Bouteloua curtipendula* (Cuadro 11.8).

Cuadro 11.8. Especies presentes bajo el dosel de *M. texana* var. *texana*.

Especie	Frecuencia relativa	Densidad relativa	Cobertura relativa	Valor de importancia
<i>Zaluzania augusta</i>	16.66	50.54	32.26	99.46
<i>Bouteloua curtipendula</i>	22.22	10.48	8.0	40.70
<i>Jatropha dioica</i>	22.22	21.76	28.37	72.35
<i>Loeselia glandulosa</i>	11.11	0.037	0.91	12.05
<i>Opuntia imbricata</i>	11.11	11.055	15.33	48.55
<i>Turnera diffusa</i>	5.5	0.24	2.28	8.02
<i>Stipa mucronata</i>	5.5	5.42	7.55	18.47
<i>Prosopis laevigata</i>	5.5	2.62	7.09	15.21

g) Especies presentes en las zonas interarbustivas de *M. texana* var. *texana*

El dosel de *M. texana* var. *texana* favoreció a 13 especies, de las cuales *Zaluzania augusta*, *Loeselia glandulosa*, *Prosopis laevigata* y *Karwinskia humboltiana* presentaron los mayores índices de importancia (Cuadro 11.9). *Stipa mucronata*, *Prosopis laevigata*, *Salvia reflexa*, *Karwinskia humboltiana*, *Lens culinaris*, *Zinnia peruviana* y *M. texana* var. *texana* no se registraron bajo el dosel de esta última especie (cuadro 11.9).

Cuadro 11.9. Especies presentes en la zona interarbustiva de *M. texana* var. *texana*.

Especie	Frecuencia relativa	Densidad relativa	Cobertura relativa	Valor de importancia
<i>Zaluzania augusta</i>	34.00	30.81	45.51	110.32
<i>Jatropha dioica</i>	2.12	0.11	0.22	2.45
<i>Loeselia glandulosa</i>	12.76	33.72	6.89	53.37
<i>Turnera diffusa</i>	2.12	0.63	1.00	3.76
<i>Stipa mucronata</i>	4.25	0.69	1.0	5.94
<i>Prosopis laevigata</i>	4.25	13.37	20.37	37.99
<i>Opuntia imbricata</i>	2.12	0.11	0.22	2.45
<i>Opuntia spp.</i>	6.38	16.86	2.56	25.8
<i>Salvia reflexa</i>	10.63	1.80	2.43	14.86
<i>Karwinskia humboltiana</i>	6.38	5.69	10.47	22.54
<i>Lens culinaris</i>	6.38	6.39	1.10	13.87
<i>Zinnia peruviana</i>	6.38	2.90	4.46	13.74
<i>Mimosa texana</i> var. <i>texana</i>	2.12	2.38	3.66	8.16

11.3.2 Índice de semejanza entre las especies bajo el dosel y las de áreas interarbustivas

El índice de semejanza de Jaccard mostró valores muy bajos ($\leq 34\%$), entre las especies bajo el dosel y las de áreas interarbustivas (Cuadro 11.10).

M. lacerata y *M. texana* var. *texana*, presentaron la mayor semejanza entre las especies del dosel y la zona abierta. *M. depauperata* y *M. similis* presentaron la menor (Cuadro 11.10).

Cuadro 11.10. Similitud entre especies de zona abierta y dosel.

Especie	Zonas	Índice de semejanza de Sorensen
<i>M. lacerata</i>	dosel vs. abierta	0.34
<i>M. texana</i> var. <i>texana</i>	dosel vs. abierta	0.30
<i>M. depauperata</i>	dosel vs. abierta	0.26
<i>M. similis</i>	dosel vs. abierta	0.16

11.3.3 Características edáficas bajo los doseles y en los espacios interarbustivas

Los suelos localizados bajo el dosel y las áreas interarbustivas de *Mimosa depauperata*, *M. lacerata* y *M. similis* presentaron un pH ligeramente alcalino que fluctuó entre 8.29 y 8.80 sin presentar diferencias significativas entre ellos. *M. texana* var. *texana* fue la única especie que presentó un pH significativamente menor al de las otras especies, el cual osciló entre 7.23 y 7.25 (Cuadro 11.11).

La CICT total registrada, fue significativamente mayor en los suelos de *M. texana* var. *texana*, la cual fue de $7.25 \text{ meq.}100\text{g}^{-1}$ tanto bajo el dosel como en las áreas interarbustivas (Cuadro 11.11). El contenido de materia orgánica osciló entre 1.29 y 3.18 %, sin presentarse diferencias significativas entre los suelos de las cuatro especies (Cuadro 11.11).

El contenido de fósforo, fue mayor significativamente en los suelos de *M. texana* var. *texana* donde se presentó una concentración de dos a tres veces más alta en relación a los suelos de las otras especies, sin embargo, en los suelos de *M. texana* var. *texana* las diferencias no fueron significativas bajo el dosel y las áreas interarbustivas (Cuadro 11.11).

El contenido de nitrógeno inorgánico fue significativamente mayor bajo el dosel de *M. texana* var. *texana* (0.037 g.kg^{-1}) y el suelo de sus zonas interarbustivas fue menor e igual a los suelos de las otras especies (Cuadro 11.11).

El contenido de potasio fue mayor significativamente bajo el dosel de *M. depauperata*, el cual resultó ser del doble en relación a los suelos de las otras especies en donde las concentraciones de potasio fueron menores e iguales significativamente entre ellas. El amonio fue mayor en los suelos de *M. texana* var. *texana*; sin embargo no hubo diferencias significativas bajo el dosel y las áreas interarbusivas (Cuadro 11.11).

Cuadro 11.11 Características edáficas bajo el dosel y áreas interarbusivas de las cuatro especies de *Mimosa*. Literales minúsculas representan diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre hileras.

Especie		pH	CICT (meq 100g ⁻¹)	M.O. (%)	P (meq 100g ⁻¹)	NI (g.Kg ⁻¹)	K (meq 100g ⁻¹)	NH ₄ (g.Kg ⁻¹)
M. depauperata	Dosel	8.29 a	3.42 b	2.00 a	5.72 b	0.019 b	3.00 a	0.017 b
	Abierta	8.57 a	3.11 b	1.62 a	7.61 b	0.024 b	1.87 b	0.016 b
M. lacerata	Dosel	8.80 a	3.18 b	3.18 a	3.22 b	0.027 ab	1.88 b	0.017 b
	Abierta	8.57 a	3.11 b	1.62 a	7.61 b	0.024 b	1.87 b	0.016 b
M. similis	Dosel	8.62 a	3.29 b	1.83 a	6.43 b	0.024 b	2.00 b	0.017 b
	Abierta	8.74 a	2.81 b	1.29 a	8.00 b	0.021 b	1.20 b	0.016 b
M. texana var. texana	Dosel	7.25 b	7.25 a	2.13 a	25.92 a	0.037 a	1.70 b	0.029 a
	Abierta	7.23 b	7.23 a	1.62 a	13.02 a	0.026 b	1.70 b	0.024 a

11.4 Discusión

La radiación fotosintéticamente activa (PAR), bajo el dosel de las cuatro especies de *Mimosa*, se redujo significativamente ($p \leq 0.05$). Bajo el dosel de *M. lacerata*, la PAR se redujo en un 41 %, y bajo el dosel de *M. depauperata*, *M. similis* y *M. texana* var. *texana* en un 18-26 %, respecto a las áreas interarbustivas correspondientes.

En *Mimosa lacerata*, la reducción de la PAR, pese a ser la más significativa, no llegó a ser limitativa para la fotosíntesis de las especies C_3 , las cuales se saturan o ya no asimilan CO_2 con niveles menores a los $600 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (Nobel, 1991); en este trabajo, los valores más bajos que se registraron bajo el dosel de *M. lacerata* fueron de $670 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. Para las especies C_4 es probable que los niveles sean limitativos, ya que estas plantas están adaptadas a condiciones de alta insolación dado que no se saturan ni con $2,000 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (Nobel, 1991). Sin embargo, Cruz-Rodríguez *et al.* (1997), mencionan que estas mismas condiciones se observan bajo el dosel del mezquite, pero que los cambios en la inclinación de los rayos solares y el recorrido de la sombra a lo largo del día, son muy importantes, porque provocan que durante el día se presenten áreas bajo el dosel con luz plena, mientras que otras permanecen sombreadas, lo cual podría mitigar esta condición limitativa.. De esta manera, muchas plantas reciben una gran cantidad de rayos solares a lo largo del día, lo que puede favorecer su crecimiento.

El análisis de la PAR en diferentes orientaciones bajo el dosel de las especies de *Mimosa* fue diferente. El lado SO fue el que captó una PAR mayor y el lado SE la menor; sin embargo sería necesario estudiar la sombra que proyecta el dosel para establecer el efecto sobre el crecimiento de la vegetación asociada.

Por otro lado, la disminución de la PAR bajo el dosel provocó la disminución de la temperatura y de la humedad relativa. La diferencia de temperaturas entre el dosel y las áreas interarbustivas fue de 10 a 12 °C y la de la humedad fue de 13 %. Valiente-Banuet y Ezcurra (1991) mencionan que en el Valle de Zapotitlán, la temperatura del suelo localizado bajo el dosel de las arbustivas y la de las áreas abiertas, presenta diferencias máximas de 16°C. Las diferencias en el

microclima entre las áreas abiertas y bajo el dosel de las especies de *Mimosa* se vieron reflejados en la densidad de la vegetación establecida en ambas condiciones.

Las especies registradas bajo dosel presentaron valores de importancia más altos en función de una mayor frecuencia, densidad y cobertura, a pesar de que también se encontraron en las áreas interarbustivas.

Smith y Goodman (1986, 1987), reportan que la densidad de especies leñosas tales como: *Ehretia rigida*, *Euclea divinorum* y *Ziziphus mucronata* fue mayor bajo el dosel de *Acacia* spp.

Valiente-Banuet y Ezcurra (1991), mencionan que la radiación excesiva, la evaporación y la temperatura de las áreas abiertas, así como la mortalidad resultante bajo estas condiciones, son las causas principales del nodrizaje vegetal.

La diversidad de especies presente bajo el dosel de las especies de *Mimosa* fue menor que la de las áreas interarbustivas. El decremento de la diversidad de la vegetación asociada, al dosel de las especies de *Mimosa* pudo ser debido a la competencia por el agua y a la reducción de la radiación solar.

Franco y Nobel (1989), reportan para *Carnegia gigantea* y *Ferocactus acanthodes* que el efecto de la sombra de las plantas nodrizas es benéfico para sus plántulas, pero que la competencia por el agua y el abatimiento de la PAR reducen significativamente su crecimiento.

Es importante mencionar que varias especies presentes en las áreas abiertas no están bajo el dosel, probablemente como consecuencia de la reducción de la PAR, que podría ser el factor limitativo. La mayor parte de las especies presentes en las áreas abiertas son plantas arbustivas o arbóreas cuyos requerimientos lumínicos deben ser altos o con mayor capacidad competitiva una vez establecidas, después de eventos episódicos favorables.

Mimosa lacerata y *M. texana* var. *texana* no se encontraron bajo su propio dosel, lo que implicaría que probablemente los individuos maduros de las especies de *Mimosa* no ejercen un efecto microclimático favorable para el establecimiento de sus propias plántulas. Para su instalación éstas podrían requerir de radiaciones solares mayores a las que filtran los doseles, a excepción de *M. depauperata*, la cual sí se encontró bajo el dosel de *M. lacerata*. Al analizar los valores de importancia de las especies presentes bajo el dosel y en las áreas interarbustivas de las especies de *Mimosa*, se encontraron asociaciones diferentes. Bajo el dosel de *M. lacerata*

y *M. depauperata*, *Turnera diffusa* fue la especie con el mayor valor de importancia; en cambio, en sus áreas interarbusivas fue *M. depauperata*. Bajo el dosel de *M. similis*, la especie con mayor valor de importancia fue *Jatropha dioica* y en las áreas interarbusivas *Fouquieria splendens* y para *M. texana* var. *texana*, tanto bajo el dosel como en áreas interarbusivas, *Zaluzania augusta* fue la de mayor índice de importancia.

Estas relaciones podrían sugerir interacciones directas de nodrizaje con las especies de *Mimosa*; sin embargo, sería necesario estudiar el tamaño poblacional y la sobrevivencia de las plantas nodrizadas, así como los efectos que éstas podrían ejercer sobre las nodrizas para asegurar dicha interacción.

El análisis de la vegetación bajo el dosel muestra que las especies de *Mimosa* ejercen una influencia en su composición y en sus características estructurales y fisonómicas.

Weltzin y Coughenour (1990), han señalado que las especies que se desarrollan dentro y fuera del dosel poseen diferentes atributos ecofisiológicos para tolerar la luz, la desecación, distintas capacidades para aprovechar los incrementos de fertilidad y de humedad del suelo. En algunos trabajos incluso se ha observado el predominio de especies C₃ bajo el dosel y de C₄ en las áreas abiertas (Archer *et al.*, 1988).

Cruz-Rodríguez *et al.* (1997), mencionan que la capacidad de dispersión de las especies puede determinar su presencia en un sitio. El que una especie no se encuentre en un sitio determinado, puede deberse no sólo a limitaciones de tipo ambiental o competitivo, sino a que sus posibilidades de dispersión no les permiten establecerse antes que otras.

En relación a la influencia de las especies de *Mimosa* en las características edáficas, no se observó una tendencia clara. En general, sólo bajo el dosel de *M. depauperata* y de *M. texana* var. *texana*, se incrementaron de manera parcial algunos de los nutrimentos evaluados. El contenido de potasio bajo el dosel de *Mimosa depauperata* fue 1.5 veces más alto que en las áreas interarbusivas; así mismo, bajo el dosel de *M. texana* var. *texana* el nitrógeno inorgánico mostró un incremento significativo (1.5 veces).

Wetzel *et al.* (2000), mencionan que la alta concentración de nitrógeno, fósforo y potasio presentes bajo el dosel de algunas arbustivas de la región semiárida de Nigeria, está relacionada con la alta concentración de materia orgánica, debido a su importancia como fuente de

nutrimentos; En contraste, nuestros resultados no demostraron claramente una relación directa entre el contenido de materia orgánica y los nutrimentos del suelo.

Camargo-Ricalde *et al.* (2002), mencionan que las especies de *Mimosa* del Valle de Tehuacán, entre ellas *M. lacerata*, al ser caducifolias, aportan bajo su dosel, una cantidad significativa de materia orgánica en comparación a la registrada en las áreas abiertas, lo que enriquece la fertilidad del suelo. El hecho de no haber encontrado una tendencia general en los nutrimentos del suelo bajo el dosel de las cuatro especies de *Mimosa*, podría estar relacionado con la concentración y mineralización de los nutrimentos de las hojas. Wetzel *et al.* (2000), mencionan que la composición química de las hojas es diferente para las especies y que ésta puede influir en el contenido de nutrimentos encontrados bajo el dosel.

El hecho de que sólo se observe un incremento de potasio y nitrógeno inorgánico bajo el dosel de dos de las especies de *Mimosa* podría indicar que las especies de *Mimosa* no ejercen un papel significativo en el mejoramiento de la fertilidad del suelo.

Barajas y Dendooven (2001), mencionan que bajo el dosel de *Prosopis laevigata*, *Acacia tortuosa* y *Mimosa biuncifera*, el contenido de carbón orgánico, nitrógeno total y fósforo fueron más altos que en las áreas interarbustivas. El carbón orgánico bajo el mezquite, fue 2.2 veces mayor y el de huizache y *M. biuncifera* 1.2 y 1.3 veces mayor respectivamente. Por otro lado, el fósforo fue mayor bajo el dosel del mezquite y de *M. biuncifera* pero no bajo el dosel de *A. tortuosa*. Estos autores mencionan que en general, las concentraciones de potasio son mayores bajo el dosel de la vegetación que en las áreas interarbustivas; lo cual no coincide con nuestros resultados, solamente para *M. depauperata* donde el contenido de potasio fue mayor que en las áreas interarbustivas.

Felker y Clark (1981) y Franco-Pizaña, *et al.* (1995) mencionan que en general las leguminosas del desierto incrementan el nitrógeno bajo su dosel.

Camargo-Ricalde *et al.* (2002), encuentran que bajo el dosel de algunas especies de *Mimosa*, se mejoran las condiciones nutrimentales del suelo, así como otros factores ambientales tales como abatimiento de la radiación fotosintéticamente activa, temperatura y tasas de evaporación. Además, las especies de *Mimosa* son fijadoras de nitrógeno y enriquecen el suelo

bajo del dosel con nitrógeno creando “islas de recursos”. En nuestro estudio sólo *M. texana* var. *texana* enriqueció el suelo con nitrógeno inorgánico y *M. depauperata* con potasio.

Reyes-Olivas *et al.* (2002), reportan que bajo el dosel de especies arbustivas dominantes como *Euphorbia californica* y *Bursera laxiflora*, en los matorrales xerófilos del norte de Sinaloa y nodrizas de diversos cactus, tampoco se mejora la fertilidad del suelo bajo su dosel, como ocurre en otros desiertos (García-Moya y McKell, 1970; Bath y Klemmedson, 1978; Virginia y Jarrell, 1983).

11.5 Conclusiones

Las cuatro especies de *Mimosa* proveen ambientes homeostáticos que incrementan la riqueza de formas de vida y la densidad florística de la comunidad, en contraste con los ambientes impredecibles de las zonas abiertas.

Bajo su dosel, se abate la radiación fotosintéticamente activa (PAR), la temperatura y la humedad relativa.

La sombra genera además protección a través de las espinas y materia orgánica de manera continua, que está disponible durante las diferentes etapas de vida de la vegetación asociada.

Sólo dos de las especies estudiadas incrementan la fertilidad del suelo bajo su dosel de manera parcial. *M. texana* var. *texana* favorece la concentración de nitrógeno inorgánico y *M. depauperata* de potasio; sin embargo los beneficios de este incremento deben ser evaluados en estudios de establecimiento y sobrevivencia de plántulas de la vegetación asociada bajo los doseles.

Las cuatro especies de *Mimosa* podrían mantener condiciones microclimáticas favorables bajo su dosel en el mediano y largo plazo, en función de su ciclo de vida, por lo que podrían incrementar la probabilidad de incorporación de especies asociadas, jugando un papel importante en la dinámica de los ecosistemas en donde crecen.

12. DISCUSIÓN GENERAL

Las cuatro especies de *Mimosa* presentan características morfológicas y funcionales diferentes, que les confieren estrategias específicas de sobrevivencia .

Los aspectos ecológicos abordados en este estudio contribuyen al conocimiento de la historia de vida de las especies, como patrones de crecimiento, de reproducción y estrategias de desarrollo. Los patrones de historia de vida presentaron variación entre las especies de *Mimosa* estudiadas.

De acuerdo a sus características de crecimiento y de reproducción, las cuatro especies de *Mimosa* tienden a presentar una presión de selección ecológica K (Krebs, 1978; Odum, 1996; Pianka, 2000), donde sus características morfológicas y fisiológicas tienden a maximizar la capacidad competitiva: son especies perennes con un ciclo de vida de más de un año; presentan un desarrollo lento; los adultos presentan tamaños de intermedios a grandes (15 cm a 1.4 m), y producen una pequeña cantidad de semillas; la repartición de recursos es baja para la reproducción; la sobrevivencia de plántulas presenta una mortalidad de constante a alta al comienzo del ciclo vital; los individuos maduros crecen en comunidades saturadas donde no es necesaria la recolonización y donde son elementos dominantes y codominantes que han desarrollado una gran capacidad competitiva a través de la eficiencia en el uso de los recursos. Por otro lado, la sombra que generan sus doseles puede constituir un mecanismo de interferencia, que impide la utilización de recursos escasos por parte de especies competidoras, pero que a la vez puede propiciar el establecimiento de otras especies que no constituyen competencia debido a que sus nichos son diferentes (Krebs, 1978).

Específicamente, las historias de vida de las cuatro especies de *Mimosa*, se caracterizan por lo siguiente:

Presentan una forma de crecimiento arbustiva, cuyas alturas van de 15 cm a 1.40 m; en donde *Mimosa texana* var. *texana* presenta la menor altura y *M. lacerata* la mayor. El carácter morfológico que las diferencia de manera inmediata, es el fruto: *M. depauperata* y *M. similis* presentan legumbres divididas en artejos; en cambio *M. lacerata* y *M. texana* var. *texana* presentan legumbres con valvas enteras. La diferencia en la morfología de los frutos, posiblemente esté relacionada con el tipo de dispersión de sus semillas. Es importante mencionar, que aunque en este trabajo no se realizaron estudios de dispersión, si se observaron diferencias en la forma en la que los frutos liberan las semillas.

Las especies con frutos divididos en artejos, abren las vainas por etapas y dispersan las semillas lentamente, en cambio las que presentan los frutos con valvas enteras, se abren por completo y sueltan las semillas en un solo momento. Grether (1982), menciona que la dispersión de *M. biuncifera* y *M. monancistra* en Guanajuato, es principalmente por el viento, lo cual tiene como consecuencia que las semillas tengan poco alcance, ya que los frutos no son muy ligeros y muchas veces caen completos, encontrándose en un radio no mayor de 1.5 m alrededor de la planta madre; sin embargo, durante la época lluviosa, los frutos y semillas que se encuentran en el suelo, son arrastrados por el agua, dispersándose a mayores distancias. De acuerdo a esto, las semillas de *M. depauperata* y *M. similis*, cuyos frutos se abren secuencialmente, podrían tener ventaja sobre los de las otras dos especies, en relación a que la dispersión y el ataque de los coleópteros podría distribuirse en el tiempo. Los resultados de esta tesis demostraron que la depredación por coleópteros de la familia Bruchidae es intermedia, en las especies con frutos divididos en artejos, comparada con las especies que presentan valvas enteras, donde la depredación puede ser muy alta ó muy baja, lo cual sucedió en *M. texana* var. *texana* y en *M. lacerata*, respectivamente.

Baskin y Baskin (1998) mencionan, que el número de semillas liberadas en algunas especies, está directamente correlacionada con la cantidad de lluvia, y cuando las lluvias cesan, los frutos se cierran o permanecen cerrados, evitando la dispersión de semillas hasta que las lluvias comienzan nuevamente.

M. lacerata, fue la única especie que presentó fructificación fuera del período de lluvias (noviembre-diciembre); de acuerdo a Baskin y Baskin (1998), la ausencia de precipitación puede ocasionar que las vainas no se abran, lo cual podría ser una limitante para la dispersión de las semillas de esta especie, en comparación con las otras tres especies de *Mimosa* las cuales fructifican en el período de lluvias (junio-octubre).

Otra relación que se encontró en este trabajo, es que las especies con frutos divididos en artejos presentan semillas de menor longitud, que las de vainas enteras.

Una vez que las semillas son dispersadas, éstas presentan un período de latencia que depende de las condiciones ambientales que prevalecen y que son capaces de escarificar las cubiertas duras de las semillas, impermeables al agua. En este trabajo, se encontró que después de la dispersión, una pequeña cantidad de semillas de las cuatro especies de *Mimosa*, se incorpora a la reserva del suelo, donde pierden entre el 30 y el 80% de su longevidad en un año, dependiendo de la especie; por lo que las reservas de semillas que se

forman en el suelo, dependen estrictamente de la producción estacional. Dean y Milton (1999), mencionan que las especies de la sucesión intermedia-tardía, tienden a producir semillas con una longevidad limitada; por lo que se considera que las cuatro especies de *Mimosa* podrían clasificarse como especies intermedias de la sucesión.

Por otro lado, la mayor parte de las semillas en el suelo, se distribuyen bajo el dosel de los individuos de *Mimosa*; solamente en el caso de *M. similis*, se encontraron semillas en el suelo, tanto bajo su dosel como en las áreas abiertas; además fue la especie que aportó una mayor cantidad de semillas a la reserva, de aquí que *M. similis* presente una estrategia de vida diferente a las otras tres especies, donde las semillas de la reserva podrían proporcionarle ventajas en su regeneración sexual, en caso de deterioro del hábitat.

También, se encontró una disminución de la densidad de semillas en el suelo, con el incremento de la profundidad. Las semillas de las cuatro especies se distribuyen principalmente, en las capas superficiales (0-5 cm); sin embargo, los resultados de germinación, demostraron que éstas son capaces de germinar tanto bajo condiciones de luz como de oscuridad.

El hecho de haber encontrado reservas de semillas de *Mimosa* con densidades bajas y una longevidad corta, indica que estas especies presentan una estrategia de vida caracterizada por la no dependencia de una reserva de semillas en el suelo para su regeneración, sino más bien, dependen de la germinación inmediata de sus semillas después de la dispersión, así como de una alta sobrevivencia de sus plántulas.

La semejanza entre las especies de la reserva del suelo y las de la vegetación fue muy baja en las tres comunidades estudiadas. Fener (1985), establece la falta de semejanza, cuando los ambientes han sido poco perturbados; sin embargo, nuestros resultados reportan la presencia de un número significativo de especies indicadoras de disturbio.

Las semillas que logran germinar en el campo, lo hacen rápidamente, entre dos y cinco días, siempre y cuando las semillas sean escarificadas por algún mecanismo que elimine la latencia física, impuesta por cubiertas duras impermeables al agua. Las semillas escarificadas y las no escarificadas pueden germinar, tanto bajo el dosel de la vegetación como en las áreas abiertas; las primeras alcanzan porcentajes de germinación mayores al 80 % en cambio las semillas que no son escarificadas, sólo germinan entre un 10 y 60 %.

Asimismo, los resultados de germinación en laboratorio, mostraron que las cuatro especies de *Mimosa* pueden germinar en un amplio rango de temperaturas (10-35 °C), alcanzando

porcentajes también mayores al 80%. La temperatura óptima de germinación para las cuatro especies, presentó tendencias diferentes. Para *M. depauperata*, *M. similis* y *M. lacerata* fue de 20 y 35 °C y para *M. texana* var. *texana* de 30 y 35 °C; estas temperaturas de germinación, posiblemente guardan una relación con su área de distribución, pues *M. texana* var. *texana* es la especie que presenta una distribución más amplia, encontrándose desde Texas hasta el centro de México (Grether *et al.*, en prensa).

La producción de semillas de las cuatro especies de *Mimosa* fue escasa, en los años de 1998 y 1999 en los que se realizó este estudio; posiblemente, estas especies presenten una variación marcada en la producción de semillas año con año, dependiendo de las condiciones ambientales (tiempo y cantidad de lluvia), así como de las pérdidas por depredación. Nuestros resultados mostraron pérdidas significativas de semillas por el ataque de coleópteros, a excepción de las semillas de *M. lacerata*, que fueron depredadas por coleópteros en una proporción muy pequeña (4.5 %); asimismo, se encontró una relación directa entre el grosor de las cubiertas de las semillas y su porcentaje de depredación, donde *M. lacerata* fue la especie que presentó las semillas con las testas más gruesas y el porcentaje de depredación menor; ésta puede ser una estrategia para incrementar la germinación de sus semillas y compensar las altas tasas de mortalidad (80%) que presentan sus plántulas.

La teoría ecológica establece que los cambios en la composición de la vegetación pueden influir en la disponibilidad de semillas, y que las especies que producen la mayor cantidad, podrían tener la mayor probabilidad de ocupar los claros o huecos para la regeneración; sin embargo, nuestros resultados demostraron que aunque las especies bajo estudio no produjeron una gran cantidad de semillas, son elementos dominantes y codominantes en los matorrales xerófilos secundarios donde crecen. La dominancia y codominancia de estas especies es determinada por su abundancia numérica y por su biomasa medida indirectamente a través de la cobertura (Krebs, 1978). Esto está relacionado con lo encontrado con Milton (1999), quien mostró que los cambios en la estructura demográfica de una población de especies arbustivas en los pastizales áridos del Karoo (sur de África) puede ser una función de la disponibilidad de semillas; sin embargo, producir más semillas no significa necesariamente dominancia ecológica en una comunidad, de aquí que muchos otros factores, tales como: la floración, dispersión de semillas, el rompimiento de latencia,

las reservas de semillas en el suelo, su longevidad y la probabilidad de encontrar sitios seguros para la germinación pueden jugar un papel relevante en el reclutamiento.

La emergencia de plántulas, en condiciones de invernadero, para las cuatro especies, se presentó en un período corto, entre 7 y 11 días. *M. depauperata* presentó el período menor y *M. lacerata* el mayor. Después de la emergencia, las plántulas se establecieron entre 19 y 58 días. En este trabajo, se encontró una relación directa entre el tiempo de emergencia y el período de establecimiento. *M. depauperata* presentó un período de establecimiento menor y *M. lacerata* el mayor. La teoría ecológica establece que un tamaño de semilla mayor tiene mayores probabilidades de mayor éxito en el establecimiento vegetal tanto por el tamaño del embrión como por la cantidad de reservas (Fenner, 1985). Nuestros resultados no mostraron relación alguna, las semillas con tamaños intermedios, fueron las que presentaron los períodos de establecimiento extremos, donde *M. depauperata* presentó el período de establecimiento más corto y *M. lacerata* el más largo; sin embargo, *M. lacerata* presentó las semillas con los embriones de menor peso, posiblemente como una función de su menor tamaño; sin embargo, el período de establecimiento de sus plántulas fue más largo (45-58 días) en comparación con las otras especies, donde el peso de los embriones fue mayor y los períodos de establecimiento fueron menores (19-42 días).

Otra relación observada en este trabajo, fue la del establecimiento temprano y la sobrevivencia de plántulas, donde las especies que presentaron los períodos de establecimiento más cortos, en este caso *M. depauperata*, *M. similis* y *M. texana* var. *texana*, fueron las que presentaron la sobrevivencia mayor; en cambio, la mortalidad fue alta en *M. lacerata*, donde el período de establecimiento fue más largo. Una diferencia de cuatro días en el tiempo de emergencia de las plántulas de las diferentes especies de *Mimosa*, resultó en una marcada reducción en la sobrevivencia de las plántulas, esto también fue observado por Cook (1980) en una población de plántulas de *Androsace septentrionales* Symonides.

Las plántulas de *M. lacerata* con emergencia tardía, presentaron una relación con el tamaño de sus semillas y de los embriones, los cuales fueron los más pequeños comparados con las otras especies.

Durante la etapa plantular, las especies de *Mimosa* estudiadas, presentaron variabilidad en el número de cotiledones. *M. lacerata* y *M. texana* var. *texana* presentaron plántulas con

dos a cuatro cotiledones; sin embargo, para evaluar la importancia de esta estrategia, será necesario estudiar la sobrevivencia de las plántulas con estas características.

En este trabajo, también se encontró que la temperatura de germinación, puede ser un factor que determine el período de establecimiento plantular, en las cuatro especies de *Mimosa*. A una mayor temperatura, el período de establecimiento se acorta. En *M. depauperata* y en *M. texana* var. *texana*, este período se redujo por diez días, en *M. lacerata* por once días y en *M. similis* por 25 días. Esta reducción del período de establecimiento, cuando las semillas germinan a 30°C, indica que las cuatro especies están bien adaptadas a las zonas semisecas, donde las temperaturas medias máximas oscilan entre 20 y 30°C, sugiriendo además, que la germinación en campo ocurre en la primavera-verano cuando las temperaturas alcanzan estos rangos, lo cual asegurará que las plántulas se establezcan en el menor tiempo posible aprovechando los períodos breves de humedad. La temperatura de germinación de 30°C, favoreció las tasas de crecimiento y la biomasa de raíces, tallos y hojas, indicando también que las especies crecen mejor en hábitats con temperaturas altas.

En su estado adulto, las cuatro especies de *Mimosa* son caducifolias y pierden el follaje durante el invierno, como una estrategia para tolerar las altas temperaturas y la sequía característica de las zonas semisecas. Los resultados de fenología demostraron que las cuatro especies presentan estrategias diferentes de sobrevivencia .

M. texana var. *texana* presenta la foliación de manera más temprana aprovechando el agua de las primeras lluvias, mientras *M. similis*, *M. lacerata* y *M. depauperata*, la presentan de manera más tardía; el mantenimiento del follaje también varió, *M. texana* var. *texana* lo mantiene por un período más largo, por lo que podría presentar una mayor eficiencia en el uso del agua; asimismo, fue la especie que se mantuvo sin follaje por un período menor (2 meses) de aquí que posiblemente sea más resistente a la sequía. La floración se presenta cuando se registran las temperaturas medias y las precipitaciones más altas, y dura entre 3 y 4 meses. En el caso de *M. depauperata* y *M. lacerata*, que coexisten en el mismo hábitat, la floración se repartió en el tiempo, iniciando primero *M. lacerata* y después *M. depauperata*, lo que implica una manera diferente de aprovechar el recurso hídrico. En relación a los patrones de crecimiento, se observaron diferencias en el incremento de altura y en la tasa de crecimiento de la rama principal, donde *M. similis* presentó los incrementos mayores y *M. depauperata* los menores. La producción de nudos activos y su desarrollo,

también fue diferente para las cuatro especies. Durante la época de crecimiento (julio-agosto) *M. lacerata* canalizó el crecimiento de estos nudos, principalmente hacia la producción de botones florales; *M. depauperata* y *M. texana* var. *texana* a hojas y *M. similis* a ramas laterales.

Por otro lado, bajo los doseles de los individuos adultos de las cuatro especies de *Mimosa* se presentó una vegetación asociada más densa que la que crece en las áreas interarbusivas, debido a que bajo su dosel, las condiciones ambientales como radiación fotosintéticamente activa (PAR), temperatura y humedad se abaten; además de que bajo el dosel de dos de ellas: *M. texana* var. *texana* y *M. depauperata*, se incrementaron las concentraciones de nitrógeno inorgánico y potasio respectivamente.

Las cuatro especies de *Mimosa* en estudio, son elementos dominantes y codominantes en los matorrales xerófilos de la Cuenca del Río Estórax. Están bien adaptadas a las condiciones semisecas donde crecen y se reproducen. La estrategia de selección que presentan tiende más a la selección K, donde los individuos canalizan su energía hacia la eficiencia es decir a ser más competitivos. Son especies que por sus características ecológicas (Figuras 12.1 a 12.4) corresponden a especies intermedias de la sucesión que facilitan el proceso en los ecosistemas donde habitan. *M. depauperata* y *M. texana* var. *texana* incrementan el potasio y el nitrógeno inorgánico del suelo localizado bajo su dosel, además de que bajo éste se genera sombra que abate la temperatura y la radiación fotosintéticamente activa, lo cual podría favorecer el establecimiento de nuevas especies, que en su oportunidad podrían modificar el ambiente en diversas formas y así continuar con el proceso de la sucesión.

Las comunidades vegetales donde crecen las cuatro especies de *Mimosa*, presentan una composición florística diferente, donde las especies dominantes permiten hacer un análisis prospectivo sobre la tendencia de la sucesión. *M. depauperata* y *M. lacerata* son especies dominantes en la comunidad donde crecen, lo que sugiere que el reemplazo de especies podría ocurrir hacia un matorral espinoso o xerófilo. *M. similis*, es elemento codominante, en las comunidades donde crece, las herbáceas y las arbustivas de talla baja (< 50 cm) son las especies dominantes, por lo que el reemplazo de especies en esta comunidad tendería hacia un matorral bajo de *Agave lechuguilla* y *Turnera difusa*.

M. texana var. *texana*, también es una especie codominante en la comunidad donde crece, donde las especies dominantes son la arbustiva *Zaluzania augusta* y la gramínea *Bouteloa*

curtipendula, por lo que el reemplazo de especies en esta comunidad podría ser hacia un matorral monoespecífico de *Zaluzania augusta*.

Las comunidades vegetales de la Cuenca del Río Estórax donde habitan las cuatro especies de *Mimosa* presentan cierto grado de deterioro en donde la composición florística demuestra que al menos en dos de las comunidades vegetales, tres de las especies: *Mimosa lacerata*, *M. depauperata* y *M. similis* no serán reemplazadas en el corto y mediano plazo.

13 CONCLUSIÓN GENERAL

Las cuatro especies del género *Mimosa* crecen y se reproducen en los matorrales xerófilos de la Cuenca del Río Estórax; sus características fenológicas muestran una gran funcionalidad en correspondencia con las condiciones de sequía y altas temperaturas; asimismo, la composición florística de los matorrales donde crecen refleja un alto grado de deterioro; donde las especies de *Mimosa* son elementos dominantes y codominantes por su densidad, forma de vida, tamaño y biomasa.

En relación a la capacidad germinativa, este trabajo mostró que las cuatro especies de *Mimosa* pueden germinar en un amplio rango de temperaturas, con elevados porcentajes de germinación, tanto bajo el dosel como en áreas abiertas. Las especies también contribuyen a la reservas de semillas en el suelo, lo que les confiere la posibilidad de regenerarse sexualmente de manera exitosa.

Respecto a las plántulas, éstas presentan diferencias en su emergencia, morfología, período de establecimiento y sobrevivencia, lo cual indica una funcionalidad diferencial de las cuatro especies en la dinámica de comunidades.

Finalmente, bajo el dosel de los individuos de las cuatro especies de *Mimosa* se establece una vegetación asociada densa en relación a las áreas interarbustivas; sin embargo, la materia orgánica que generan los individuos durante la época seca por la pérdida de follaje, sólo enriquece parcialmente el suelo con nitrógeno inorgánico y potasio.

Por lo anterior, las cuatro especies podrían ser candidatos importantes a utilizarse en programas de rehabilitación ecológica de zonas semisecas, en donde gran parte de la vegetación dominante ha desaparecido por deforestación y mal uso de los recursos. Por sus características morfológicas y funcionales estas especies de *Mimosa* pueden ser facilitadoras de la sucesión vegetal; además de que pueden tener un valor adicional al ecológico al ser utilizadas como especies productoras de leña y forraje.

14. LITERATURA CITADA

ABD EL-GHANI M.M. 1997. Phenology of ten common plant species in Western Saudi Arabia. *Journal of Arid Environments*, 35: 673-683.

ABULFATHI, H.A. 1995. Seed germination in *Acacia* species and their relation to altitudinal gradient in south-western Saudi Arabia. *Journal of Arid Environments*, 31: 171-178.

ALLESIO, L.M., V.T. PARKER y R.L. SIMPSON. 1989. *Ecology of Soil Seed Banks*. Academic Press, INC. San Diego, California, 462 pp.

ANTLFINGER, A.E. 1989. Seed bank, survivorship, and size distribution of a Nebraska population of *Impatiens capensis* (Balsaminaceae) *American Journal Botany*, 76(2): 222-230.

ARCHER, S., C. SCHIFRES & C.R., BASSHAM. 1988. Autogenic sucession in a subtropical savanna conversion of gras land to thorn woodland. *Ecological Monographs*, 58: 111-127.

ARGAW, M., D. TEKETAY & M. OLSSON. 1999. Soil seed flora, germination and regeneration pattern of woody species in an *Acacia* woodland of the Rift Valley in Ethiopia. *Journal of Arid Environments*, 43: 411-435.

ARGUELLES, E., R. FERNÁNDEZ & S. ZAMUDIO. 1991. Listado florístico preliminar del Estado de Querétaro. In: Rzedowski J. & G. Calderón. *Flora del Bajío y de regiones adyacentes. Fascículo complementario II*. Instituto de Ecología y Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro, 155 pp.

ARMELLA, V.M.A. 1990. Depredación, predispersión de semillas en la Barranca de Metztlán. Tesis de Maestría en Ciencias. Facultad de Ciencias. UNAM. México, 101 pp.

ARREDONDO, S., J. ARONSON, C. OVALLE, A. DEL POZO & J. AVENDAÑO. 1998. Screening multipurpose legume trees in central Chile. *Forest Ecology and Management*, 109: 221-229.

ARREGUIN, S.M.L., L.G. CABRERA, N.R. FERNÁNDEZ, L.C. OROZCO, C.B. RODRÍGUEZ y B.M. YEPEZ. 1997. *Introducción a la Flora del Estado de Querétaro*. Consejo de Ciencia y Tecnología del estado de Querétaro. Instituto Politécnico Nacional y Universidad de Chapingo, México, 361 pp.

ARRIAGA, L., S. MAYA & J. CANCINO. 1993. Association between cacti and nurse perennials in a heterogeneous tropical dry forest in Northwestern México. *Journal of Vegetation Science*, 4: 349-356.

AULD, D.T. 1995. Soil seedbank patterns of four trees and shrubs from arid Australia. *Journal of Arid Environments*, 29: 33-45.

AZCON-BIETO J. y M. TALON. 1996. *Fisiología y Bioquímica Vegetal*. Interamericana McGraw-Hill. México, 581 pp.

AZIZ, S & A. KHAN. 1996. Seed bank dynamics of a semi-arid coastal shrub community in Pakistan. *Journal of Arid Environments*, 139: 81-87.

BAKER, H.G. 1972. Seed weight in relation to environmental conditions in California. *Ecology*, 53: 997-1010.

BARAJAS-ACEVES, M. y L. DENDOOVEN. 2001. Nitrogen, carbon and phosphorus mineralization in soils from semiarid highlands of central Mexico amended with tannery sludge. *Bioresource Technology*, 77: 121-130.

BARBOUR, M.G. 1969. Age and space distribution of the desert shrub *Larrea divericata*. Ecology, 50: 679-685.

BARNEBY, R. 1991. Sensitivae Censitae. A description of the genus *Mimosa* Linnaeus (Mimosaceae) in the New World. Mem. New York Botanical Garden 65: 1-835.

BARTH, R.C. & J.O. KLEMMEDSON. 1978. Shrub-induced spatial patterns of dry matter, nitrogen, and organic carbon. Soil Science Society of American Journal, 42: 804-809.

BARTH, R.C. & J.O. KLEMMEDSON. 1982. Shrub-induced spacial patterns of dry matter, nitrogen and organic carbon. Soil Science Society American Journal, Vol. 42: 804-809.

BASKIN, J.M. & C.C. BASKIN. 1978. The seed bank in a population of on endemic plant species and its ecological significance. Biol. Conserv, 14: 125-130.

BASKIN, C.C. & BASKIN J.M. 1998. Seeds: Ecology, Biogeography and Evolution of Dormancy and Germination. San Diego: Academic Press., 666 pp.

BEATLEY, J.C. 1974. Phenological events and their environmental triggers in the Mojave Desert ecosystem. Ecology , 55:856-863.

BEATLEY, J.C. 1980. Fluctuations and stability in climax shrub and wodland vegetation of the Mojave, Great Basin, and transition desert of Southern Nevada. Isr. J. Bot., 28: 149-168.

BELSKY, A.J., S.M. MWONGA, R.G. ADMUNSON, J.M. DUXBURY, & A.R. ALÍ. 1993. Comparative effects of isolated trees on their undercanopy environments in high- and low-rainfall savannas. Journal Applied Ecology, 30: 143-155.

BENTHAM, G. 1875. Revision of the Suborder Mimoseae. Trans. Linn. Soc. London, 30: 335-664.

BERTILLER, M.B., A.M. BEESHOW & F. CORONATE. 1991. Seasonal environmental variation and plant phenology in Arid Patagonia (Argentina). *Journal of Arid Environments*, 21: 1-11.

BEWLEY, J.D. & M. BLACK, M. 1994. *Seeds: Physiology of Development and Germination*. New York: Plenum Press., 445 pp.

BIGWOOD, D.W. & D.W. INOUE. 1988. Spatial patterns of seed banks and improved method and optimized sampling. *Ecology*, 69 (2): 497-507.

BONNER, F. T. 1991. Measurement of moisture content. In: *Tree and shrub seed hand book*. Chapter 12. The International Seed Testing Association. Zurich, Germany. pp: 1-17.

BOWER, M. & J.H. BROWN. 1992. Structure in a desert rodent community: use of space around *Dipodomys spectabilis* mounds. *Oecología*, 92: 242-249.

BOWERS J. y M. DIMMITT. 1994. Flowering phenology of six woody plants in the northern Sonoran Deserts. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 121 (3), pp. 215-229.

BOYD, R.S. & G.D. BRUM. 1983. Postdispersal reproductive biology of a Mojave desert population of *Larrea tridentata* (Zygophyllaceae). *Am. Midl. Nat.*, 110: 25-36.

BRIDSON, D. & L. FORMAN. 1999. *The herbarium handbook*. 3rd edition. Royal. Botanic Gardens, Kew. Great Britain, 334 pp.

BRITTON, N.L. & J.N. ROSE. 1928. Rosales. Mimosaceae. *N. Amer. Fl.*, 23(3): 137. 194. *Mimosa*: 144-171, *Mimosopsis*: 174-179, *Acanthopteron*: 179.

BROWER J. E. & J. H. ZAR. 1980. *Field and Laboratory Methods for General Ecology*. 4rd edition. Wm. Brown Company Publishers. Dubuque, Iowa. 194 pp.

BROWN, J.H., O.J. REICHMAN & D.W. DAVIDSON. 1979. Granivory in desert ecosystems. *Annual Review Ecology and Systematics*, 10: 201-227.

BURGER, D. 1972. Seedlings of some tropical trees and shrubs mainly of south East Asia. Centre for Agricultural Publishing and Documentation. Centre for Agricultural Publishing and Documentation. Wageningen. En: PARRA, P. 1984. Estudio de la morfología externa de plántulas de *Calliandra gracilis*, *Mimosa albida*, *M. arenosa*, *M. camporum* y *M. tenuiflora*. *Rev. Fac. Agron. (Maracay)*. 13(1-4): 311-350.

BURKART, A. 1948. Las especies de *Mimosa* de la Flora Argentina. *Darwiniana*, 8(1): 11-231.

CALDWELL, M.M., J.H. RICHARDS, D.A. JOHNSON, R.S. NOWAK & R.S. DZUREC. 1981. Coping with herbivory: photosynthetic capacity and resource allocation in two semiarid agrophyron bunch grasses. *Oecología (Berlin)*, 50: 14-24.

CALDWELL, M.M. & J.H. RICHARDS. 1989. Hydraulic lift: water efflux from upper roots improves effectiveness of water uptake by deep roots. *Oecologia*, 79: 1-5.

CALDWELL, M.M., T.E. DAWSON y J.H. RICHARDS. 1998. Hydraulic lift: consequences of water efflux from the roots of plants. *Oecologia*, 113: 151-161.

CALLAWAY, R.M. y C.M. D' ANTONIO. 1991. Shrub facilitation of coast live oak establishment in Central California. *Madroño* 38: 158-169.

CAMARGO-RICALDE, S.L. 1997. Aspectos de la Biología del "Tepezcohuite", *Mimosa tenuiflora* (Leguminosae), en México. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, 113 pp.

CAMARGO-RICALDE, S.L., & R. GREThER. 1998. Germinación, dispersión y establecimiento de plántulas de *Mimosa tenuiflora* (Leguminosae) en México. *Revista de Biología Tropical*, 46(3): 1-12.

CAMARGO-RICALDE, S.L., R. GREThER, A. MARTÍNEZ-BERNAL, V. GARCÍA-GARCÍA y S. DEL-ROSAL BARRIOS. 2001. Especies útiles del género *Mimosa* (Fabaceae–Mimosoideae) en México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 68: 33-44.

CAMARGO-RICALDE, S.L., D. SCHIVCHARN y R. GREThER. 2002. Community structure of endemic *Mimosa* species and environmental heterogeneity in a semi-arid Mexican Valley. *Journal of Vegetation Science*, 13: 697-704.

CAMPOS, C.M. & R.A., OJEDA. 1997. Dispersal and germination of *Prosopis flexuosa* (Fabaceae) seeds by desert mammals in Argentina. *Journal of Arid Environments*, 35: 707-714.

CARLSON, D.H., T.L. THUROW, R.W. KNIGHT & R.K. HEITSCHMIDT. 1990. Effect of honey mesquite on the water balance of texas Rolling Plains rangeland. *Journal of Range Management*, 43(6): 491-496.

CASTILLO, O.A., M.A. GARDUÑO, J.L. TOVER y J.L. OROPEZA. 1988. El recurso hídrico en el manejo integral de una cuenca semiárida en el Estado de Hidalgo. *Agrociencia*, 73: 125-136.

CERVANTES, V., J. CARABIAS & C. VÁZQUEZ-YÁNEZ. 1995. Seed germination of woody legumes from deciduous tropical forest of southern México. *Forest Ecology and Management*, 82: 171-184.

CHAPMAN, H.D. 1965. Cation exchange capacity. Pp. 891-901. In: C.A. Black (ed.), Methods of análisis. Post 2. Agronomy 9. American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin.

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, Universidad Autónoma de México & Agrupación Sierra Madre, S. C. México, 847 pp.

CHAMBERS, J.C., J.A. MACMAHON, & J.H. HAEFNER. 1991. Seed entrapment in alpine ecosystems: effects of soil particle size and diaspore morphology. *Ecology*, 72: 1668-1677.

CHAMBERS, J.C. & J.A. MACMAHON. 1994. A day in the life of a seed: movements and fates of seeds and their implications for natural and management systems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 25: 263-292.

CHEHAIBAR, M. T. 1988. Estudio taxonómico de la serie Xantiae y especies afines del género *Mimosa* (Leguminosae). Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México., México, 107 p.

CHILDS, S. & D.W. GOODALL. 1973. Seed Reserves of Desert Soils. VS/IBP Desert Biome Research Memorandum, 73-5. Logan, Utah State University, 23 pp.

COFFIN, D.P. & W.K. LAUENROTH. 1989. Spatial and temporal variation in the seed bank of a semiarid grassland. *American Journal of Botany*, 76: 53-58.

COMPTON, R. A. 1912. Investigation of the seedlings structure in the Leguminosae. *J. Linn. Soc. London, Bot.* 41: 924-936.

CONY, M.A. & S.O. TRIONE. 1998. Inter-and intraspecific variability in *Prosopis flexuosa* and *P. chilensis* : seed germination under salt and moisture stress. *Journal of Arid Environments*, 40: 307-317.

COX, G.W. 1980. *Laboratory Manual of General Ecology*. 4 rd. edition. Wm. Brown Company Publishers. Dubuque Iowa. 237 pp.

CREAGER, R.A. 1992. Seed germination, physical and chemical control of catclan mimosa (*Mimosa pigra* var. *pigra*). *Weed technology*, 6: 889-891.

CRISP, M.D. 1978. Demography and survival under grazing of three Australian semi- alpine ecosystems: effects of soil particle size and diaspore morphology. *Ecology*, 72: 1668-1677.

CRUZ-RODRÍGUEZ, J.A., E. GARCÍA-MOYA., H.J.T. Frías; S. G., MONTESINOS y F.L., FLORES. 1997. Influencia de los mezquites en la composición y cobertura de la vegetación herbácea de un agostadero semiárido del norte de Guanajuato. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 61: 21-30.

DAVIDSON, D.W., D.A. SAMSON & R.S. INOUE. 1985. Granivory in the Chihuahuan Desert: interactions within and between trophic levels. *Ecology*, 66: 486-502.

De CANDOLLE, A.P. 1825. Leguminosae, Mimoseae. In: *Prodromus systematis naturalis regni vegetabilis*, 2: 424-473. *Mimosa*: 425-431.

De WOLF, J. 1998. species composition and structure of the woody vegetation of the Middle Casamance region (Senegal). *Forest Ecology and Management*, 111: 249-264.

DIRZO, R. 1984. Herbivory: a phytocentric overview. In: Dirzo, R. & Sarukan, J. (Eds.), *Perspectives on Plant Population Ecology*, Pp. 141-165. Massachusetts, Sinauer Associates, 478 pp.

DUKE, J.A. 1965. Keys for the identification of seedlings of some prominent woody species in eight forest types in Puerto Rico. *Ann. Missouri Bot. Gard.*, 52(3): 314-350.

DUKE, J.A. 1969. On tropical tree seedlings. Seed, seedlings systems and systematics. *Ann. Missouri Bot. Gard.*, 56(2): 125-165.

DUKE, J.A. y R.M. POLHILL. 1981. Seedlings of legumes. En: Polhill, R.M. y P.H. Raven. (Eds.). *Advances in legume systematics. Part. 2:* 941-949. The Royal Botanic Gardens, Kew.

ELIAS, T.S. 1974. The genera *Mimosoideae* (Leguminosae) in the southeastern states. *Journal of the Arnold Arboretum*, 67-118.

ELIAS, T.S. 1981. *Mimosoideae*. In: Polhill, R.M. y P.H. Raven (Eds.). *Advances in Legume Systematics, Part 1:* 143-151. Royal Botanic Gardens, Kew.

ESTELA, R. & V. THOMAS T. 1998. Facilitation by nurse shrubs of resprouting behavior in a post-fire shrubland in northern Patagonia, Argentina. *Journal of Vegetation Science*, 9: 693-698.

EVENARI, M., L. SHANAN & N. TADMOR. 1982. *The Neger—The challenge of a Desert.* Massachusetts: Harvard University Press. 335 pp.

FAO. 1980. *Genetics resources of tree-species in arid and semiarid areas* Rome. Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 118 pp.

FELKER, P. & P.R. Clark. 1981. Nodulation and nitrogen fixation (acetylene reduction) in desert ironwood. *Oecologia*, 48: 292-293.

FENNER, M. 1983. Relationships between seed weight, ash content and seedlings growth in twenty-four species of compositae. *New Phytol.*, 95: 697-706.

- FENNER, M.** 1985. Seed ecology. Chapman and Hall London. Great Britain. 151 pp.
- FITTER A.H. y R.K.M. HAY.** 1991. Environmental physiology of plants. Academic Press. Great Britain.
- FLORES, A.** 1982. Caracterización florística y estructural de la vegetación de la Cuenca del Río Estórax. Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias, UNAM. México, 211 p.
- FLORES–MARTÍNEZ, A., E. ESCURRA. & S. SANCHEZ–COLÓN.** 1994. Effect of *Neobuxbaumia tetetzo* on growth and fecundity of its nurse plant *Mimosa luisana*. Journal of Ecology, 82: 325-330.
- FOILES, M.W. & J. D. CURTIS.** 1973. Regeneration of ponderosa pine in the northern Rocky Mountain-Intermountain Region. Ogedon: Forest Service Intermountain Forest and Range Experimental Station's Research Paper International, 44 pp.
- FONT QUER.** 1989. Diccionario de Botánica. Ed. Labor, S.-A. Barcelona, España, 1244 pp.
- FONTEYN, P.J. & B.E. MAHALL.** 1981. An experimental analysis of structure in a desert plant community. Journal Ecology, 69: 883-896.
- FORCELLA, F.** 1984. A species-area curve for buried viable seeds. Aust. J. Agric. Res. 35: 645-652.
- FOWLER, N.L.** 1988. Grasslands, nurse trees, and coexistence. In: Amos, B.B. & F.R. Gehlbach, (eds.) Edward's plateau vegetation: Plant ecological studies in central Texas, Baylor University Press. Waco, Texas. pp. 91-133.

FRAILE-ORTEGA, M.E., A. MARTÍNEZ BERNAL, S.L. CAMARGO-RICALDE, J. MEDRANO-GARCÍA y R. GREYER. 1995. Morfología de plántulas, ciclo anual y sus implicaciones taxonómicas en cuatro especies del género *Mimosa* (Leguminosae). Soc. Bot. Mex. Resúmenes XIII Congreso Mexicano de Botánica, Morelos, Cuernavaca, 162-163.

FRANCO, A.C. & P.S. NOBEL. 1989. Effect of nurse plants on the micro-habitat and growth of cacti. *Journal of Ecology*, 77: 870-886.

FRANCO, L. J., G.A. CRUZ, R.A. ROCHA, S.N. NAVARRETE, M.G. FLORES, M.E. KATO, C.S. SÁNCHEZ, A.L.G. ABARCA y S.C. M. BEDIA. 1989. Manual de ecología. 2ª edición. Ed. Trillas, México, 266 pp.

FRANCO-PIZAÑA, J.G., T.E. FULBRIGHT & D.T. GARDINER. 1995. Spatial relations between shrubs and *Prosopis glandulosa* conopies. *Journal Vegetation Science*, 6: 73-78.

FRANCO-PIZAÑA, J.G., T.E. FULBRIGHT, D.T. GARDINER & A.R. TIPTON. 1996. Shrub emergence and seedling growth in microenvironments created by *Prosopis glandulosa*. *Journal of Vegetation Science*, 7: 257-264.

FUCHS, M. 1973. Climate and irrigation. In: Yaron, B., Danfors E. & Vaadia, Y. (Eds.), *Arid Zone irrigation*, pp. 143-152. New York: Springer- Verlag, USN, 458 pp.

GALINDO, S. & E. GARCÍA. 1991. Variación del mesquite (*Prosopis* spp., Leguminosae) en el Altiplano Potosino. *Agrociencia, Serie de Recursos Naturales Renovables*, (1). 57-72.

GARCÍA DE MIRANDA, ENRIQUETA. 1981. Apuntes de climatología. Universidad Autónoma Metropolitana. México, D. F., 153 pp.

GARCÍA, E. 1981. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Tercera edición. Indianápolis 30. México, p. 171-172.

GARCÍA, E.G., J.R. REYNAGA, J.G., VALDÉS, T. MEDINA y R. JASSO. 1989. Características físicas y químicas de suelos de islas de fertilidad y áreas adyacentes de mezquite (*Prosopis glandulosa* Torr.) en un matorral mediano espinoso en el norte de Coahuila. Agraria Revista Científica. UAAAN. Vol. 5 (1): 38-47.

GARCÍA, M. 1994. Rehabilitación de tierras de cultivo abandonadas para la producción de carne en el altiplano central. Folleto Técnico No. 1. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Jalisco. México, 16 pp.

GARCÍA-ESPINO G., V.J.R REYNAGA, T.J.G. MEDINA y I.R. JASSO.1989. Características físicas y químicas de islas de fertilidad y áreas adyacentes de mezquite (*Prosopis glandulosa* Torr.) en un matorral mediano espinoso en el norte de Coahuila. Agraria, 5: 38-49.

GARCÍA-MOYA, E. & M.C. McKELL. 1970. Contribution of shrubs in the economy of a desert-wash plant community. Ecology, 51: 81-88.

GARNER, W. & Y. STEINBERGER. 1989. A proposed mechanism for the formation of "Fertile Islands" in the desert ecosystem. Journal of Arid Environments, 16: 257-262.

GILBERT, G. Y J. LEONARD. 1954. Importance des plantules pour la détermination des gendres. 8° Congrès. Int. Bot. Paris, 26 p.

GIODA, A., R. ESPEJO, J. BLOT & O. NEUVY. 1994. Arbres fontaines, eau du brovillard et forêts de nuages. Sécheresse, 5: 237-243.

GLEESON, S.K. y D. TILMAN. 1994. Plant allocation, growth rate and sucesional status. Functional Ecology, 8: 543-550.

GOEN, J. P. & B. E. DAHL. 1982. Factors affecting budbreak in honey mesquite in West Texas. Journal of Range Management, 35: 533-534.

GOEN, J.P. 1975. Influence of environment on mesquite phenology. M.S. Thesis, Texas Technical University, Lubbock, Tx., 95 pp.

GONZÁLEZ GONZÁLEZ, MARTHA ELENA. 1994. Estudio Sobre la distribución, morfología y fenología de cinco especies del género *Mimosa* L. (*Leguminosae*). Tesis de licenciatura en Biología. Universidad Simón Bolívar. México. 110 p.

GOODALL, D.W., S. CHILDS & H.H. WIEBE. 1972. Methodological and Validation Study of Seed Reserves in Desert Soils. US/IBP Desert Biome Research Memorandum 72-8. State University, Logan: Uta. 9 p.

GRETHER, G.R. 1978. A general review of the genus *Mimosa* L. (*Leguminosae*) in México. Bulletin of the International group for the study of Mimosoideae, 6: 45-50.

GRETHER, R. 1982. Aspectos ecológicos de *Mimosa biuncifera* y *Mimosa monancistra* en el noreste del Estado de Guanajuato. Boletín de la Sociedad Botánica de México, 433: 43-58.

GRETHER, R. y S.L. CAMARGO-RICALDE. 1993. *Mimosa bahamensis* (*Leguminosae*) en la península de Yucatán, México. Boletín de la Sociedad Botánica de México, 53: 55-72.

GRETHER, G.R., S.L. CAMARGO-RICALDE y A. MARTÍNEZ-BERNAL. 1996. Especies del género *Mimosa* (*Leguminosae*) presentes en México. Boletín de la Sociedad Botánica de México, 58: 149-152.

GRETHER, G.R. 1997. Revisión taxonómica del género *Mimosa* (*Leguminosae*) en Mesoamérica. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de México. México, 367 pp.

GRETHER, R., A. MARTÍNEZ-BERNAL y S.L. CAMARGO-RICALDE. *Mimosa*. In: Fascículo Mimosoideae, *Leguminosae*. Flora del Bajío y Regiones Adyacentes (en prensa).

GRICE, A.C. 1987. Aspects of the dynamics of the seed-banks and seedling populations of *Acacia victoriae* and *Cassia* spp. in arid western New South Wales, Australian. Journal of Ecology, 12: 209-215.

GRIME, J.P. & D.W. JEFFREY. 1965. Seedlings establishment in vertical gradients of sun light. J. Ecol., 53: 621-642.

GROVE, J.H., C.S. FOWLER and M.E. SUMMER. 1982. Determination of the charge character of selected acid soils. Soil Science Society of American Journal, 46: 32-38.

GUARDIA, R., F. GALLART & J.M. NINOT. 2000. Soil seed bank and seedling dynamics in badlands of the upper Llobregat basin (Pyrenees). Catena, 40: 189-202.

GUINET, Ph. 1981. Mimosoideae: the characters of their pollen grains. In: Polhill, R.M. y P.H. Raven (Eds.). Advances in Legume Systematics, Part 2: 835-855. Royal Botanic Gardens, Kew.

GUO, Q., D.B. THOMSON, T.J. VALONE & J.H. BROWN. 1995. The effects of vertebrate granivores and folivores on plant community structure in the Chihuahuan Desert. Oikos, 72: 251-259.

HABIT, M.A., D.T. CONTRERAS & R.H. GONZÁLEZ. 1981. *Prosopis tamarugo*: arbusto forrajero para zonas áridas. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO, 143 pp.

HANSON, J.D. 1982. Effects of light, temperature and water stress on netphotosynthesis in two populations of honey mesquite. Journal of Range Management, 35(4): 455-458.

HARRIS, JAMES G. 1997. Plant identification terminology. Fifth printing. Spring Lake Publishing. Spring Lake, Utah, 197 pp.

HOBBS, S.D. 1982. Stocktype selection and planting techniques for Douglas-fir on skeletal soils in South-Wet Oregon. In: Hobbs, S.D. & Helgerson, O.T. (Eds.). Proceedings, reforestation of Skeletal soils workshop, pp. 92-96. Corvallis: Oregon State University.

HUNT, R. 1989. Basic Growth analysis. Plant growth analysis for beginners. Chapman and Hall, Great Britain.

INFANTE, G. S. y G.P. ZÁRATE DE LARA 1990. Métodos Estadísticos un enfoque interdisciplinario. Segunda edición. Editorial Trillas, México, D.F. 643 pp.

INOUYE, R.S., G.S. BYERS & J.H. BROWN. 1980. Effects of predation and competition on survivorship, fecundity, and community structure of desert annuals. *Ecology*, 61: 1344-1351.

JACKSON, M.L. 1964. Análisis químico de suelos. Traducción al español por J. Beltrán M. Omega, Barcelona, España.

JAIYEoba, I.A. 1996. Amelioration of soil fertility by woody perennials in cropping fields: evaluation of three tree species in the semi-arid of Nigeria. *Journal of Arid Environments*, 33: 473-482.

JARAMILLO, V.V. 1994. Revegetación y reforestación de las áreas ganaderas en las zonas áridas y semiáridas de México. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Subsecretaría de Ganadería. Comisión Técnica Consultiva de Coeficientes de Agostadero. México. 48 pp.

JIMÉNEZ, H.E. & J.J. ARMESTO. 1992. Importance of the soil seed bank of disturbed sites in Chilean Matorral in early secondary succession. *Journal of Vegetation Science*, 5: 579-586.

JOHNSON, H.B. & H.S. MAYEUX. 1990. *Prosopis glandulosa* and the nitrogen balance of rangelands: extent and occurrence of nodulation. *Oecologia* (Berl.) 84: 176-185.

JORDAN, P.W. & NOBEL P.S. 1979. Infrequent establishment of seedling of *Agave deserti* (Agavaceae) in the Northwestern Sonoran desert. *Am. J. Bot.* 66: 1079-1084.

KEELEY, J. E. 1987. Fruit production patterns in the chaparral shrub *Ceanothus crassifolius*. *Madroño*, 34(4):273-282.

KEMP, P. R. 1983. Phenological patterns of Chihuahuan Desert plants in relation to the timing of water availability. *Journal of Ecology*, 71: 427-436.

KEMP, P.R. 1989. Seed banks and vegetation process in desert. In: Leck, M.A., V.T. Parker & R.L. Simpson. (Eds.). *Ecology of Soil Seed Banks*. San Diego, Academic Press. pp. 257-282.

KINGSOLVER, J.M. 1980. The quadridentatus group of *Acanthoscelides*: Descriptions of three new species, notes, synonymies and a new name (Coleoptera, Bruchidae). *Brenesia*, 17: 281-294.

KINUKAN, R.J. & F.E. SMEINS. 1992. Soil seed bank of a semiarid Texas grass land under three long-term (36 years) grazing regimes. *American Midland Naturalist*, 128: 11-21.

KREBS C.J. 1978 *Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance*. New York: Horper Row Publishers, 753 pp.

KREBS C.J. 1985. *Ecología. Estudio de la distribución y la abundancia*, 2nd. Harla. Madrid, España, 753 pp.

KUMAR, L., M. RIETKERK, F. van LANGEVELDE, J. van DE KOPPEL, J. van ANDEL, J. HEARNE, N. RIDDER, L. STROOSNIJDER, A. K. SKIDMORE & H. H.T. PRINS. 2002. Relationship between vegetation growth rates at the onset of the wet season and soil type in the Sahel of Burkina Faso: implications for resource utilization at larges scales. *Ecologicas Modelling*, 149: 143-152.

LARCHER, W. 1983. *Physiological plant ecology*. Second Edition. Springer- Verlag. Germany. 303 pp. *Ecofisiología vegetal*. Ed. Omega. España.

LONSDALE, W.M. 1993. Losses from the seed bank of *Mimosa pigra*: Soil microorganisms vs. temperature fluctuations. *Journal of Applied Ecology*, 30(4): 654-660.

LÓPEZ-PORTILLO. J. C. MONTANA y E. EZCURRA. 1996. Stem demography of *Prosopis glandulosa var. torreyana* in vegetation arc and associated bare areas. *Journal of Vegetation Science*, 7: 901-910.

LOT, A. y F. CHIANG (comp.). 1986. *Manual de herbario. Administración y manejo de colecciones, técnicas de recolección y preparación de ejemplares botánicos*. Consejo Nacional de Flora de México, A. C., 142 p.

MAHMOUD, H. 1977. Germination of three desert *Acacia* in relation to their survival in a environments. *Proceedings of Saudi Biological Society*, 1: 74-94.

MAJOR, J. 1977. California climate in relation to vegetation. In: Barbour, M.G. & Major, J. (Eds.) *Terrestrial Vegetation of California*, pp. 11-74. New york: john Wiley, 1002 pp.

MANGA, V.K. & D.N. SEN. 1995. Influence of seed traits on germination in *Prosopis cineraria* (L.) MacBride. *Journal of Arid Environments*, 31: 371-375.

MARAÑÓN, A.T. 1985. Reserva de semillas del suelo de una dehesa en Sierra Morena: relación con la vegetación. *Anales de Edafología y Agrobiología*, 44 (11-12): 1805-1816.

MAYA, G. y L. ARRIAGA. 1996. Litterfall and phenological patterns of the dominant overstorey species of a desert scrub community in north-western Mexico. *Journal of Arid Environments*, 34: 23-35.

MCAULIFFE, J.R. 1988. Markovian dynamics of simple and complex desert plant communities. *Am. Nat.* 131: 459-490.

MEDINA, E. 1977. Introducción a la ecofisiología vegetal. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Washington, D.C., 102 pp.

MELHOP, P. 1981. Forager size and polymorphism in ants of the genus *Veromessor* and their relation to foraging ecology. Ph. D. Dissertation, University of New Mexico, Albuquerque, New Mexico.

MOLINA, M. C. 1990. Caracterización de banco de semillas de un pastizal con diferente grado de deterioro. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México, 87 pp.

MOLINA, M.C., E.GARCÍA M. J.R. AGUIRRE R. y F.V. GONZÁLEZ C. 1991. La reserva de semillas de un pastizal de *Bouteloua gracilis*. *Agrociencia serie Recursos Naturales Renovables*, 1(3): 93-103.

MOORE, R.P. 1962. Tetrazolium as a universally accepted quality test for viable seed. *Proceedings of the International Seed Testing Association*, 27: 795-805.

MORENO, N.P. 1984. Glosario Botánico ilustrado. INIREB y CECOSA. México, 300 pp.

MURALI K. S. y R. SUKUMAR. 1994. Reproductive phenology of a tropical dry forest in Mudumalai, Southern India. *Journal of ecology*, 82, 759-767.

MUTHANA, K.D. 1986. *Prosopis juliflora* (Schwartz) DC, a fast growing tree to blossom the desert. In: M.A. Habit and J.C. Saavedra. The Current State of Knowledge on *Prosopis juliflora*. II International Conference on *Prosopis*. Recife, Brazil, 25-29 August, 1986. Ministry of Agriculture, Brazil. Pernambuco Agriculture Secretariat International *Prosopis* Association. FAO, 133-143 pp.

NAS. 1975. Under exploited tropical plant with promising economic value Washington, D.C. National Academy of Science, 189 pp.

NAVA, R.V.T. 1974. Estudios sobre ecofisiología de la germinación en tres especies de leguminosas ruderales. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de México. México, 23 pp.

NE'EMAN, G. 1993. Variation in leaf phenology and habit in *Quercus ithaburensis*, a Mediterranean deciduous tree. *Journal of Ecology*, 81, 627-634.

NELSON, J.F. & R.M. CHEW. 1977. Factors affecting seed reserves in the Mojave Desert ecosystem, Rock Valley, Nye County, Nevada. *American Midland Naturalist*, 97: 300-320.

NILSEN, E. T., H. R. SHARIFI, R.A. VIRGINIA & P. W. RANDEL. 1987. Phenology of warm desert phreatophytes seasonal growth and herbivory in *Prosopis glandulosa* var. *torreyana* (honey mesquite). *Journal of Arid Environments*, 13: 217-229.

NILSEN, E. T., P. W. RUNDEL & M. R. SHARIFI. 1983. Diurnal and seasonal water relations of *Prosopis glandulosa*, a desert phreatophyte in southern California. *Ecology*, 64: 1381- 1393.

NILSEN, E. T., M. R. SHARIFI & P.W. RUNDEL. 1991. Quantitative phenology of worm desert legumes: seasonal growth of six *Prosopis* species at the same site. *Journal of Arid Environment*, 20: 299-311.

NOBEL, P.S. 1989. Temperature, water availability, and nutrient levels at various soil depths-consequences for shallow-rooted desert succulents, including nurse plant effects. *American Journal of Botany*, 76: 1486-1492.

NOBEL, P.S. 1991. *Physicochemical and environmental plant physiology*. Academic Press. San Diego, CA., 633 pp.

NOLASCO, H., F. VEGA-VILLASANTE & A. DIAZ-RONDERO. 1977. Seed germination of *Stenocereus thurberi* (Cactaceae) under different solar irradiation levels. *Journal of Arid Environments*, 36: 123-132.

ODUM, E.P. 1996. *Ecology. A bridge between Science and Society*. Sinauer Associates, Inc. Publishers . Sunderland, Massachusetts. Printed in Canada. 331 pp.

ORTIZ, T. A. 2001. Estructura arbórea y en sitios perturbados y caracterizados por la presencia de *Mimosa arenosa* (Willd.) Poir var. *liocarpa* (D.C.) en el Bosque Tropical Seco de la Costa de Jalisco, México. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de México. México, 44 pp.

OSORIO, B.O., A. VALIENTE-BANUET, P. DÁVILA y R. MEDINA. 1996. Tipos de vegetación y diversidad β en el Valle de Zapotitlán de las Salinas, Puebla, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 59: 35-58.

OWENS, M.K., R.B. WALLACE & S. ARCHER. 1995. Seed dormancy and persistence of *Acacia berlandieri* and *Leucaena pulverulenta* in a semi-arid environment. *Journal of Arid Environments*, 29: 15-23.

PALIWAL, K. y D. KANNAN. 1999. Growth and nutritional characteristics of four woody species under nursery conditions and growth after transplantation in semi-arid field conditions at Madurai, India. *Journal of Arid Environments*, 43: 133-141.

PARKER, V.T., R.L. SIMPSON & M.A. LECK. 1989. Pattern and process in the dynamics of seed banks. In: Leck, M.A., V.T. Parker & R.L. Simpson. (eds.). *Ecology of Soil Seed Banks*, pp. 367-384. San Diego: Academic Press. 462 pp.

PARRA, P. G. 1984. Estudio de la morfología externa de plántulas de *Calliandra gracilis*, *Mimosa albida*, *M. arenosa*, *M. camporum* y *M. tenuiflora*. *Rev. Fac. Agron. (Macaray)*, XII (1-4): 311 – 350.

PAVÓN, N.P. & O. BRIONES. 2001. Phenological patterns of nine perennial plants in an intertropical semi-arid Mexican scrub. *Journal of Arid environments*, 49: 265-277.

PEREA, P.J.M. 1995. Evaluación de tratamientos pregerminativos, sustratos 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, 60 pp.

PIANKA, E.R. 2000. *Evolutionary Ecology*. Addison Wesley Longman, Inc. Sixth Edition. San Francisco, 512 pp.

POLHILL, R.M., P.H. RAVEN y C.H. STIRTON. 1981. Evolution and Systematics of the Leguminosae. In: Polhill, R.M. y P.H. Raven (Eds.). *Advances in Legume Systematics.*, Part 1: 1-26. Royal Botanic Gardens, Kew.

PONS, T.L. 1991. Induction of dark dormancy in seeds: its importance for the seed bank in the soil. *Functional Ecology*, 5: 669-675.

POOLE, R.W. 1974. An introduction to quantitative ecology. McGraw-Hill. New York. 532 p.

PRICE, M. V. & O.J. REICHMAN. 1987. Distribution of seeds in Sonoran Desert soils: implications for heteromyid rodents foraging. *Ecology*, 68: 1797-1811.

PRONARE (Programa Nacional de Reforestación). 1999. Periodos de recolección de semillas, almacenamiento y tratamientos pregerminativos de las principales especies que se utilizan en el PRONARE. Red Mexicana de Germoplasma Forestal. SEMARNAP. México, 100 pp.

QUINFENG, G., P.W. RUNDEL & D.W. GOODALL. 1998. Horizontal and vertical distribution of desert seed banks: patterns, causes, and implications. *Journal of Arid Environments*, 38: 465-478.

RAY, M. P. 1988. La planta viviente. Ed. CECSA. México. 272 pp.

REICHMAN, J. 1975. Relation of desert rodent diets to available resources. *J. Mammal*, 56: 731-749.

REICHMAN, J. 1984. Spatial and temporal variation of seed distributions in Sonora desert soils. *Journal of Biogeography*, 11: 1-11.

REICHMAN, O. J. 1979. Desert granivore foraging and its impact on seed densities and distribution. *Ecology*, 54: 111-117.

REYES-OLIVAS, A., E. GARCÍA-MOYA & L. LÓPREZ, MATA. 2002. Cacti shrub interactions in the coastal desert of northern Sinaloa, *Journal of Arid Environments*, 52: 431-445.

RICHARDS, J.H. & M.M. CALDWELL. 1987. Hydraulic lift: substantial nocturnal water transport between soil layers by *Artemisia tridentata* roots. *Oecologia*, 73: 486-489.

ROBERTS, H.A. y J.E. NELSON. 1981. Changes in the soil seed bank of four long term crop/herbicide experiments. *J. Appl. Ecol.*, 18: 661-668.

ROBINSON, B.L. 1898. Revision of the North American and Mexican species of *Mimosa*. *Proc. Amer. Acad. Arts. Sci.*, 33: 305-331.

RZEDOWSKI, J. 1978. *Vegetación de México*. Limusa. México, D.F., 433 pp.

RZEDOWSKI, J. y G.C. de RZEDOWSKI. 1981. *Flora fanerogámica del Valle de México*. Vol. I Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Instituto Politécnico Nacional e Instituto de Ecología. México, 403 pp.

RZEDOWSKI, J. y G.C. de RZEDOWSKI. 1985. *Flora fanerogámica del Valle de México*. Vol. II. Ed. Continental, México, 403 pp.

RZEDOWSKI, J. y G.C. de RZEDOWSKI. 1990. *Flora fanerogámica del Valle de México*. Vol. III. Instituto de Ecología, Centro Regional del Bajío, Pátzcuaro, Michoacán, 494 pp.

RZEDOWSKI, J. 1991. El endemismo en la flora fanerogámica mexicana: una apreciación analítica preliminar. *Acta Botánica Mexicana*, 15: 47-64.

SALISBURY, B.F. & C.W. ROSS. 1992. *Plant Physiology*. Belmont, California: Wadworth Publishing Company, 682 pp.

SHARIFI, M. R., E.T. NIELSEN, R. VIRGINIA, P.W. RUNDEL & M.N. JARRELL. 1983. Phenological patterns of current season shoot of *Prosopis glandulosa* var. *torreyana* in the Sonoran Desert of Southern California, *Flora*, 173: 265-277.

SHREVE, F. 1951. Vegetation of the Sonoran Desert. Carnegie Institute Washington Publications. 591: 1-192.

SMITH, D.L. 1981. Cotyledons of the Leguminosae. En: Polhill, R.M. y P.H. Raven (Eds.). Advances in legumes systematics. Part 2: 927-939. The Royal Botanic Gardens, Kew. Reino Unido.

SMITH, T.M. & P.S. GOODMAN. 1986. The effect of competition on the structure and dynamics of *Acacia* savannas in southern Africa. Journal of Ecology, 74: 1031-1044.

SMITH, T.M. & P.S. GOODMAN. 1987. Successional dynamics in an *Acacia nilotica-Euclea divinorum* savannah in Southern Africa. Journal of Ecology, 75:603-610.

SOSA, V. y P. DÁVILA. 1994. Una evaluación del conocimiento florístico de México. Ann. Missouri Bot. Gard., 81: 749-757.

SOUSA S.M. & S.A. DELGADO. 1998. Leguminosas mexicanas: fitogeografía, endemismo y orígenes. In: T.P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot, & J. Fa.(Eds). Diversidad biológica de México: orígenes y distribución. pp 449-500. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. México, 792 pp.

SOUTH, D.B. 1992. Rationale for growing southern pine seedlings of low seedbed densities. New Forest., 6: 21-50.

SUZÁN, H., P. G., NABHAM & D.T. PATTEN. 1996. The importance of *Olneya tesota* as a nurse plant in the Sonoran Desert. Journal of Vegetation Science, 7: 635-644.

TEKETAY, D. 1998. Germination of *Acacia origena*, *A. pilispina* and *Pterolobium stellatum* in response to different presowing seed treatments, temperature and light. Journal of Arid Environments, 38: 551-560.

TERRADAS, J. 2001. Ecología de la vegetación. De la ecofisiología de las plantas a la dinámica de las comunidades y paisajes. Omega. Barcelona, España, 703 pp.

THOMPSON, K. 1987. Seeds and seed banks. *New Phytologist*, 106: 23-48.

TIEDEMAN, A.R. & J.O. KLEMMEDSON. 1973. Effect of mesquite on physical and chemical properties of the soil. *J. Range Manage*, 26: 27-29.

TIEDEMAN, A.R. & J.O. KLEMMEDSON. 1977. Effects of mesquite trees on vegetation and soil in the desert grass-land. *Journal of Range Management*, 30: 361-367.

TURNER, R.M. 1963. Growth in four species of Sonoran desert trees. *Ecology*, 44: 760-765 .

TURNER, R.M., S.M. ALCORN, G. OLIN, & J.A. BOOTH. 1966. The influence of shade, soil, and water on saguaro seedling establishment. *Bot. Gaz.* 127: 95-102.

VALIENTE-BANUET, A. & E. EZCURRA. 1991. Shade as cause of the association between the cactus *Neobuxbaumia tetetzo* and the nurse plant *Mimosa luisana* in the Tehuacán Valley, México. *J. Ecol.*, 79: 961-971.

VALIENTE-BANUET, A., F. VITE & J.A. ZAVALA-HURTADO. 1991. Interaction between the cactus *Neobuxbaumia tetetzo* and nurse shrub *Mimosa luisana*. *Journal of Vegetation Science*, 2: 11-14.

van STADEN, J., J.C. MANNING & K.M. KELLY. 1989. Legumes seeds the structure: function equation. In: C.H. Stirton, & J.L. Zarucchi, (Eds.). *Advances in Legume Biology. Monographs on Systematic Botany*, Missouri Botanical Garden, 29:417-450.

VELASCO, M. H. 2000. Sobrevivencia en los semidesiertos mexicanos. ITEMS, Campus Monterrey. AGT. Editor, S.A. México, 495 pp.

VILELA, A.E. & D.A. RAVETTA. 2000. The effect of radiation on seedling growth and physiology in four species of *Prosopis* L. (Mimosaceae). *Journal of Arid Environments*, 44: 415-423.

VILLAGRA, P.E. 1997. Germination of *Prosopis argentina* and *Prosopis alpataco* seeds under saline conditions. *Journal of Arid Environments*, 37: 261-267.

VIRGINA, R.A. & W.N. JARRELL. 1983. Soil properties in a mesquite-dominated Sonoran Desert ecosystem. *Soil Science of American Journal*, 47: 138-144.

WALLACE, A. & E.M. ROMNEY. 1980. The role of pionners in revegetation of disturbed desert areas. *Great Britain Naturalist*, 4: 31-33.

WASER, N. H. 1979. Pollinator availability as a determinant of flowering time in ocotillo (*Fouquieria splendens*). *Oecologia*, 39: 107-121.

WELTZIN, J.F. and M.B. COUGHENOUR. 1990. Savanna tree influence on understory vegetation and soil nutrients in northwestern Kenya. *Journal of Vegetation Science*, 1: 325-334.

WENTWORTH, T.R. 1981. Vegetation on limestone and granite in the Mule Mountains, Arizona. *Ecology*, 62: 469-482.

WEST, N.E. 1990. Spatial pattern-functional interactions in shrub-dominated plant communities. In: *Biology and utilization of shrubs*, pp. 283-305. Academic Press, New York, NY.

WEZEL, A., J.L. RAJOT y C: HERBIG. 2000. Influence of shrubs on soil characteristics and their function in Sahelian agro-ecosystems in semi-arid Niger. *Journal of Arid Environments*, 44: 383-398.

WHITFORD, W.G. 1986. Pattern and process in Desert Ecosystems. Albuquerque: University of New México Press., 139 pp.

WIEGAND, K., F. JELTSCH & D. WARD. 1999. Analysis of the population dynamics of *Acacia* trees in the Negev desert, Israel with a spatially-explicit computer simulation model. *Ecological Modelling*, 117: 203-224.

WILLDENOW, C.L. 1806. *Mimosa. Polygamia monoecia.* In: Sp. Pl., 4: 1028-1093. G. C. Nauk, Berlin.

WILLIAMS, W.A., O.D. COOK & B.L. KAY. 1974. Germination of native desert shrubs. *Calif. Agric.* 28:13.

WILSON, T.B. & E.T.F. WITKOWSKI. 1998. Water requirements for germination and early seedling establishment in four African savanna woody plant species. *Journal of Arid Environments*, 38: 541-550.

YEATON, R.I. & M.L. CODY. 1976. Competition and spacing in plant communities: The northern Mohave desert. *J. Ecol.*, 64: 689-696.

YEATON, R.I. & A.R. MANZANARES. 1986. Organization of vegetation mosaics in the *Acacia schaffneri-Opuntia streptacantha* association, Southern Chihuahuan Desert, México. *J. Ecol.* 74: 211-217.

YOUNG, J.A. & V.A. EVANS. 1975. Germinability of seed reserves in a big sagebrush community. *Weed. Sci.*, 23: 358-364.

ZAMUDIO, R.S. 1984. La vegetación de la Cuenca del Río Estórax, en el Estado de Querétaro y sus relaciones fitogeográficas. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México, 288 pp.

ZAMUDIO, S.R., E. CARRANZA, G. RZEDOWSKI y G. CALDERÓN de RZEDOWSKI. 1992. La vegetación del Estado de Querétaro. Panorama preliminar. Instituto de Ecología. Centro Regional del Bajío. Gobierno del Estado. México, 92 pp.

ANEXO

ARTÍCULO PUBLICADO



Germination of four species of the genus *Mimosa* (leguminosae) in a semi-arid zone of Central Mexico

María Socorro Orozco-Almanza^{a,*}, Leticia Ponce de
León-García^b, Rosaura Grether^b, Edmundo García-Moya^c

^aFacultad de Estudios Superiores Zaragoza (FES ZARAGOZA), Universidad Nacional Autónoma de México, Unidad de Investigación en Ecología Vegetal, Apartado Postal 9-020, C.P. 15 000, Mexico DF, Mexico

^bUniversidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, División de Ciencias Biológicas y de la Salud, Departamento de Biología, Apartado Postal 55-535, C.P. 09340 Mexico DF, Mexico

^cColegio de Postgraduados, Instituto de Recursos Naturales, Especialidad de Botánica, C.P. 56230, Montecillo, Texcoco, Estado de Mexico, Mexico

Received 8 October 2001; received in revised form 8 July 2002; accepted 26 August 2002

Abstract

Mimosa depauperata, *M. lacerata*, *M. similis*, and *M. texana* var. *texana* are dominant leguminous shrubs in the semi-arid region of Queretaro, in central Mexico. These species grow and reproduce under conditions of disturbance; they are occasionally browsed by goats and used for firewood. The effect of temperature on germination, the longevity of the seeds in the field, and the germination potential of seeds parasitized by insects of the family Bruchidae were tested. It was found that the seeds require scarification to germination. The optimum temperature for seed germination of *M. similis*, *M. lacerata*, and *M. depauperata* was between 20°C and 35°C and for *M. texana* var. *texana* between 30°C and 35°C. The species germinated just as well beneath the canopy as in open areas in the field. The seeds of each species are parasitized by bruchids of the genus *Acanthocelides* spp., and seed infestation necessarily had a detrimental effect. The seeds in the seed bank lose their longevity at a rate of 20–73% per year. As with other legumes, *Mimosa* seeds have a tough seed coat, which influences germination, longevity, and susceptibility to predation by bruchids. The results from this study contribute to an understanding of the phases of

*Corresponding author.

E-mail address: socoor@correo.unam.mx (M.S. Orozco-Almanza).

germination and the longevity of the seeds of *Mimosa* in the seed bank in arid and semi-arid communities.

© 2003 Elsevier Science Ltd. All rights reserved.

Keywords: *Mimosa depauperata*; *Mimosa lacerata*; *Mimosa similis*; *Mimosa texana* var. *texana*; Seed; Dormancy; Germination; Longevity; Temperature

1. Introduction

The arid and semi-arid zones of Mexico occupy between 50% and 60% of the total surface area of the country (1.97 million km²; Challenger, 1998); these zones are found from northern to central Mexico (Rzedowski, 1978; Castillo et al., 1988; García, 1994) and are home to ecosystems of high diversity (about 6000 plant species) and an important number of endemisms: 65% of the genera and 60% of the species present are endemic to the region (Rzedowski, 1991).

In these arid and semi-arid zones, water is the limiting factor for the development of the vegetation (Wiegand et al., 1999); plants have to take maximum advantage of the scarce and irregular rainfall, which varies between 50 and 600 mm annually, distributed over a rainy period of 5 months (May–September). Daily temperatures oscillate between 12°C and 26°C. The most common vegetation in these regions is arid scrub, in which precipitation varies from year to year and droughts can last up to 5 years (Rzedowski, 1978). Under these conditions, plant species have become adapted to tolerate, evade and escape drought (Whitford, 1986; Salisbury and Ross, 1992) and have developed germination, establishment, growth, and reproduction strategies that allow for the perpetuation of the species in these conditions. Species of the family Leguminosae constitute an example of plants that have successfully colonized these dry zones. A total of 135 genera and 1724 species of Leguminosae are reported in Mexico (Sousa and Delgado, 1998). From the ecological point of view, one of the least well-studied genera is *Mimosa*, with about 480 species worldwide (Barneby, 1991) and 102 species in Mexico (Grether et al., 1996). Of these, 59% are endemic to the country (Grether et al., 1996; Sousa and Delgado, 1998), and together they represent about 20% of the genus (Grether, 1978). Most of the species of *Mimosa* occur in tropical and arid or semi-arid regions of Mexico where they grow in disturbed sites (Grether, 1997). In dry environments, adult individuals offer a nurse plant effect; that means that conditions under the canopy of an adult favor the establishment of other herbaceous and shrubby species important for the dynamic and functioning of the ecosystem (Valiente-Banuet et al., 1991; Valiente-Banuet and Escurra, 1991; Flores-Martínez et al., 1994). In the semi-arid zone of the central state of Queretaro, known as the “Estorax River Basin”, *Mimosa similis* Britton and Rose, *M. texana* (A. Gray) Small, var. *texana*, *M. depauperata* Benth. and *M. lacerata* Rose, are the most abundant species. They grow and reproduce under conditions of disturbance; they are occasionally browsed by goats and their wood is collected for firewood. The life history, mechanisms of germination, and phenology of these species are, however, not known. The only available information about these

Table 1

Growth form, habitat conditions, geographical distribution and uses of *M. depauperata*, *M. lacerata*, *M. similis* and *M. texana* var. *texana* (Camargo-Ricalde et al., 2001)

Species	Habit and habitat	Distribution	Uses
<i>M. depauperata</i> Benth.	Shrub of 0.3–1.5 m, found in arid scrub between 1620 and 2180 m a.s.l.	Mexico (Queretaro and Hidalgo). Endemic to central Mexico.	Browse for goats and firewood.
<i>M. lacerata</i> Rose	Shrub of 0.6–2.5 m, found in arid scrub between 1050 and 2250 m a.s.l, as well as coniferous forests and tropical deciduous forests.	Mexico (Queretaro, Hidalgo, Mexico, Morelos, Tlaxcala, Puebla, Jalisco, Guerrero and Oaxaca). Endemic to Mexico.	Firewood.
<i>M. similis</i> Britton & Rose	Shrub of 0.5–2.5 m, a dominant species in arid scrub between 1400 and 2450 m a.s.l.	Mexico (Queretaro, restricted to the municipalities of Cadereyta and Peña Miller; also found in San Luis Potosi). Endemic to Mexico.	Browse for goats and sheep.
<i>M. texana</i> (A. Gray) Small, var. <i>texana</i>	Shrub of 0.3–1 m, found in arid scrub between 1650 and 2460 m a.s.l.	Texas to Coahuila, Durango, Nuevo Leon, San Luis Potosi, Tamaulipas, and Queretaro.	Browse for goats

species is their botany, brief descriptions of their habitat conditions and the range of their geographical distribution (Table 1).

Despite their great importance in providing many uses and services, they have attracted little attention, like many other indigenous leguminous woody species in the arid and semi-arid zones of Mexico (Camargo-Ricalde et al., 2001). One of the problems related to neglecting of these and other leguminous woody species is the difficulty of raising seedling from seeds.

The germination of several semi-arid genera of the subfamily Mimosoideae has been studied, including *Acacia*, *Prosopis*, *Leucaena* and *Lysiloma* (Mahmoud, 1977; Habit et al., 1981; Abulfatih, 1995; Manga and Sen, 1995; Owens et al., 1995; Cervantes et al., 1995; Franco-Pizaña et al., 1996; Campos and Ojeda, 1997; Villagra, 1997; Cony and Trione, 1998; Wilson and Witkowski, 1998; Teketay, 1998; Argaw et al., 1999; Wiegand et al., 1999).

In Mexico, however, the only species of *Mimosa* that have been studied in this regard are *M. pudica* (Nava, 1974), *M. biuncifera* (Perea, 1995), and *M. tenuiflora* (Camargo-Ricalde, 1997; Camargo-Ricalde and Grether, 1998). Therefore, the present study was carried out to answer the following questions: What is the effect of temperature on germination? What are the conditions under which these four species studied germinate in the field? What is the longevity on the seed bank? What is the germination potential of parasitized seeds?

2. Materials and methods

2.1. Seed collection

Mature fruits with seeds were collected from four species of the genus *Mimosa* in the State of Queretaro. Three of these species (*M. depauperata*, *M. lacerata* and

M. similis) are endemic to Mexico. Five hundred mature pods, from 15 randomly selected individuals of the species studied, were collected in the season of maximum productivity (October–December of 1998 and 1999). In both years, however, seed production was scarce.

M. similis was collected 6 km north-east of Higuierillas, on a plain at 1845 m, and *M. texana* var. *texana* was collected 6 km north of San Javier Sombrerete at an altitude of 2460 m, in an area of rolling hills; both localities are within the Municipio de Cadereyta (20°56'N, 99°45'W). *M. depauperata* and *M. lacerata* were collected 5 km north-east of San Pablo Toliman, in the Municipio de Toliman (20°51.6'N, 99°51.3'W) at an altitude of 2140 m, on a south-west-facing mountainside (Fig. 1). Average annual precipitation and temperature (over 10 years) are 447 mm and 15°C in Cadereyta and 337 mm and 19°C in Toliman, both within the State of Queretaro.

2.2. Seed treatments prior to planting and physical characterization

Immediately after collection, the seeds were extracted from the fruits, selecting the healthy non-parasitized, non-aborted seeds. Healthy seeds were washed with commercial detergent (3 g/100 ml water) before any experimental use (Camargo-Ricalde and Grether, 1998).

For physical characterization of the seeds of each species, four replicates of 20 randomly selected seeds were chosen for each variable measured (Table 2). Each replicate of seeds was evaluated. Size was measured with vernier calipers; weight of the whole seed, seed coat, and embryo were determined individually using an analytical balance (± 0.001 mg), seed water content was measured in an oven at low and constant temperature and seed viability was tested before each germination trial using the standard tetrazolium test (Moore, 1962).

2.3. Germination under laboratory conditions

2.3.1. Thermal treatments

As with other legumes, the species of the genus *Mimosa* show a physical dormancy imposed by hard seed coats (van Staden et al., 1989), which can be eliminated through scarification. To achieve this, one group of seeds was mechanically scarified using a scalpel, making an approximately 2 mm long incision in the seed coat on the side opposite to the embryo; another group was not scarified and used as a control.

For each thermal treatment, 80 seeds of each species were divided into four replicates of 20 seeds each. Each replicate of seeds was planted in 9 cm Petri dishes on 40 ml 1% bacteriological agar and incubated in a germination chamber (Labline Biotronette) at four constant temperatures: 10°C, 20°C, 30°C and 35°C under conditions of continuous darkness. A control of 80 unscarified seeds of each species, was used in four replicates of 20 seeds. The assays followed a completely random statistical design with four replications of 20 seeds per treatment. Percentage germination was evaluated daily under a green light, and germination was defined as radical emergence to 1 mm (Bewley and Black, 1994). Germinated seeds were separated after counting. Trials continued for 40 days. Speed of germination was

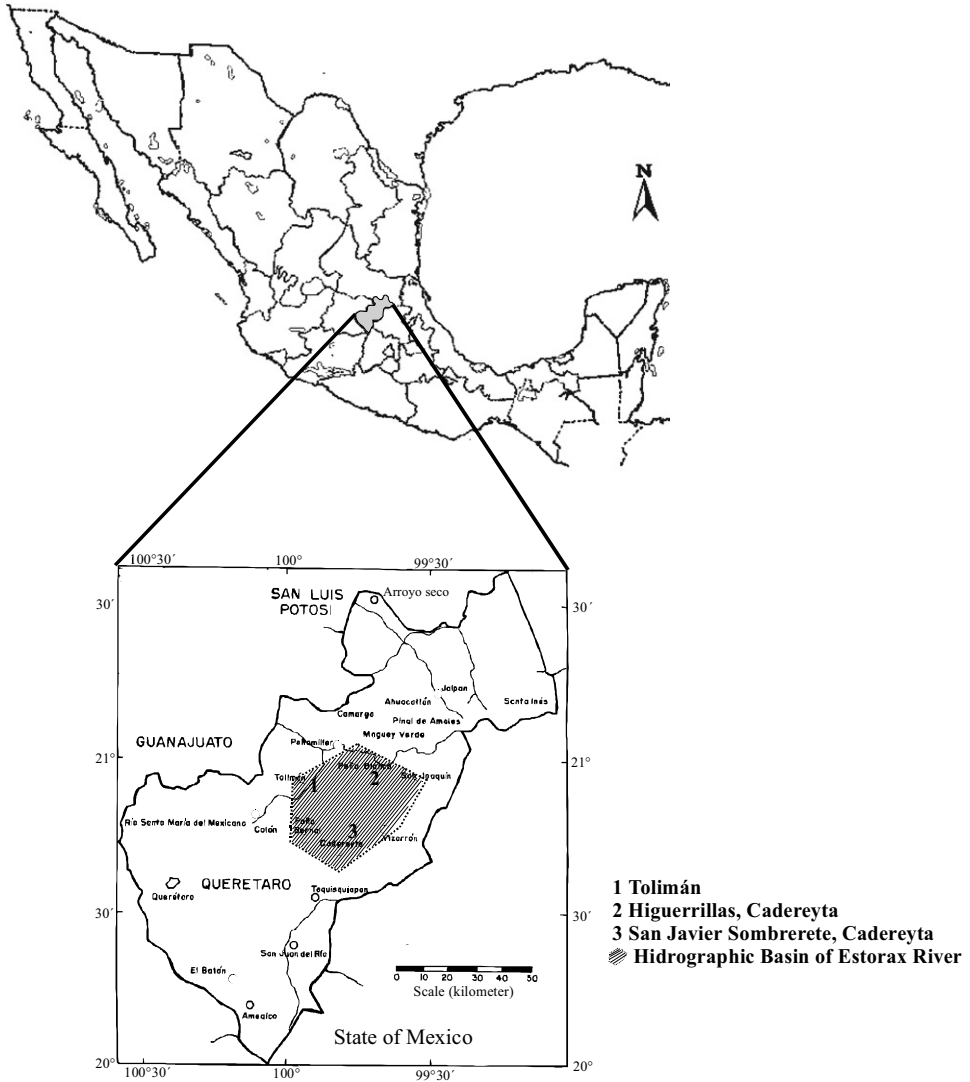


Fig. 1. Location of the study area.

defined as the number of days lapsed to reach 50% of final germination at each temperature regime.

2.4. Germination of seeds damaged by *Bruchidae*

A group of 100 seeds damaged by parasites of the family *Bruchidae* was selected for each species. These 100 seeds were divided into five replicates of 20 seeds each. Each replicate of seeds was placed in 9 cm Petri dishes with 1% bacteriological agar,

to be incubated in a germination chamber (Labline Biotronette) at 20°C at a 12 h photoperiod. A control of 100 scarified seeds of each species was used in five replicates of 20 seeds, and examined daily. Trials lasted 10 days. Germination percentage was evaluated. The assays followed a completely random statistical design with five replications of 20 seeds per treatment.

2.5. Germination under field conditions

Germination tests took place in April 1999, 5 km north-east of San Pablo Toliman (20°51.6'N, 99°51.26'W). The vegetation type in this community is arid scrub, where the dominant species are *M. lacerata*, *M. depauperata*, *Opuntia* spp. and *Zaluzania* spp. Germination was evaluated under the canopy of four individuals of *M. lacerata* separated from each other by 10 m, as well as in four open areas.

Under each of the four individuals of *M. lacerata* and in each of the four open areas, 80 scarified seeds of each species were used in four replicates of 20 seeds each. Each replicate was placed in 9 cm Petri dishes containing 1% bacteriological agar and, in the same manner, unscarified seeds were planted as a control. The number of germinated seeds was evaluated daily. The trial lasted 10 days and the germination percentage and the rate were calculated. Assays were performed using a completely random statistical design with four replications of 20 seeds per treatment. Environmental temperature and photosynthetically active radiation (PAR) were measured with a Sunfleck Ceptometer daily at ground level, at 13:00 h, both in open areas and under the canopy. Ten readings were taken from five different points at each site.

2.6. Seed longevity

The longevity of unscarified *Mimosa* seeds on the soil surface and at a depth of 3–5 cm was quantified under two conditions: (1) beneath the canopy of five individuals of *M. lacerata* and (2) in five open areas. The test took place between December 1998 and December 1999, in the arid scrub of *M. lacerata* and *M. depauperata* located 5 km north-east of San Pablo Toliman (20°51.6'N, 99°51.3'W).

Mean monthly temperatures range from a maximum in July of 20.6°C to a minimum of 10.2°C in February. Mean annual rainfall of ca. 289 mm is bimodally distributed with peaks in July and September. This site has Redzinas type soil of a sandy-loam (Zamudio, 1984). Eight hundred healthy seeds of each species, free from damage by parasites, were selected and divided into two sets of 400 seeds each. Each of these groups of 400 seeds was further divided into 5 repetitions of 80 seeds, which were then placed in series of 20 in plastic mesh bags (5 × 6 cm²; 0.2 cm mesh), designed to prevent losses to granivorous birds or rodents. Twenty bags were placed in each condition on December 15, 1998 and they were divided into five groups of four, and each group of bags was buried under the canopy of the one of the five individuals of *M. lacerata*. Similarly, the other group of 400 seeds was used as a control and buried in the five open areas. Five bags from each site were collected at 3 month intervals and the viability of soil seeds determined. The trial lasted for 1 year.

Percentage germination of the seeds was determined as an indicator of longevity. Germination tests were performed in the laboratory at 25°C at a 12 h photoperiod. Assays were analysed using a completely random statistical design with five replications of 80 seeds per treatment.

2.7. Statistical analysis

Final results of seed size and weight measurements, moisture content, percentage of seeds parasitized, and percentage of longevity of seeds were compared using an analysis of variance of one factor and multiple comparisons by Tukey's method using Excel (Microsoft Company, version 2000). The assumptions of normality and the homogeneity of variances were verified. The results of germination in the field and in the laboratory were analysed separately and in the same manner (Infante and Zárate de Lara, 1984).

3. Results

3.1. Seed characteristics

The largest seeds were those of *M. texana* var. *texana* (Table 2); these same seeds, however, along with those of *M. lacerata*, were the flattest measured as well. The embryo of *M. texana* var. *texana* is also the largest, weighting almost twice as much as those of *M. similis* and *M. depauperata* and almost seven times as much as those of *M. lacerata*. On the other hand, the seeds of *M. texana* var. *texana* showed the

Table 2

Seed traits of *Mimosa depauperata*, *M. texana* var. *texana*, *M. similis*, and *M. lacerata* from the state of Queretaro

Character	<i>M. depauperata</i>	<i>M. lacerata</i>	<i>M. texana</i> var. <i>texana</i>	<i>M. similis</i>
Seed length (mm) (<i>n</i> = 20)	3.48 ± 0.386b	3.74 ± 0.250b	4.84 ± 0.515a	3.54 ± 0.433b
Seed width (mm) (<i>n</i> = 20)	2.87 ± 0.240b	2.65 ± 0.235c	3.39 ± 0.933a	2.76 ± 0.345c
Seed thickness (mm) (<i>n</i> = 20)	2.41 ± 0.188a	1.35 ± 0.235d	1.57 ± 0.205c	1.88 ± 0.264b
Seed wet weight (g) (<i>n</i> = 20)	0.039 ± 0.006b	0.020 ± 0.002c	0.072 ± 0.016a	0.045 ± 0.008
Embryo wet weight (g) (<i>n</i> = 20)	0.027 ± 0.004c	0.009 ± 0.002d	0.062 ± 0.015a	0.034 ± 0.007b
Seed coat, wet weight (g)	0.01 ± 0.0036a	0.011 ± 0.0036a	0.010 ± 0.003a	0.010 ± 0.0037a
Seed water content (%) (<i>n</i> = 20)	7.26 ± 1.76a	4.41 ± 1.17c	6.15 ± 1.64b	6.30 ± 2.16b
Seed damaged by bruchid beetles (%) (<i>n</i> = 80)	23.46 ± 3.22b	4.5 ± 1.0d	41.27 ± 3.2a	31.37 ± 5.24
Viability (%) (<i>n</i> = 80)	81.66 ± 3.47	78.33 ± 6.38b	88.33 ± 11.38b	92.50 ± 2.88a

The size (length, thickness, width), fresh weight of seed, embryo, and testa, and the percent humidity are means (±S.D.) of 20 randomly selected seeds of each species; the percentage of seeds parasitized and the viability are the result of four replicates of 20 seeds. Small letters indicate similarities or significant differences ($\alpha = 0.05$).

highest water content and the largest level of parasitism; almost half of the reproductive effort of the species is assigned to Bruchidae (Table 2). *M. lacerata* had the smallest seeds, lowest water content, and the lowest level of parasitism. *M. depauperata* and *M. similis* had intermediate seed size and showed the highest seed water content, even though *M. depauperata* is slightly higher and parasitism by Bruchidae does not exceed 24%. The weight of the seed coat was similar for all species (Table 2).

3.2. Germination under laboratory conditions

3.2.1. Thermal treatments

Scarified seeds of the four species of *Mimosa* showed high levels of germination ($\geq 70\%$), in a wide range of temperatures (Figs. 2 and 3). Unscarified seeds, in contrast, showed low levels of germination ($\leq 60\%$); results are therefore presented only for the control germination at 30°C. It is important to point out that in the case of *M. lacerata* seed scarification was a requirement for successful germination

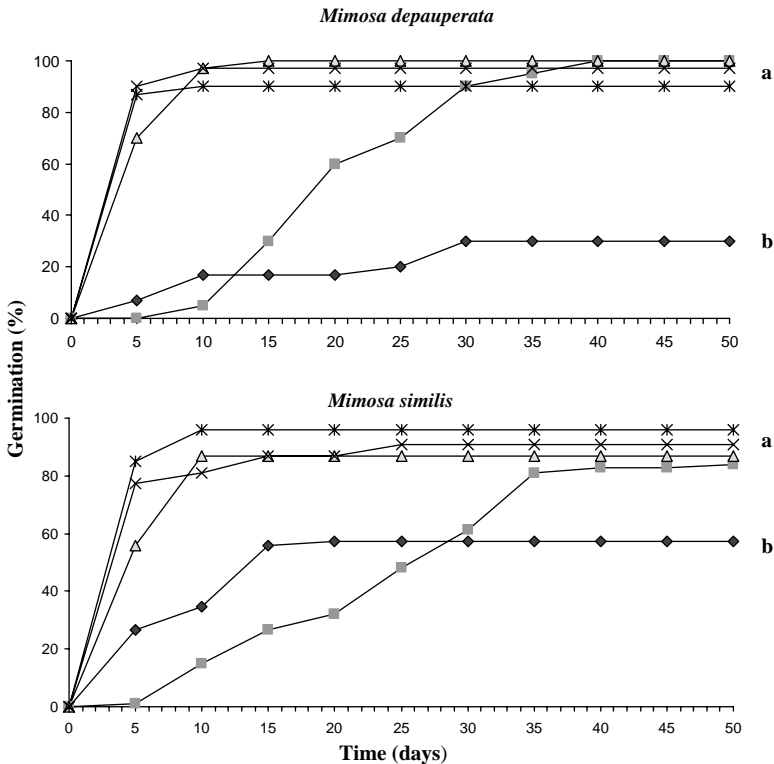


Fig. 2. Germination of scarified and unscarified seeds of *M. depauperata*, and *M. similis* at four temperatures. Scarified (■) = 10°C; (▲) 20°C; (×) = 30°C; (*) = 35°C; unscarified (◆) = 30°C. Small letters indicate similarities or significant differences ($\alpha = 0.05$).

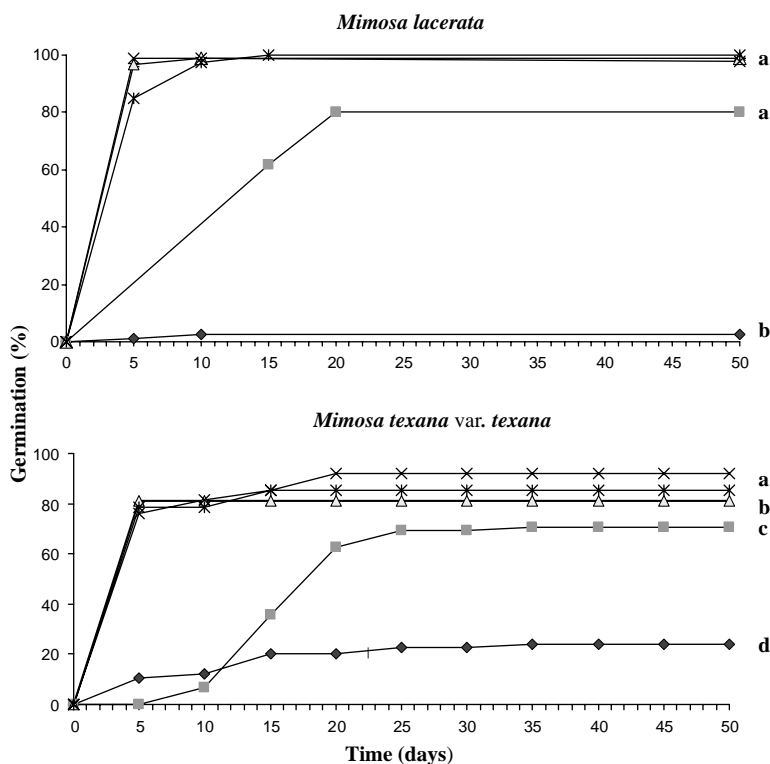


Fig. 3. Germination of scarified and unscarified seeds of *M. lacerata* and *M. texana* var. *texana* at four temperatures. Scarified (□)=10°C; (▲)=20°C; (×)=30°C; (*)=35°C; unscarified (◆)=30°C. Small letters indicate similarities or significant differences ($\alpha = 0.05$).

(Fig. 3), while the other three species showed germination levels higher than 20%, even when not scarified.

The four species had the capacity to germinate in temperature range 10–35°C; the optimal temperature, however, was between 20°C and 25°C for *M. depauperata*, *M. similis* and *M. lacerata*; between 30°C and 35°C for *M. texana* var. *texana* (Fig. 4).

3.3. Germination of seeds damaged by Bruchidae

Seed infestation by bruchids was highly and different among species (Table 2). The results showed that seed infestation necessarily had a detrimental effect (Fig. 5).

3.4. Germination under field conditions

Germination of scarified seeds in the field was high for all the species ($\geq 90\%$), and no significant differences were found between seed germination in open areas and under the canopy of the *M. lacerata*. Unscarified seeds, in contrast, showed very low germination ($\leq 30\%$) (Figs. 6 and 7).

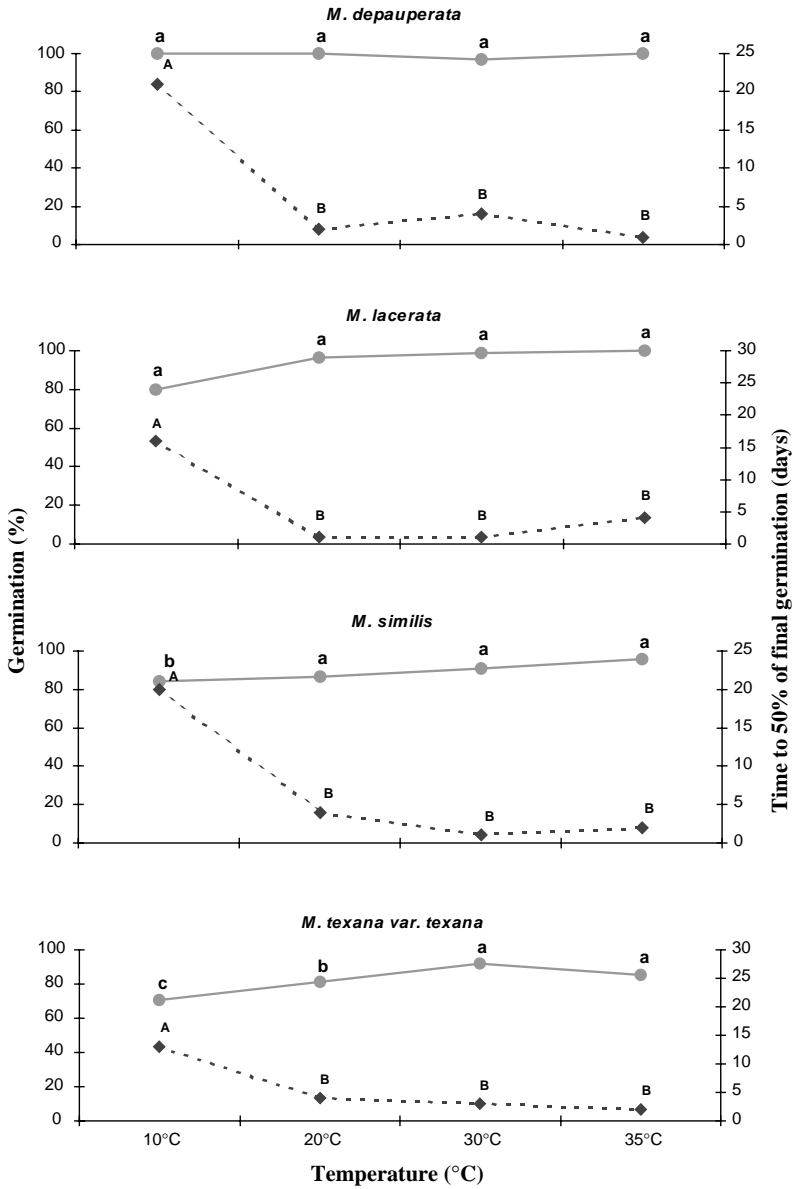


Fig. 4. Germination of scarified seeds of *M. depauperata*, *M. similis*, *M. lacerata* and *M. texana var. texana* in response to different temperature regimes (●) and speed of germination measured as the time (in days) to 50% of final germination at each constant temperature regime (◆). (Means ± S.E.; duration of the germination test = 40 days.) Points with different letters are significantly different ($\alpha = 0.05$).

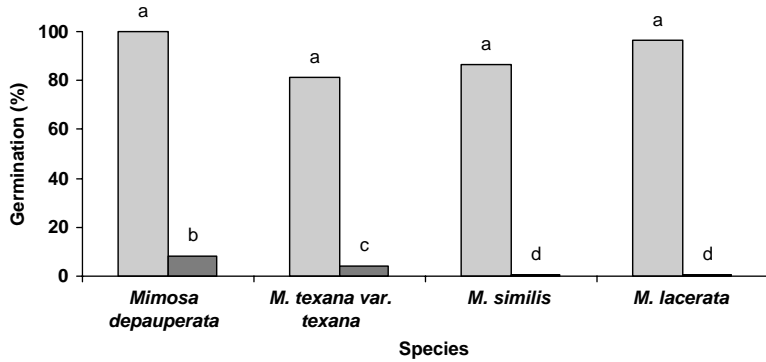


Fig. 5. Germination at 20°C and at 12h photoperiod of seeds parasitized by bruchids (■) and seeds scarified (□) Small letters indicate similarities or significant differences ($\alpha = 0.05$).

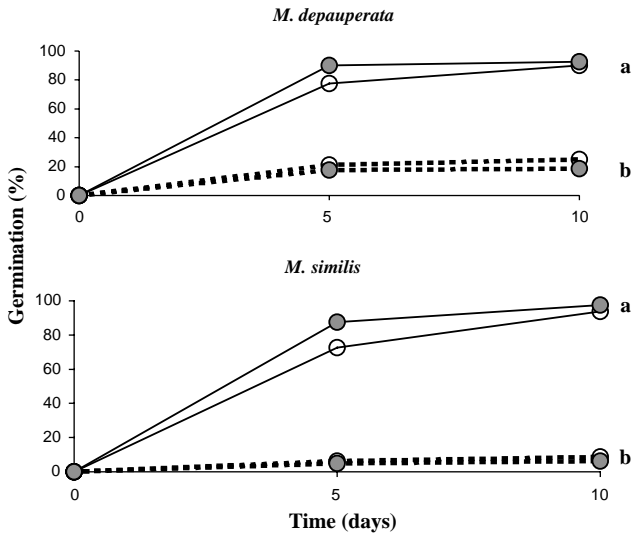


Fig. 6. Germination in the field of *M. depauperata* and *M. similis* under the canopy (●) and in open areas (○), for scarified seeds (—) and unscarified seeds (- -) during 10 days. Small letters indicate similarities or significant differences ($\alpha = 0.05$).

Germination occurred under the canopy with a mean PAR of $531 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ and in open areas of $1127 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$; mean ambient temperatures were measured to be 22°C and 32°C, respectively.

3.5. Seed longevity

Seeds of the four species showed an annual loss of viability between 20% and 73% in the seed bank; no significant differences were observed between seeds buried under the canopy and those in open areas.

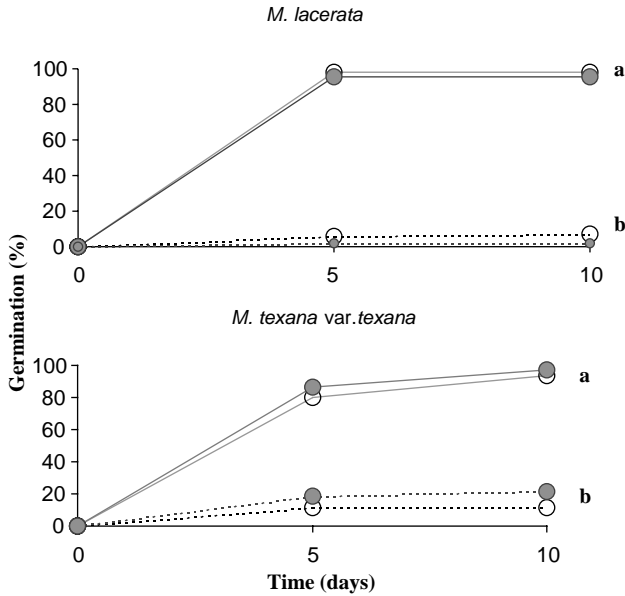


Fig. 7. Germination in the field of *M. lacerata* and *M. texana* var. *texana* under the canopy (●) and in open areas (○), for scarified seeds (—) and unscarified seeds (- - -) during 10 days. Small letters indicate similarities or significant differences ($\alpha = 0.05$).

Seeds of *M. lacerata* showed germination levels of 73% after 1 year in the seed bank; *M. texana* var. *texana*, *M. similis* and *M. depauperata* had the lowest values: (<48%) (Table 3).

4. Discussion

The populations of each of the four species of *Mimosa* studied showed both morphological and physiological differences. The length of the seeds varied between 3.48 and 4.84 mm; the width between 2.65 and 3.39 mm; the thickness between 1.35 and 2.41 mm (Table 2), which coincides with data reported for the genus *Mimosa* in Mesoamerica (Grether, 1997), as well as for species from the Tehuacan-Cuicatlan Valley and for those found in the Bajío in Mexico (Grether et al., in press).

Seed size did not show any relationships to the vegetation type or habitat, coinciding with Grether (1997), but a relation did exist among species seed sizes and parasitism by Bruchidae. Seeds of *M. texana* var. *texana* were the largest, with the heaviest embryos, but also with the highest amount of parasitism.

M. lacerata had the smallest seeds and the least parasitism; in this case, the seed coat weighed slightly more than the embryo; it could therefore be a little thicker than the other species, thereby providing better protection against environmental effects as well as attacks by parasites (Argaw et al., 1999). Likewise, seeds of this species had the lowest water content, and therefore higher longevity in the field (Owens et al., 1995) (Table 3).

Table 3
 Percentage of germination at 25°C and at 12 h photoperiod of seeds buried in the soil for one year (mean ± S.D.)

Species	Incorporation to the seed bank	Germination after incorporation to the seed bank (%)							
		3 months, March		6 months, June		9 months, September		12 months, December-99	
		Under the canopy	Open areas	Under the canopy	Open areas	Under the canopy	Open areas	Under the canopy	Open areas
<i>M. texana</i> var. <i>texana</i>	90.00 ± 12.58	89.84 ± 8.03	89.23 ± 10.33	61.00 ± 10.83	54.00 ± 17.10	47.00 ± 9.70	53.00 ± 4.40	40.00 ± 14.4	48.00 ± 18.37
<i>M. similis</i>	80.00 ± 4.08	54.60 ± 13.5	52.00 ± 32.4	34.34 ± 8.68	33.00 ± 19.74	25.00 ± 13.69	17.00 ± 11.51	24.00 ± 12.94	16.25 ± 13.14
<i>M. depauperata</i>	90.83 ± 1.63	26.00 ± 12.94	34.00 ± 19.23	22.00 ± 1.63	32.00 ± 2.82	19.75 ± 2.06	31.00 ± 2.58	18.00 ± 0.95	30.00 ± 1.63
<i>M. lacustrata</i>	92.25 ± 1.63	85.5 ± 2.08	82.00 ± 2.16	80.00 ± 4.43	78.00 ± 0.81	78.00 ± 0.81	75.50 ± 3.10	73.00 ± 1.63	72.00 ± 2.16

The annual longevity of seeds in the field varied depending on the species; the data showed losses of 20–73%; similar data have been reported for other legumes (Owens et al., 1995). The seeds of *M. depauperata* showed the lowest longevity, *M. lacerata* the highest.

Armella (1990), reported an infestation by bruchids in the seeds of *M. lacerata* of 9.95%, which represented one of the lowest percentages of 15 other legumes studied.

M. similis and *M. depauperata* showed intermediate sized seeds without significant differences between the two taxa (Table 2), and therefore could be considered as a single group of medium sized seeds, which, in spite of their different forms, are similar in length as well.

Seed size is directly related to the percentage parasitism in arid species (Armella, 1990) as well as in tropical species (Kingsolver, 1980; Armella, 1990). The results obtained in this study showed a direct relation between seed size and percentage infestation.

Wiegand et al. (1999), reported that the bruchids may improve germinability in those rare cases where the seed embryo of *Acacia* trees is not destroyed by the beetle, because the bruchid exit hole increases permeability of the seed coat and thus enhances germination. It is important to point out that the parasitism by bruchids did not improve the germination of the *Mimosa* species studied (Fig. 5).

The water content for all four species was low (4–7% humidity), and similar to that reported for some seeds of species from arid zones (PRONARE, 1999). Some genera notable for their abundance in those ecosystems, such as *Prosopis* and *Acacia*, show water contents of between 5% and 8%. Baskin and Baskin (1998), reported that the range of water content for seeds with impermeable coats goes from 2% to 21%. The low water content found in the seeds of the four species of *Mimosa* indicates that their seed coats are impermeable to water. Water content in seeds with impermeable coats has implications in germination, because it is related to the rate of loss of physical dormancy. Impermeable coats prevent germination of the seed until environmental conditions (relative humidity and temperature fluctuations) promote an aperture at the hilum, followed by absorption of water and germination (Cervantes et al., 1995).

Seed impermeability increases as seed water content decreases (Baskin and Baskin, 1998), resulting in seeds with a harder coat. The results showed that the coat of all four species had an equivalent weight, though the relation between seed size and embryo weight in the case of *M. lacerata* showed that the coat weighed more than the embryo, which could indicate a greater thickness of the coat and thus greater protection. *M. texana* var. *texana* is the opposite case, where the coat weighed six times less than the embryo, indicating a thinner testa which resulted in higher predation.

Buried seeds of *M. depauperata* and *M. similis* lost between 56% and 73% of their viability in 1 year (Table 3), and these species have the highest seed water content (Table 2), while seeds of *M. lacerata* and *M. texana* var. *texana* showed lower loss of viability (from 20% to 50%) as a function of their lower water content.

With respect to germination, it is necessary to mention that the four species of the genus *Mimosa* have a hard seed coat, which is a character of many legumes (van

Staden et al., 1989; Teketay, 1998) that has evolved to avoid the effects of unfavorable conditions such as heat from a fire, the teeth of animal vectors or severe droughts. Due to the presence of a hard seed coat, germination tests were only successful with scarified seeds, which germinated rapidly when incubated between 10°C and 35°C. This indicates that the seeds of the four species were capable of germinating in a wide range of constant temperatures when the dormancy imposed by the seed coat was interrupted by a mechanical scarification in this case.

The four species showed germination potential of between 60% and 100% in the temperature interval of 10–35°C; however, *M. depauperata*, *M. similis* and *M. lacerata* showed optimum germination between 20°C and 35°C and *M. texana* var. *texana* between 30°C and 35°C. Baskin and Baskin (1998), reported a germination of between 60% and 100% for some shrubby species in semi-arid zones at a temperature interval of between 10°C and 35°C; however, seeds of the majority of species germinated optimally in a range of 20–25°C. Germination in a wide range of temperatures has important practical implications in countries such as Mexico, where different temperature conditions prevail as a result of the topography of the country. Furthermore, the species can be artificially propagated by seed in various regions with different temperature conditions. Such characteristics make these species good candidates for colonization of disturbed areas.

Differences in temperature requirements of seeds determine to a great measure the distribution of the species, limiting them to areas with temperatures that are convenient for their germination and the growth (Krebs, 1978; Bewley and Black, 1994). The behavior of germination in relation to the temperature intervals studied does not explain the distribution of these species, which germinate between 10°C and 35°C. Because of this, it is necessary to determine the minimum temperature for seed germination and to know the effect of other physical factors such as soil humidity and structure, salinity, pH and soil nutrient content (Krebs, 1978).

Germination in the field showed the same behavior as that in the laboratory; all four species showed high germination rates (85–100%) when their seeds were scarified, independent of the light conditions that they were under. All four species germinate equally well in the light conditions under the canopy of *M. lacerata* as in open spaces at a temperature range of 22–32°C. Germination rates at field temperatures confirm the results obtained in the laboratory. The scarified seeds of all four species germinated equally well in light and darkness, once the hard coats were eliminated and they were made permeable to water. This implies that the seeds could germinate without problem in both shallow and deeper soil strata (Teketay, 1998).

5. Conclusions

Seeds of all four species studied can germinate in a wide range of temperatures (10–35°C) in both laboratory and field conditions. In the field seeds germinated equally well beneath the canopy of adult individuals of the same genus and in open areas. As with other legumes, *Mimosa* seeds have a tough seed coat which influences germination, longevity, and susceptibility to predation by bruchids. Seeds of

M. lacerata, which presented the thickest and heaviest integuments, require mechanical scarification to germinate, have a greater longevity in the field and a lower percentage of predation. The other three species have thinner, lighter integuments and germinate in greater numbers without scarification.

Acknowledgements

The authors wish to express their appreciation to Biol. Roberto Ramos-González for his valuable help during the field work, particularly in seed collecting as well as in the statistical analysis and graphic design, and to Dr. Arcadio Monroy-Ata for his critical review of the manuscript. This research was supported by the Dirección General de Asuntos del Personal Académico, Universidad Nacional Autónoma de México, Grant IN-220198. This paper was part of the first author doctorate thesis, achieved at the: Doctorado en ciencias Biológicas, Universidad Autónoma Metropolitana.

References

- Abulfatih, H.A., 1995. Seed germination in acacia species and their relation to altitudinal gradient in south-western Saudi Arabia. *Journal of Arid Environments* 31, 171–178.
- Argaw, M., Teketay, D., Olsson, M., 1999. Soil seed flora, germination and regeneration pattern of woody species in an *Acacia* woodland of the Rift Valley in Ethiopia. *Journal of Arid Environments* 43, 411–435.
- Armella, V.M.A., 1990. Depredación, predisposición de semillas en la Barranca de Metztitlán. Tesis de Maestría en Ciencias, Facultad de Ciencias, UNAM, México, 101pp.
- Barneby, R.C., 1991. *Sensitivae censitae*. A description of the genus *Mimosa* L. (Mimosaceae) in the New World. *Memoirs of the New York Botanical Garden* 65, 1–835.
- Baskin, C.C., Baskin, J.M., 1998. *Seeds: Ecology, Biogeography and Evolution of Dormancy and Germination*. Academic Press, San Diego, 666pp.
- Bewley, J.D., Black, M., 1994. *Seeds: Physiology of Development and Germination*. Plenum Press, New York, 445pp.
- Camargo-Ricalde, S.L., 1997. Aspectos de la biología del “tepescohuite” *Mimosa tenuiflora* (Leguminosae), en México. Tesis de Maestría en Ciencias, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de México, México, 113pp.
- 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.
- Camargo-Ricalde, S.L., Grether, R., Martínez-Bernal, A., García-García V., Barrios, Del-Rosal, S., 2001. Especies útiles del género *Mimosa* (Fabaceae–Mimosoideae) en México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 68, 33–44.
- Campos, C.M., Ojeda, R.A., 1997. Dispersal and germination of *Prosopis flexuosa* (Fabaceae) seeds by desert mammals in Argentina. *Journal of Arid Environments* 35, 707–714.
- Castillo, O.A., Garduño, M.A., Tover, J.L., Oropeza, J.L., 1988. El recurso hídrico en el manejo integral de una cuenca semiárida en el Estado de Hidalgo. *Agrociencia* 73, 125–136.
- Cervantes, V., Carabias, J., Vázquez-Yáñez, C., 1995. Seed germination of woody legumes from deciduous tropical forest of southern México. *Forest Ecology and Management* 82, 171–184.
- 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, Universidad Autónoma de México and Agrupación Sierra Madre, S.C. México, 847pp.

- Cony, M.A., Trione, S.O., 1998. Inter- and intraspecific variability in *Prosopis flexuosa* and *P. chilensis*: seed germination under salt and moisture stress. *Journal of Arid Environments* 40, 307–317.
- Flores-Martínez, A., Ezcurra, E., Sánchez-Colón, S., 1994. Effect of *Neobuxbaumia tetetzo* on growth and fecundity of its nurse plant *Mimosa luisana*. *Journal of Ecology* 82, 325–330.
- Franco-Pizaña, J.G., Fulbright, T.E., Gardiner, D.T., Tipton, A.R., 1996. Shrub emergence and seedling growth in microenvironments created by *Prosopis glandulosa*. *Journal of Vegetation Science* 7, 257–264.
- García, M., 1994. Rehabilitación de tierras de cultivo abandonadas para la producción de carne en el altiplano central. Folleto Técnico No. 1, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Jalisco, México, 16pp.
- Grether, R., 1978. A general review of the genus *Mimosa* L. (Leguminosae) in México. *Bulletin of the International Group for the Study of Mimosoideae* 6, 45–50.
- Grether, G.R., 1997. Revisión taxonómica del género *Mimosa* (Leguminosae) en Mesoamérica. Tesis de Doctorado, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de México, México, 367pp.
- Grether, G.R., Camargo-Ricalde, S.L., Martínez-Bernal, A., 1996. Especies del género *Mimosa* (Leguminosae) presentes en México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 58, 149–152.
- Grether, R., Martínez-Bernal, A., Camargo-Ricalde, S.L., *Mimosa*. Fascículo Mimosoideae, Leguminosae. Flora del Bajío y Regiones Adyacentes, in press.
- Habit, M.A., Contreras, D.T., González, R.H., 1981. *Prosopis tamarugo*: arbusto forrajero para zonas áridas. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO, 143pp.
- Infante, G.S., Zárate de Lara, G.P., 1984. Métodos Estadísticos un enfoque interdisciplinario, Segunda edición. Editorial Trillas, México, D.F., 643pp.
- Kingsolver, J.M., 1980. The quadridentatus group of *Acanthoscelides*: descriptions of three new species, notes, synonymies and a new name (Coleoptera, Bruchidae). *Brenesia* 17, 281–294.
- Krebs, Ch.J., 1978. *Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance*. Harper Row Publishers, New York, 753pp.
- Mahmoud, H., 1977. Germination of three desert *Acacia* in relation to their survival in a environments. *Proceedings of Saudi Biological Society* 1, 74–94.
- Manga, V.K., Sen, D.N., 1995. Influence of seed traits on germination in *Prosopis cineraria* (L.) MacBride. *Journal of Arid Environments* 31, 371–375.
- Moore, R.P., 1962. Tetrazolium as a universally accepted quality test for viable seed. *Proceedings of the International Seed Testing Association* 27, 795–805.
- Nava, R.V.T., 1974. Estudios sobre ecofisiología de la germinación en tres especies de leguminosas ruderales. Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de México, México, 23pp.
- Owens, M.K., Wallace, R.B., 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.
- Perea, P.J.M., 1995. Evaluación de tratamientos pregerminativos, sustratos 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.
- PRONARE (Programa Nacional de Reforestación), 1999. Periodos de recolección de semillas, almacenamiento y tratamientos pregerminativos de las principales especies que se utilizan en el PRONARE. Red Mexicana de Germoplasma Forestal, SEMARNAP, México, 100pp.
- Rzedowski, J., 1978. *Vegetación de México*. Limusa, México, D.F., 433pp.
- Rzedowski, J., 1991. El endemismo en la flora fanerogámica mexicana: una apreciación analítica preliminar. *Acta Botánica Mexicana* 15, 47–64.
- Salisbury, B.F., Ross, C.W., 1992. *Plant Physiology*. Wadworth Publishing Company, Belmont, CA, 682pp.
- Sousa, S.M., 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, 792pp.
- Teketay, D., 1998. Germination of *Acacia origena*, *A. Pilispina* and *Pterolobium stellatum* in response to different presowing seed treatments, temperature and light. *Journal of Arid Environments* 38, 551–560.

- Valiente-Banuet, A., Escurra, E., 1991. Shade as a cause of the association between the cactus *Neobuxbaumia tetetzo* and the nurse plant *Mimosa luisana* in the Tehuacan valley, Mexico. *Journal of Ecology* 79, 961–971.
- Valiente-Banuet, A., Vite, F., Zavala-Hurtado, J.A., 1991. Interaction between the cactus *Neobuxbaumia tetetzo* and nurse shrub *Mimosa luisana*. *Journal of Vegetation Science* 2, 11–14.
- van Staden, J., Manning, J.C., Kelly, K.M., 1989. Legumes seeds the structure: function equation. In: Stirton, C.H., Zarucchi, J.L. (Eds.), *Advances in Legume Biology, Monographs on Systematic Botany*, Vol. 29. Missouri Botanical Garden, St. Louis, Missouri, USA, pp. 417–450.
- Villagra, P.E., 1997. Germination of *Prosopis argentina* and *Prosopis alata* seeds under saline conditions. *Journal of Arid Environments* 37, 261–267.
- Whitford, W.G., 1986. *Pattern and Process in Desert Ecosystems*. University of New México Press, Albuquerque, 139pp.
- Wiegand, K., Jeltsch, F., Ward, D., 1999. Analysis of the population dynamics of *Acacia* trees in the Negev desert, Israel with a spatially-explicit computer simulation model. *Ecological Modelling* 117, 203–224.
- Wilson, T.B., Witkowski, E.T.F., 1998. Water requirements for germination and early seedling establishment in four African savanna woody plant species. *Journal of Arid Environments* 38, 541–550.
- Zamudio, R.S., 1984. La vegetación de la Cuenca del Río Estórax, en el Estado de Querétaro y sus relaciones fitogeográficas. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 288pp.