



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA**

**Efecto de nodrizaje y formación de islas de  
fertilidad de cuatro especies del género *Mimosa*  
L.(Leguminosae) en la Cuenca del Río Estórax.**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

**B I O L O G O**

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

**ARNULFO CUESTAS CAMPOS**

Directora: Dra. María Socorro Orozco Almanza



Proyecto financiado por: DGAPA PAPIIT No. IN-220198

México, D.F.

Septiembre 2005



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**“Y yo os digo que la vida es realmente austeridad**

**Salvo ahí donde hay entusiasmo**

**Y todo entusiasmo es ciego**

**Salvo donde hay saber**

**Y todo saber es vago**

**Salvo donde hay trabajo**

**Y todo trabajo es vacío**

**Salvo cuando hay amor**

**¿Y qué es trabajo con amor?**

**Es poner en todo lo que hagáis**

**Un soplo de vuestro espíritu”**

**GIBRAN JALIL GIBRAN**

## **DEDICATORIA**

A mi madre, Alma Estela Campos Arredondo, por su amor e incondicional apoyo y por su ejemplo de fortaleza y trabajo.

A mi esposa, María Elizabeth Amor Cotoñeto, por su amor infinito y la fe que siempre ha tenido en mí, quién me ha motivado a seguir adelante en todos mis proyectos.

A mis hermanos Arminda y Aldo, para que sirva de ejemplo de que se puede lograr lo que uno se proponga con esfuerzo y perseverancia.

A mis sobrinos Almita, Alfredo y Ámbar, que sirva como ejemplo de trabajo y dedicación.

A mi padre, Arnulfo Cuestas Barrera, le agradezco el haberme dado la vida y por todo el cariño que siempre me ha manifestado.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, por el espacio y oportunidad de obtener una formación profesional y cultural.

A la carrera de biólogo, que me brindo una formación integral e interdisciplinaria, en un sentido no solamente académico, sino también cultural.

A la Dra. Ma. Socorro Orozco Almanza, directora del presente trabajo, le agradezco el compartir su tiempo, experiencia, apoyo e infinita paciencia, además de confiar plenamente en mí para la culminación de este proyecto.

Al Dr. Arcadio Monroy Ata, por sus consejos y asesoría permanente e interés en este proyecto.

Al M. en C. Ramiro Ríos Gómez por su valiosos comentarios, incondicional apoyo y amistad.

Al M. en C. Efraín Ángeles Cervantes por su incalculable sapiencia y el haberme impulsado en todo momento en el que curse esta carrera para poderla terminar. Y también por su gran amistad.

Al M. en C. Amadeo Barba Álvarez por su ayuda y comentarios.

Al Dr. Gerardo Cruz Flores por sus comentarios y aportaciones para el enriquecimiento de este trabajo.

A mi amigo el Biol. Fernando Vergara Sansón por su amistad a prueba de todo, quien siempre ha estado en las buenas y en las malas conmigo, tanto en la carrera como en mi vida personal.

Finalmente agradezco a todas y cada una de las personas que ayudaron en la realización de este trabajo.

**PRINCIPALMENTE LE DOY GRACIAS A DIOS Y A LA VIDA POR HABERME  
PERMITIDO ALCANZAR UN OBJETIVO MÁS DE MI ETÉREA EXISTENCIA**

# INDICE

	Pág.
RESUMEN	
I. Introducción	1
II. Antecedentes	3
2.1 Las arbustivas y sus usos potenciales en zonas áridas y semiáridas	3
2.2 Islas de fertilidad	6
2.3 Variables microclimáticas	7
2.4 Tipos de nodrizaje, estudios de nodrizaje e islas de fertilidad en el género <i>Mimosa</i>	10
2.5 El género <i>Mimosa</i> en México	13
2.6.1. Caracterización taxonómica del género <i>Mimosa</i>	14
2.6.2. Formas de crecimiento del género <i>Mimosa</i>	15
III. Problemática	16
IV. Hipótesis	17
V. Objetivos	18
VI. Metodología	19
6.1 Área de Estudio	19
6.2 Descripción de las actividades realizadas en el estudio	20
VII. Resultados	23
7.1. Variables microclimáticas	23
7.1.1 Radiación Fotosintéticamente Activa (PAR)	23
7.1.2 Temperatura	24
7.1.3 Humedad relativa	25
7.2 Especies asociadas al dosel y a las áreas interarbustivas	26
7.3 Índice de semejanza entre las especies bajo el dosel y las áreas interarbustivas	33
7.3.1 Características edáficas bajo los doseles y en los espacios interarbustivos	33
VIII. Discusión	36
IX. Conclusiones	41
X. Sugerencias	42
XI. Literatura citada	43

Indice de Cuadros	pág.
Cuadro 1. Tipos de nodrizaje.....	11
Cuadro 2. Radiación Fotosintéticamente Activa (PAR) registrada en cuatro orientaciones bajo el dosel de las especies de <i>Mimosa</i> .....	24
Cuadro 3. Especies presentes bajo el dosel de <i>Mimosa lacerata</i> .....	26
Cuadro 4. Especies presentes bajo el dosel de <i>M. depauperata</i> .....	27
Cuadro 5. Especies presentes en las zonas interarbustivas de <i>M. depauperata</i> y <i>M. lacerata</i> .....	28
Cuadro 6. Especies presentes bajo el dosel de <i>M. similis</i> .....	29
Cuadro 7. Especies presentes en las zonas interarbustivas de <i>M. similis</i> .....	30
Cuadro 8. Especies presentes bajo el dosel de <i>M. texana</i> var. <i>texana</i> .....	31
Cuadro 9. Especies presentes en la zona interarbustiva de <i>M. texana</i> var. <i>texana</i>	32
Cuadro 10. Similitud entre especies de zona abierta y dosel.....	33
Cuadro 11. Características edáficas bajo el dosel y áreas interarbustivas de las cuatro especies de <i>Mimosa</i> .....	35

Indice de Figuras	pág.
Figura 1. Localización de la zona de estudio.....	19
Figura 2. Radiación Fotosintéticamente Activa (PAR) registrada bajo del dosel y en las áreas interarbustivas de las cuatro especies de <i>Mimosa</i> .....	23
Figura 3. Temperatura media registrada bajo el dosel y en áreas interarbustivas de las cuatro especies de <i>Mimosa</i> .....	25
Figura 4. Humedad relativa media, registrada bajo el dosel y en áreas interarbustivas de las cuatro especies de <i>Mimosa</i> .....	25

## RESUMEN

El género *Mimosa* L. se encuentra bien representado en las zonas áridas y semiáridas de México, localizadas en la parte centro y norte del país en donde el tipo de vegetación dominante son pastizales y matorrales xerófilos, en éstas últimas las formas arbustivas y arbóreas del género *Mimosa* están presentes; a pesar del gran número de especies presentes en México ésta han sido poco estudiadas en relación a su biología, ecología y potencialidad de uso como elementos susceptibles de utilizarse en programas de restauración ecológica. Las especies del género presentan una alta funcionalidad bajo condiciones de sequía, debido a que tienen raíces profundas, a la sincronización en el crecimiento a la reproducción durante el breve período húmedo anual y a características morfofisiológicas que les permiten conservar la humedad y regular la temperatura; de esta manera, habitan exitosamente en las zonas áridas y semiáridas del país.

El presente trabajo tuvo como objetivo determinar el efecto de nodrizaje de cuatro especies del género *Mimosa* (*M. texana* var. *texana*, *M. depauperata*, *M. lacerata* y *M. similis*) en tres matorrales xerófilos de la zona semiseca de la cuenca del río Estórax, en el Estado de Querétaro. Se realizaron tres experimentos independientes para llevar a cabo los objetivos: a) condiciones microclimáticas debajo del dosel de cada una de las cuatro especies; b) efecto de la cobertura de los individuos en el establecimiento de vegetación asociada y c) efecto de la cobertura en la formación de islas de fertilidad.

Los resultados obtenidos mostraron que 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 se incrementa.

Bajo su dosel, se incrementa el nitrógeno inorgánico y  $\text{NH}_4$  del suelo de *M. texana* var. *texana* y se incrementa el potasio del suelo de *M. depauperata*.

De manera general, la cuatro especies del género *Mimosa* mantienen condiciones microclimáticas favorables bajo su dosel en el mediano y largo plazo, en función de su ciclo de vida (especies caducifolias), por lo que podrían incrementar la probabilidad de incorporación de especies asociadas y jugar un papel importante en la dinámica de los ecosistemas en donde crecen.

## I. INTRODUCCIÓN.

En la República Mexicana las zonas áridas y semiáridas representan cerca del 60 % del territorio nacional, de esta área, una franja de 23.3 millones de hectáreas se extiende desde el norte hasta el centro del país, incluyendo parte de los estados de México, Querétaro e Hidalgo (Rzedoswki, 1968; García, 1981; Castillo *et al.*, 1988).

Estas zonas se caracterizan principalmente por la escasa precipitación pluvial y distribución a lo largo del año, por la duración del período de sequía, por las temperaturas extremas y por la alta demanda evaporativa del suelo. Asimismo existen regiones donde la precipitación de todo un mes se presenta en uno o dos eventos y donde más del 65% de la lluvia ocurre de junio a septiembre (Castillo *et al.*, 1988; García, 1994), por otro lado, la importancia de estas zonas radica en su riqueza florística (ca. 6000 especies) (Challenger *et al.*, 1998), donde muchas especies son importantes por su valor forrajero, alimenticio, industrial, ornamental y ecológico. Por otra parte la regeneración natural de estas especies es lenta y difícil como consecuencia de las condiciones hídricas y térmicas limitantes.

Bajo estas condiciones extremas, muchas plantas arbustivas han desarrollado características morfológicas como: hojas modificadas en espinas o divididas en pinnas, tallos gruesos y raíces profundas entre otras (doses abundantes) y mecanismos fisiológicos como abscisión de hojas secas en época seca, semillas con testa duras y nodrizaje hídrico y edáfico. Bajo el dosel de muchas especies arbustivas se presentan condiciones de temperatura y humedad más favorables que en las zonas abiertas, lo que permite el establecimiento de una nueva vegetación asociada (Yeaton, 1976). Las arbustivas actúan como plantas nodrizas al crear islas con mejores condiciones de luz temperatura y humedad, para el establecimiento de plántulas. (Harper *et al.*, 1965). Un ejemplo de plantas nodrizas lo constituyen muchos árboles y arbustos de zonas áridas y semiáridas como el mezquite (*Prosopis laevigata*) (Cruz, 1992), *Acacia* spp. y algunas especies del género *Mimosa* (Valiente Banuet *et al.*, 1991; Orozco, 2003; Camargo-Ricalde *et al.*, 2002) que modifican el microambiente bajo su dosel: mejoran la disponibilidad de agua, atenúan la radiación solar directa, reducen la demanda evaporativa del agua del suelo, así como las temperaturas máximas de la superficie de éste durante el día, reducen la velocidad de los vientos cálido-secos y además proporcionan una mayor protección contra fuertes heladas. Estas especies generalmente son caducifolias y la acumulación de mantillo bajo su dosel favorece el incremento de

la infiltración de agua, reduce el impacto de la lluvia y modifica las condiciones físicas y químicas de la superficie del suelo, incrementando su fertilidad y la retención de humedad. Las plantas nodrizas también pueden proveer de protección contra la herbivoría y el pisoteo. De esta manera, la modificación de factores microambientales por parte de la nodriza permite una mayor germinación de las semillas y una mayor sobrevivencia y establecimiento de plantas bajo ellas. Las características que presentan las especies nodrizas, ha sido un aspecto que llama la atención de los profesionales dedicados a la rehabilitación ecológica de zonas semiáridas, en donde generalmente son especies dominantes y podrían ser clave en la sucesión vegetal (Avilés y Cortés, 1997).

En la mayor parte de las investigaciones realizadas en esta área se ha observado que los factores específicos de la asociación de la especie nodrizada o “protegida” con la llamada “nodriza” no están debidamente esclarecidos, pero se asume que la nodriza provee condiciones favorables al modificar el ambiente abiótico para la germinación específica o el crecimiento de las plántulas de la especie protegida. También la planta nodriza puede proveer refugio seguro contra herbívoros y otros depredadores pequeños, por lo que las condiciones bióticas tienden a ser más favorables para las especies vegetales nodrizadas (Cody, 1993).

En México, el nodrizaje ha sido estudiado en especies leñosas del género *Prosopis* (Cruz, 1992); sin embargo, hay pocos trabajos en relación a otros géneros de la familia Leguminosae como el género *Mimosa*.

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de nodrizaje de cuatro especies del género *Mimosa* (*M. texana* var. *texana*, *M. depauperata*, *M. lacerata* y *M. similis*), así como las condiciones microclimáticas y edáficas que se presentan por debajo de su dosel y su relación en la vegetación asociada.

## II. ANTECEDENTES

### 2.1 Las arbustivas y sus usos potenciales en zonas áridas y semiáridas.

Las arbustivas y arbóreas de las zonas áridas han sido de los recursos que más se han sobre-explotado, causando impactos ambientales frecuentemente irreversibles. Esto debido a que ofrecen muchas posibilidades de uso para beneficio del hombre, ya que proporcionan forraje, controlan la erosión del suelo, generan productos industriales, medicinales, ornamentales, la madera se usa para la leña y carbón (Grether, 1982) y en general mantienen las funciones de un ecosistema (McKell y García Moya, 1989).

La importancia de las especies arbustivas se establece en relación a los siguientes aspectos:

#### a) Nodrizaje vegetal

En las zonas áridas y semiáridas, la escasa precipitación pluvial, las temperaturas extremas y la alta demanda evaporativa de la humedad del suelo son los principales factores que limitan la sobrevivencia y el establecimiento de las plantas (Avilés y Cortés, 1997). Tales condiciones influyen en las interacciones bióticas de los organismos y determinan la distribución espacial de la vegetación, que está formada por mosaicos de plantas perennes, generalmente arbustivas tales como: *Prosopis laevigata*, *P. glandulosa*, *Acacia schaffneri*, *A. farnesiana*, *Mirtyllocactus geometrizarans*, *Opuntia imbricata*, *Mimosa biuncifera* y *M. luisiana* (Valiente-Banuet *et al.*, 1991), bajo las cuales se reclutan y establecen otras especies de una forma no aleatoria, regulada por la acción de mecanismos fundamentales tales como: la dispersión de las semillas, la mortalidad postgerminación, la amortiguación de las condiciones físicas y la modificación de la fertilidad del suelo bajo su dosel (McKauliffe, 1988). Este tipo de interacciones positivas o asociaciones interespecíficas, se denomina nodrizaje vegetal y facilita el establecimiento y la producción de las plantas asociadas, promoviendo con ello el desarrollo de la vegetación (West, 1989).

La planta nodriza proporciona condiciones adecuadas para la germinación y desarrollo de otras especies. En principio cuando las plántulas emergen del suelo, no presentan un traslape espacial con su nodriza, debido a que no existe una interacción de sus nichos ecológicos, pero conforme las plantas nodrizadas crecen y se desarrollan requieren de mayor cantidad de recursos y de espacio, por lo que se establece un traslape total de sus nichos, que provoca una relación de competencia tanto arriba de la

superficie del suelo, como por debajo de él y que conlleva al desplazamiento de una de las especies. De esta manera, el papel que desempeña cada uno de los organismos vegetales dentro de la asociación es dinámico y en ocasiones los cambios que se presentan, no resultan favorables para la planta nodriza, pues ésta es desplazada y paulatinamente eliminada por una reducción del vigor (Yeaton, 1976; Miller y Werner, 1987; Valiente-Banuet *et al.*, 1991).

#### **b) Uso forrajero**

Cook (1972; citado por McKell, 1989), menciona que las arbustivas leñosas tienen altos valores de proteínas, fósforo, lignina y caroteno, aún mayores que los presentes en gramíneas y hierbas; incluso, cuando las gramíneas no están disponibles en cantidad suficiente, el valor forrajero de los arbustos se incrementa. Las arbustivas, son el forraje preferido del ganado caprino (Grether, 1982).

#### **c) Control de la erosión**

Aunque las arbustivas no han sido consideradas como las especies más importantes para controlar la erosión del suelo, éstas poseen aspectos o características benéficas para su conservación, entre ellas destacan su profundo sistema radical, su amplitud de hábitat y que están presentes durante todas las estaciones del año. La tendencia en el pasado era seleccionar a las gramíneas, debido a su facilidad para establecerse, así como por la disponibilidad de sus semillas, pero actualmente, ya existen métodos para el establecimiento de algunas arbustivas de los géneros *Prosopis* y *Acacia*, utilizadas para la restauración de áreas drásticamente perturbadas (Cervantes, 1996); sin embargo, aún queda mucho por hacer para muchas otras especies, como las del género *Mimosa*, algunas de las cuales como *M. biuncifera* y *M. monancistra* han sido consideradas como elementos importantes para restaurar suelos erosionados (Grether, 1982), de las cuales no se conocen las técnicas para su cultivo, ni su potencialidad real como elemento vegetal para la rehabilitación ecológica.

#### **d) Productos industriales**

Algunos arbustos contienen niveles importantes, económicamente hablando, de metabolitos secundarios que podrían tener un uso industrial. El género *Mimosa* en

México ha tenido poca atención en este sentido, los estudios se han enfocado a poco arbustos como la joboba (*Simmondsia chinensis*) y el mezquite (*Prosopis* spp.).

#### **e) Potencial ornamental**

Las arbustivas del género *Mimosa* al igual que la de los otros géneros no demandan altos niveles de mantenimiento, son eficientes en el uso del agua y poseen apariencia estética principalmente por la belleza de sus flores. El Comité de Vegetación Natural de Arizona (McKell y García-Moya, 1989) describe las ventajas para utilizar a las arbustivas en planes de reforestación, rehabilitación y restauración ecológica en el suroeste árido de Arizona; así mismo estas recomendaciones se hacen para el valle de Tehuacán-Cuicatlán (Valiente-Banuet y Ezcurra 1991; Camargo-Ricalde *et al.*, 2002).

#### **f) Recursos medicinales**

Pocos usos medicinales de las arbustivas han sido documentados para las zonas áridas y semiáridas de México; sin embargo, los indígenas en algunas regiones tropicales y templadas del país hacen uso de estos arbustos en muchas formas. En Sinaloa, San Luis Potosí, Veracruz y Tabasco, *Mimosa albida*, mejor conocida en estos estados como “vergonzosa”, “dormilona” o “uña de gato”, se utiliza particularmente la raíz contra enfermedades febriles y las hojas contra afecciones bucales y enfermedades urinarias (Rodríguez y Gómez, 1996). El principal problema para aprovechar otras especies del género *Mimosa*, es la carencia de información para su uso adecuado.

### **2.2 Islas de fertilidad.**

Las especies arbustivas, juegan un papel muy importante en el ciclo de los nutrimentos, McKell y García-Moya (1989), mencionan que bajo el dosel de éstas, se forman islas de fertilidad donde los suelos poseen mayores concentraciones de nitrógeno y presentan mejores atributos de humedad y textura que los de las áreas adyacentes, además de que los arbustos pueden ser nodrizas de otras especies. Las arbustivas crean un microecosistema en el cual la temperatura disminuye, el ciclo de los

nutrimentos se favorece, la velocidad del viento se reduce, el suministro de materia orgánica al suelo se enriquece y en general se propicia la estabilidad del complejo planta-suelo-animal (McKell y García-Moya, 1989; Flores-Martínez *et al.*, 1994).

Las especies leñosas de zonas áridas que presentan un patrón de ramificación desde su base, como *Prosopis laevigata*, *Mimosa biuncifera* y *Condalia mexicana*, son las que presentan una mayor cantidad de vegetación bajo sus copas. Por otro lado, el garambullo (*Myrtillocactus geometrizans*) abate en mayor grado las temperaturas a nivel del suelo en comparación con el mezquite (*Prosopis laevigata*); sin embargo, en el primer caso, la cobertura de herbáceas bajo su copa es menor que la encontrada en *P. laevigata*, debido probablemente al diferente grado en que ambas especies modifican las condiciones edáficas (Cruz-Rodríguez, 1992).

Por otra parte, la distribución de las diferentes especies no es homogénea bajo el dosel de las leñosas; estas tienden a ubicarse bajo aquellas áreas que a lo largo del día se ven protegidas en mayor grado contra la radiación solar. Así, el lado norte de las leñosas es el que presenta la mayor cobertura de vegetación o en su defecto aquellas áreas que por la disposición de las ramas presentan una sombra más densa (Cruz-Rodríguez, 1992). Valiente-Banuet *et al.* (1991), sugieren que a mayores latitudes (desiertos del norte), en las que la radiación solar directa incide por el lado sur a lo largo de todo el año, el patrón acimutal no aleatorio alrededor de la planta nodriza debe ser más pronunciado.

Avilés y Cortés-Castelán (1997), también mencionan que *Flourensia resinosa* y *Mimosa biuncifera* ofrecen condiciones de nodrizaje para el establecimiento de gramíneas, gracias a que bajo sus copas se mejoran las condiciones edáficas.

Valiente-Banuet *et al.* (1991), demuestran el efecto de nodrizaje de *M. luisana* para favorecer el establecimiento de cactus jóvenes de la especie *Neobuxbaumia tetetzo*; sus resultados indican que hay una leve diferencia en la concentración de nitrógeno debajo de los doseles de *M. luisana* comparada con la existentes en suelos abiertos sin presencia de esta especie, asimismo, bajo la copa de la arbustiva nodriza, hay una menor radiación ultravioleta y una mayor humedad.

### **2.3 Variables microclimáticas**

Las variables microclimáticas más importantes para el desarrollo y crecimiento vegetal son: luz, temperatura y humedad (Kozlowski *et al.*, 1990).

#### **Luz.**

La luz influye en numerosas funciones de las plantas de acuerdo al tipo de planta, la etapa del ciclo de vida y según las variaciones de otros factores (Daubenmire, 1988).

La luz puede afectar al crecimiento y desarrollo de las plantas como fuente de energía mediante la fotosíntesis, como fuente de calor para regular la temperatura necesaria para la realización de los procesos fisiológicos tales como la evapotranspiración, la asimilación de nutrimentos, etc. y como fuente de información, ya que la cantidad de luz (fotones) que incide sobre las plantas por unidad de tiempo y superficie (irradiancia), su composición espectral, la dirección con que incide y su duración diaria (fotoperíodo) son aspectos del ambiente luminoso que cambian en condiciones naturales y proveen de información acerca de una serie de condiciones (época del año, presencia de plantas vecinas etc.) necesarias para que las plantas lleven a cabo su ciclo de vida. Las plantas poseen fotorreceptores que les permiten utilizar dicha información. Estas moléculas cambian su estado en función del ambiente luminoso y como consecuencia modulan distintos aspectos del desarrollo y crecimiento (germinación, floración, fotomorfogénesis etc.)(Tivy, 1998).

La fotosíntesis, es uno de los procesos fisiológicos relacionados directamente con la cantidad de luz que reciben las plantas y su significado ecológico es muy importante, pues representa la forma en que las plantas elaboran los carbohidratos necesarios para su desarrollo y crecimiento.

Las plantas, presentan diferentes mecanismos para realizar la fotosíntesis, de esta manera hay plantas con mecanismos  $C_3$ ,  $C_4$  y CAM, estos tipos de fotosíntesis se derivan del número de carbonos que presentan los primeros compuestos formados por la fijación de  $CO_2$ . En las plantas  $C_3$  el primer producto de la fijación del  $CO_2$  es el compuesto de tres carbonos: fosfoglicerato. En las plantas  $C_4$  es el ácido oxaloacetato (compuesto de cuatro carbonos) y en las plantas CAM (metabolismo ácido de las crasuláceas) se forma un compuesto de 4 carbonos (oxalocetato) que se transforma en malato el cual es acumulado durante las noches y durante el día se libera y es descarboxilado a piruvato.

Las plantas  $C_3$ , crecen bajo condiciones de luz moderados, ya que altas intensidades de luz inhiben su fotosíntesis, las plantas  $C_4$  y CAM son plantas que pueden fotosintetizar bajo altas radiaciones solares y son más eficientes en la fijación de carbono y el uso eficiente de agua.

Las plantas  $C_3$  crecen principalmente en climas templados y las  $C_4$  y CAM en sitios secos y tropicales.

En el caso de las especies arbustivas de zonas semisecas, éstas generan un microclima bajo su dosel con la radiación solar suficiente para permitir el establecimiento de especies con fotosíntesis  $C_3$ ,  $C_4$  y CAM.

### **Agua.**

El agua es esencial para la vida, todos los organismos toman agua de su alrededor y también la eliminan a través de su cuerpo. La pérdida de agua es el significado de su exceso de calor y es el medio a través del cual los desechos son eliminados.

La mayoría de las plantas terrestres obtienen agua del suelo a través de su sistema radical, aunque los musgos y los líquenes pueden absorber humedad a través de la atmósfera. Cerca del 90% del agua que es absorbida por las plantas, se pierde durante el proceso de transpiración a través de los estomas, que se encuentran en la superficie de todos los órganos verdes o, a través de la cutícula de los musgos y de los líquenes donde fundamentalmente es removida por evaporación.

El metabolismo eficiente requiere de una fuente constante de agua, la cual debe ser mantenida para sostener a las células turgentes. El balance de agua en las plantas, depende de la diferencia entre las entradas y las salidas. Si éste balance se rompe, la planta podría sufrir de deshidratación.

Tivy (1998), define que la sequía ocurre, cuando el potencial de evapotranspiración excede a la cantidad de agua disponible en el suelo. Lo primero es una función principalmente de la capacidad evaporativa de la atmósfera y lo segundo es una función de la infiltración y de la capacidad del suelo de almacenamiento de agua.

La tasa a la cual las plantas absorben el agua está determinada por la temperatura y la composición química del suelo. Las bajas temperaturas, alta acidez, alcalinidad y salinidad, pueden reducir la tasa de absorción del agua y cuando la demanda de evapotranspiración es alta, causa estrés hídrico el cual resulta en una marchitez temporal o un crecimiento reducido y, si esto es prolongado se provocará la muerte.

### **Temperatura**

La temperatura es uno de los factores físicos del ambiente, es tan importante como factor limitante como lo es el agua. La temperatura controla la tasa de los procesos biológicos.

La ley de Van't Hoff dice que la velocidad de una reacción química se duplica con un incremento de temperatura de 10 °C, esto es aplicable, dentro de los límites y sobre un nivel óptimo, para los procesos metabólicos de todos los organismos, aunque en la biosfera hay pocos lugares que son demasiado calientes o fríos para la vida, la mayoría de los organismos funcionan en un rango cerca de los 0-50 °C. Algunas algas pueden crecer y reproducirse a temperaturas bajo cero, mientras otras pueden tener temperaturas mayores a los 70-80 °C. Para cada especie de planta y animal, hay un rango de temperatura dentro del cual pueden existir. Los límites críticos se presentan por debajo de la temperatura umbral mínima y por arriba de la temperatura máxima en los cuales un organismo no puede sobrevivir; la temperatura óptima es aquella en la cual las funciones del organismo son más eficientes.

Las zonas áridas y semiáridas se caracterizan por una alta radiación ambiental, aunque la luz limita el CO<sub>2</sub> adquirido por las plantas del desierto especialmente cuando se encuentran sombreadas por una planta nodriza (planta que favorece el crecimiento de otras especies bajo su dosel por proporcionar condiciones de luz, temperatura y humedad favorables), la magnitud de la reducción depende del tamaño, la forma y la localización de la plántula debajo del dosel de la nodriza; así como de las características de la copa de ésta (Franco y Nobel, 1988).

De esta forma, la luz es un factor importante en el crecimiento de las plántulas de ciertas especies que crecen bajo la copa de otras plantas, como ocurre con las de *Quercus serrata* que se desarrollan bajo la cobertura de pastos (Tang *et al.*, 1992). El principal factor que determina el efecto de la planta nodriza, es la protección que provee a otros organismos vegetales contra la intensa radiación solar (Valiente-Banuet *et al.*, 1991).

## **2.4 Tipos de nodrizaje, estudios de nodrizaje e islas de fertilidad en el género *Mimosa*.**

### **Especies nodrizas.**

Flores-Martínez *et al.* (1994), estudiaron el efecto de nodriza de *M. luisana* sobre el crecimiento de *Neoubouxbamia tetetzo* en el Valle de Tehuacán. Valiente-Banuet *et al.* (1991), estudiaron la interacción de *M. luisana* y *N. tetetzo* también en el Valle de Tehuacán, encontrándose que *M. luisana* muestra un efecto de nodrizaje sobre *N. tetetzo* que favorece el establecimiento de plántulas de cactus jóvenes. Sus resultados

arrojaron que hay una leve diferencia en la concentración de N<sub>2</sub> debajo de los doseles de *M. luisana* comparada con la existentes en suelos abiertos sin presencia de esta especie, asimismo, bajo la copa de la arbustiva nodriza, hay una menor radiación ultravioleta y una mayor humedad.

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); c) 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.*, 1977; Villela y Ravetta, 2000) y e) físico (Nobel, 1989) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Tipos de nodrizaje (Orozco, 2003)

Tipo	Características
Vegetal	Una planta, normalmente leñosa, genera un microclima bajo su cobertura el cual es favorable al establecimiento y desarrollo de otras especies.
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).
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, una 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 la 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.
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 las plantas asociadas a la nodriza.
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; Jonson 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 (Tiedemmen 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; Florez-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* (Tiedemman 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 para 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.

Muchos estudios de nodrizaje e islas de fertilidad se han realizado en el género *Prosopis* (Leguminosae) (Cruz-Rodríguez, 1992; McKell y García-Moya, 1989), que pertenece a la misma subfamilia (Mimosoideae) que el género *Mimosa*. Por lo que estos

estudios se tomarán como antecedente para el trabajo del género *Mimosa*, dada la poca información publicada en relación a este tema.

## 2.5 El género *Mimosa* en México.

El género *Mimosa* L. comprende cerca de 400-500 especies nivel mundial, de las cuales el 90% son americanas, el resto se encuentra en África, Asia y Australia (Grether *et al.*, 1996).

En México se han encontrado 110 especies, lo que representa el 20% del total mundial (500 especies) de las cuales el 60% son endémicas del país (Grether *et al.*, 1996); esta riqueza de especies del género coloca a México en el segundo lugar después de Brasil, considerado como el centro de dispersión del género (Grether, 1974). En México, su distribución es muy amplia, encontrándose en las regiones tropicales, subtropicales, templadas, áridas y semiáridas.

En México, las zonas áridas y semiáridas ocupan más del 60% del territorio (Rzedowski, 1968). En la mayor parte de estas zonas, se practica una agricultura de temporal, una ganadería de pastoreo abierto y un aprovechamiento de los recursos silvestres mínimo, de lo cual viven cientos de familias campesinas que están expuestas a una pobreza extrema.

El género *Mimosa* se encuentra bien representado en las zonas áridas y semiáridas de México, caracterizadas en la parte Centro y Norte del país por matorrales y zacatonales como tipo de vegetación dominante, donde las formas arbustivas y arbóreas del género están presentes (Rzedowski, 1968).

Las especies de este género presentan una alta funcionalidad bajo condiciones de sequía, debido a que tienen raíces profundas, a la sincronización en el crecimiento y la reproducción durante el breve período húmedo anual y a características morfofisiológicas que les permiten conservar la humedad y regular la temperatura; de esta manera, habitan exitosamente en las zonas áridas y semiáridas del país. También, las especies del género *Mimosa* se encuentran tanto en las pendientes pronunciadas como en los valles bajos y profundos normalmente secos, donde sólo gramíneas y especies anuales pueden competir con ellas (McKell y García-Moya, 1989).

Para las zonas áridas y semiáridas del país, poco se conoce sobre este género en particular, sobre sus usos locales. Las especies mejor conocidas son de zonas tropicales, ejemplo el “Tepezcohuite” (*Mimosa tenuiflora* (Willd.)Poir), que por el uso de su corteza, para cicatrizar heridas y quemaduras debido a sus propiedades, tanto

medicinales como toxicológicas tiene una gran demanda en las poblaciones locales; sin embargo, estos usos son completamente empíricos. En el estado de Campeche y Yucatán se reportan usos locales de la madera para leña y carbón de *M. bahamensis* (Grether *et al.*, 1996; Niembro, 1988). En Sinaloa, San Luis Potosí, Veracruz y Tabasco, *M. albida* (dormilona) especie de zonas tropicales y templadas, se utiliza con fines medicinales, principalmente la raíz contra enfermedades febriles y las hojas contra afecciones bucales y enfermedades urinarias. Se hace imperante que las especies del género *Mimosa* nativas en zonas áridas y semiáridas que tienen poca o ninguna importancia comercial, sean evaluadas.

### **2.6.1 Caracterización taxonómica del género *Mimosa*.**

El género *Mimosa* corresponde a la familia Leguminosae y se ubica dentro de la subfamilia Mimosoideae, en la tribu Mimoseae, que comprende 33 géneros (Grether *et al.*, 1996).

Las leguminosas comprenden 650 géneros y 18 000 especies. Aunque la familia se extiende en todos los hábitats desde el Ecuador hasta los extremos de desiertos secos y fríos, gran parte de su diversidad está centrada en áreas de topografía variada y con climas de estaciones marcadas, así como en los trópicos. Casi un tercio de las especies están contenidas en seis géneros: *Acacia*, *Astragalus*, *Cassia*, *Crotalia*, *Indigofera* y *Mimosa* todos ellos característicos de áreas abiertas y sitios perturbados (Polhill *et al.*, 1981; citado por Grether *et al.*, 1996).

La subfamilia Mimosoideae comprende aproximadamente 50-60 géneros, distribuidos en las regiones tropicales, subtropicales y templadas del mundo. Los géneros con mayor número de especies son: *Acacia* con 1200, *Mimosa* con 400-500 e *Inga* con 350-400. Muchos de los otros géneros son pequeños y casi la mitad son monotípicos y en su mayoría africanos (Elias, 1974 citado por Grether *et al.*, 1996).

De acuerdo a la clasificación de Barneby (1991), el género *Mimosa* se encuentra dividido en cinco secciones: 1) Sección *Mimadenia* Barneby; 2) Sección *Batocaulon* De Candolle 3) Sección *Calothamnos* Barneby; 4) Sección *Habbasia* De Candolle y 5) Sección *Mimosa*.

### **2.6.2 Formas de crecimiento del género *Mimosa* (Grether *et al.*, 1996).**

En el género se presentan diversas formas biológicas: Hierbas anuales como *M. ursina* Mart., sufruticosas como *M. orthocarpa* Spruce ex Benth., arbustos erectos de 1

a 3 m de alto, que son los predominantes en México, como *M. brevispicata* Britton, bejucos como *M. watsonii* B. L. Rob., arbustos trepadores como *M. sicyocarpa* B. L. Rob y árboles pequeños de 3 a 10 m de alto como *M. aculeaticarpa* Ortega y *M. tenuiflora*.

Las flores se pueden agrupar en cabezuelas globosas como en *M. leucaenoides* Benth. o subglobosas como en *M. occidentalis* Britton & Rose y en espigas como en *M. luisana* brandegeei o *M. adenantheroides* Benth.

Las legumbres se presentan en un número variable de artejos (lomento) y, en algunos casos, las valvas son enteras como en *M. galeotii* Benth.; sin embargo, el margen persistente es característico del género.

### III. PROBLEMÁTICA.

Gran parte de la vegetación de la cuenca hidrográfica del río Estórax se encuentra deteriorada por diversas actividades humanas: minería, deforestación, sobrepastoreo y saqueo de especies valiosas económicamente, como el peyote (*Lophophora wiliamsii*), la gobernadora (*Larrea tridentata*) y el orégano (*Lippia graveolens*) entre otras.

Esto conlleva pérdida de la fertilidad del suelo, erosión y alteración en el ciclo hidrológico. Es urgente la búsqueda de alternativas que coadyuven a la recuperación de estos ecosistemas con el fin de restaurar en el mediano plazo, su estructura y funcionalidad.

Para recuperar la cubierta vegetal es necesario la identificación de especies clave, que por su adaptación a las condiciones climáticas extremas de las zonas semisecas dirijan los procesos de sucesión vegetal.

Las especies del género *Mimosa*, crecen exitosamente en los matorrales xerófilos de la cuenca, permitiendo bajo su dosel el establecimiento de una serie de especies vegetales colonizadoras y tardías de la sucesión.

En función de estas características, las especies del género *Mimosa* son especies dominantes o codominantes en los matorrales xerófilos, por lo que su participación en la dinámica de los ecosistemas es fundamental.

Para determinar el papel que juega estas especies desde el punto de vista funcional, es necesario evaluar algunos aspectos ecofisiológicos que determina su importancia en las comunidades.

Por lo anterior se desea responder a las siguientes preguntas:

a) ¿Bajo el dosel de cuatro especies del género *Mimosa* (*M. lacerata*, *M. biuncifera*, *M. similis* y *M. texana* var. *texana*) se modifican las variables microclimáticas (luz, temperatura y humedad)?

b) ¿Hay relación entre las variables microclimáticas y la vegetación asociada a su dosel?

c) ¿Las cuatro especies incrementan los nutrimentos del suelo?

#### **IV. HIPÓTESIS.**

Bajo el dosel de las cuatro especies arbustivas del género *Mimosa* (*Mimosa lacerata*, *M. similis*, *M. depauperata* y *M. texana* var, *texana*) en matorrales semiáridos de la cuenca del río Estórax las condiciones de luz y temperatura se abatirán y la humedad relativa y algunos nutrimentos del suelo se incrementarán para favorecer el establecimiento de especies asociadas.

## **V. OBJETIVOS.**

**Objetivo general.-** Evaluar las condiciones de cuatro especies del género *Mimosa* (*M. texana* var. *texana*, *M. depauperata*, *M. lacerata* y *M. similis*); microclimáticas y edáficas que se presentan bajo su dosel.

### **Objetivos específicos.-**

1. Evaluar las variables microclimáticas (PAR, temperatura y humedad) debajo del dosel de las especies así como en áreas abiertas.
2. Evaluar los atributos de la vegetación que crece asociada al dosel de las especies del género *Mimosa* (densidad, diversidad y valor de importancia).
3. Evaluar la formación de islas de fertilidad por cada una de las especies, mediante el incremento de P (fósforo), K (potasio), NI (nitrógeno inorgánico) en el suelo.

## VI. METODOLOGÍA.

### 6.1 Área de Estudio.

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, situada en la parte media y semiárida del Estado de Querétaro, la que cubre parcialmente los municipios de Cadereyta de Montes, Peñamiller y Tolimán. Está delimitada geográficamente por los meridianos  $99^{\circ} 37'$  y  $100^{\circ} 01'$  de longitud oeste y por los paralelos  $20^{\circ} 45'$  y  $21^{\circ} 12'$  de latitud norte, Zamudio 1984 (figura 1).

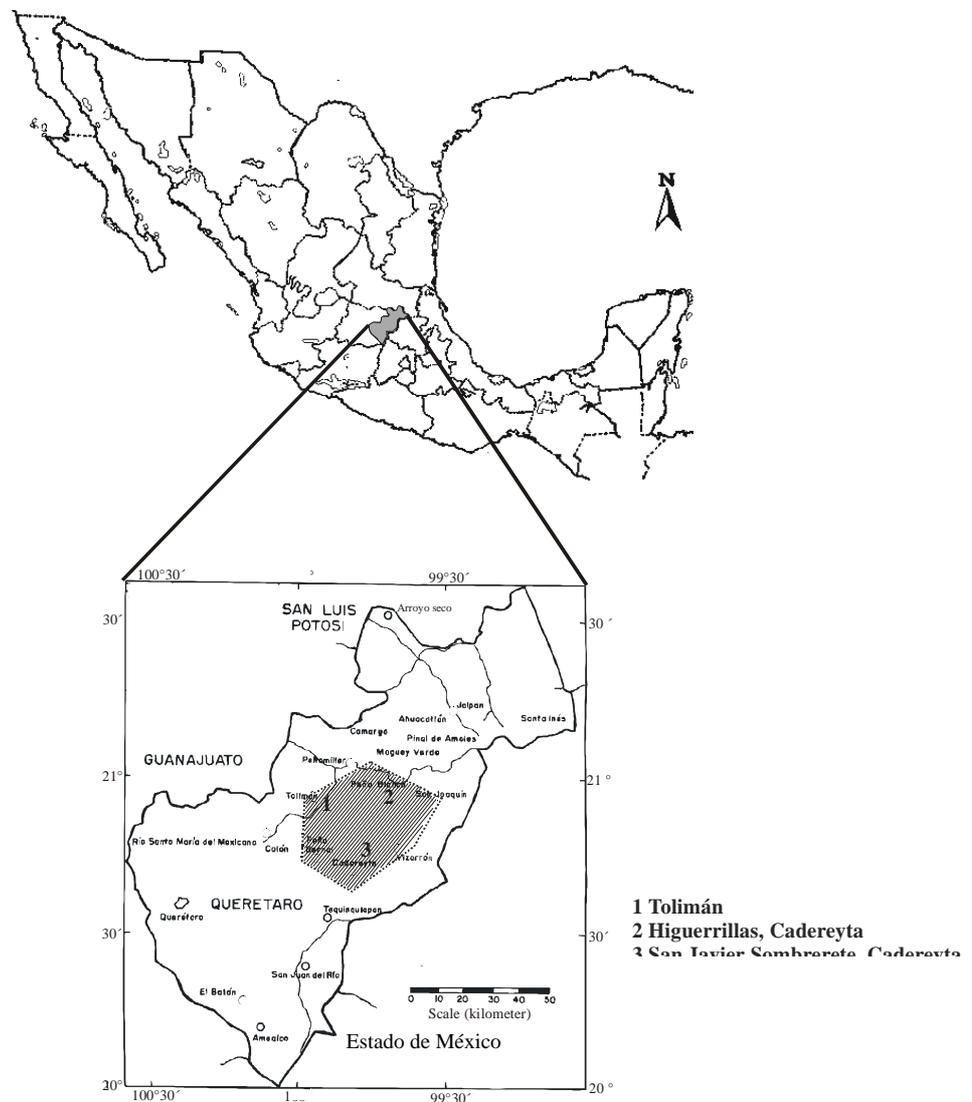


Figura 1. Localización de la zona de estudio

El área de estudio incluye la región conocida como la zona árida de Querétaro, abarca una superficie aproximada de 1200 km<sup>2</sup>. Las sierras que circundan a esta zona semiárida forman un complejo montañoso que recibe diferentes nombres locales, de los más generalizados es el de “la Sierra Gorda de Querétaro”.

Los límites naturales de la depresión son: al norte y noreste la sierra de Pinal de Amoles, al noroeste la sierra de Guanajuato, al este la sierra del El Doctor y, al sur la sierra Peña Azul (Zamudio, 1984).

Para la realización del estudio se eligieron tres comunidades vegetales de matorral xerófilo, donde habitan las cuatro especies del género bajo estudio: *Mimosa depauperata*, *M. lacerata*, *M. similis* y *M. texana* var *texana*.

La comunidad I, se localizó en un matorral caudicaulescente, a 1.5 Km al noreste de San Pablo Tolimán, en el Municipio de Tolimán (20°51.6'N; 99°51.26'W), donde coexisten *M. lacerata* y *Mimosa depauperata*. La comunidad II correspondió a un matorral micrófilo, localizado a 6 Km al noreste de Higuerillas, Municipio de Cadereyta (20°56'N; 99°45'W) con la presencia de *M. similis*. La comunidad III fue un matorral caudicaulescente localizado a 2km al sur de San Javier Sombrerete en el Municipio de Cadereyta (20°56'N, 99°45'W) donde se presenta *M. texana* var. *texana* (Figura 1). La precipitación y la temperatura media anual en Cadereyta es de 447 mm y 15 °C y en Tolimán de 377 mm y 19 °C respectivamente.

Se realizaron tres experimentos independientes para llevar a cabo cada uno de los objetivos específicos.

## **6.2 Descripción de las actividades realizadas en el estudio**

### **Experimento I. Condiciones microclimáticas debajo del dosel de cada una de las 4 especies.**

En cada una de las zonas de muestreo se eligieron cuatro individuos por especie, cuyas características morfológicas fueron similares en cuanto a la altura, cobertura y número de ramas basales.

Se procedió a dividir la cobertura de cada uno de los individuos en relación a los cuatro puntos cardinales noreste, sureste, noroeste y suroeste, registrando en cada punto cardinal las variables microclimáticas siguientes: Radiación fotosintéticamente activa (PAR), con un ceptómetro (Delta T Devices) de 40 cm de longitud, temperatura

ambiental y humedad relativa con un termómetro digital (Jenway marca ELE), las mediciones se realizaron cerca del tronco principal, parte media y borde del dosel y las variables se evaluaron entre las 12:00 y las 15:00, durante los meses de febrero a julio de 1999, una vez al mes. Para cada una de las variables microclimáticas, se tomaron diez lecturas.

De manera alterna se evaluaron las variables microclimáticas de la misma manera en zonas abiertas exentas de vegetación para lo cual también se consideraron 4 repeticiones.

Los resultados de PAR, temperatura y humedad se analizaron en un arreglo factorial de 4 especies x 4 orientaciones con 40 repeticiones (ANOVA). Y los valores de las medias se compararon por la prueba de Tukey (Infante y Zarate de Lara, 1990).

### **Experimento II. Efecto de la cobertura de los individuos de las 4 especies en el establecimiento de vegetación asociada.**

Debajo de los 4 individuos seleccionados para cada especie, se evaluó la vegetación que crece asociada a su dosel. Se realizaron transectos ubicados en los cuatro puntos cardinales (NE, SE, NW Y SW) igual que en la determinación de las variables microclimáticas, en cada transecto se trazó una línea de Canfield cuya longitud dependió del radio de la copa. A lo largo de toda la línea se registró la longitud de la intersección de cada una de las especies presentes (tanto herbáceas, leñosas y/o suculentas) (Cruz-Rodríguez, 1996). En cada línea de Canfield se evaluó: densidad absoluta y relativa, frecuencia, cobertura e índice de dominancia.

En cada una de las tres zonas se trazó una línea de Canfield de 20 metros, orientada en el sentido de la pendiente, en cada metro se registró la altura y el diámetro de las especies intersectadas (Cox, 1980).

De igual manera se eligió una zona abierta en cada zona de muestreo, es decir, fuera del dosel de las Mimosas, donde se evaluaron en una línea de Canfield los mismos atributos que fueron evaluados debajo del dosel.

### **Experimento III. Efecto de la cobertura de los individuos de las 4 especies en la formación de islas de fertilidad por medio de la condición nutrimental del suelo.**

Para la determinación de islas de fertilidad, se tomaron muestras de suelo de 2 kg, de cada uno de los cuatro puntos cardinales debajo del dosel de las cuatro especies de *Mimosas* y a una profundidad de 10 cm.

En el laboratorio se obtuvo una mezcla compuesta para cada uno de los individuos y se analizaron: pH (método del potenciómetro relación suelo-agua 1:2); materia orgánica, (método de Walkey y Black); capacidad de intercambio catiónico total (CICT)(método de acetato de sodio 1.0 N), nitrógeno (extraído con cloruro de potasio 2N y determinado por arrastre de vapor), fósforo (método 21 Bray P-1, 16-43 Olsen); y potasio.(extraído en acetato de amonio 1.0N, pH 7.0; relación 1:20 y determinado por espectrofotometría de emisión de flama) (Jackson, 1964; Chapman, 1979; Grove *et al.*, 1982).

Se trabajó con 4 repeticiones para cada especie y 1 testigo que estuvo representado por características del suelo en sitios abiertos para cada zona.

Los datos obtenidos se analizaron de acuerdo a un diseño experimental completamente aleatorio en un arreglo factorial de 4 especies x 4 puntos cardinales x 1 condición de suelo, con 4 repeticiones. Se aplicó una prueba de Tukey para determinar la diferencia entre medias (Infante y Zárate de Lara, 1990).

## VII. RESULTADOS

### 7.1. Variables microclimáticas

#### 7.1.1 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. 2).

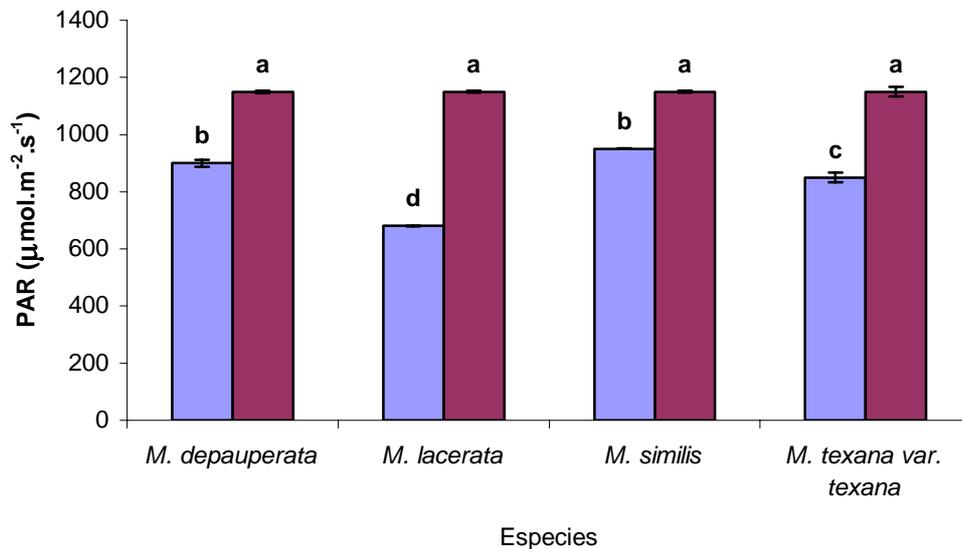


Fig. 2. Radiación Fotosintéticamente Activa (PAR) registrada bajo el dosel ■ en las áreas interarbustivas ■ de las cuatro especies de *Mimosa*. (Literales minúsculas distintas representan diferencias  $p \leq 0.05$  entre tratamientos y especies).

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 2).

Cuadro 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

### 7.1.2 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. 3).

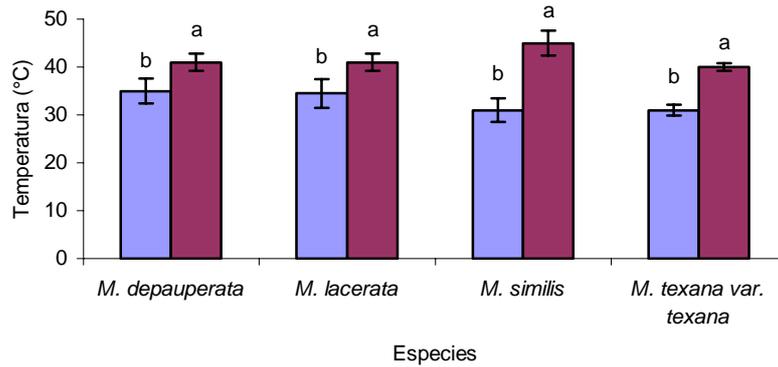


Fig. 3. Temperatura media registrada bajo el dosel ■ y en áreas interarbustivas ■ de las cuatro especies de *Mimosa* durante el período de estudio. (Literales minúsculas diferentes representan diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) entre especies).

### 7.1.3 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 entre especies ( $p \leq 0.05$ ); 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.4).

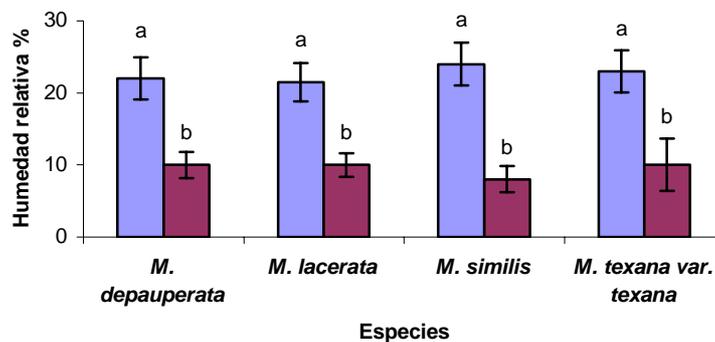


Fig. 4. Humedad relativa media, registrada bajo el dosel ■ en áreas interarbustivas ■ de las cuatro especies de *Mimosa* durante el período de estudio. (Literales minúsculas diferentes representan diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) entre dosel y áreas interarbustivas).

## 7.2. 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 3).

Cuadro 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 difusa</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</i> spp.	3.12	0.46	2.0	5.58
<i>Opuntia</i> spp.	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 4).

Cuadro 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</i> spp.	5	0.17	3.13	8.3
<i>Echinocactus</i> spp.	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 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 3, 4 y 5).

Cuadro 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 spp.</i>	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 6).

Cuadro 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>Cactaceae 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>Cactaceae 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 6). *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 7).

Cuadro 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 lechugilla</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 8).

Cuadro 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 8). *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 9).

Cuadro 9. Especies presentes en la zona interarbusiva 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

### 7.3. 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 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 10).

Cuadro 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

#### 7.3.1. Características edáficas bajo los doseles y en los espacios interarbustivos

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).

La CICT total registrada, fue significativamente mayor en los suelos de *M. texana* var. *texana*, la cual fue de  $7.25 \text{ cmolkg}^{-1}$  tanto bajo el dosel como en las áreas interarbustivas (Cuadro 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). 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).

El contenido de nitrógeno inorgánico fue significativamente mayor bajo el dosel de *M. texana* var. *texana* ( $0.037 \text{ g.kg}^{-1}$ ) y el suelo de sus zonas interarbustivas fue menor e igual a los suelos de las otras especies (Cuadro 11).

En relación al  $\text{NH}_4$  fue mayor en *M. texana* var. *texana* que en las otras especies independientemente debajo del dosel y las áreas interarbustivas.

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 interarbustivas (Cuadro 11).

Cuadro 11. Características edáficas bajo el dosel y áreas interarbustivas de las cuatro especies de *Mimosa*. Literales minúsculas representan diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) entre hileras.

Especie		pH	CICT ( $\text{cmol kg}^{-1}$ )	M.O. (%)	P ( $\text{cmolkg}^{-1}$ )	NI ( $\text{g.Kg}^{-1}$ )	K ( $\text{cmolkg}^{-1}$ )	NH <sub>4</sub> ( $\text{g.Kg}^{-1}$ )
<i>M. depauperata</i>	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
<i>M. lacerata</i>	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
<i>M. similis</i>	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
<i>M. texana</i> var. <i>texana</i>	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

CICT: Capacidad de intercambio catiónico

M.O.: Materia orgánica

P: Fósforo

NI: Nitrógeno inorgánico

K: Potasio

NH<sub>4</sub>: Amonio

## VIII. 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*, esta reducción fue de un 41 %, y bajo el dosel de *M. depauperata*, *M. similis* y *M. texana* var. *texana* de un 18-26 %, respecto a las áreas interarbustivas correspondientes.

En *Mimosa lacerata*, la reducción de la PAR, pese a ser la más baja, 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  $600 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$  (Nobel, 1991); en este trabajo, los valores más bajos que se registraron bajo el dosel de *M. lacerata* fueron de  $670 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ . 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  $2,000 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$  (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 el incremento 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 reflejadas 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 de humedad (por ejemplo: en las zonas semiáridas y áridas las precipitaciones favorables cada 3 o 5 años).

*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 interarbustivas fue *M. depauperata*. Bajo el dosel de *M. similis*, la especie con mayor valor de importancia fue *Jatropha dioica* y en las áreas interarbustivas *Fouquieria splendens* y para *M. texana* var. *texana*, tanto bajo el dosel como en áreas interarbustivas, *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.

Bajo el dosel de las especies del género *Mimosa*, se presentó una menor diversidad de especies asociadas en relación a las áreas interarbustivas, posiblemente como una consecuencia de la menor fluctuación de variables microclimáticas bajo el dosel que en áreas abiertas.

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 C<sub>3</sub> bajo el dosel y de C<sub>4</sub> 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 interarbustivas; así mismo, bajo el dosel de *M. texana* var. *texana* el nitrógeno inorgánico mostró un incremento significativo (1.5 veces).

Wezel *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. Wezel *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 (McKell y García-Moya, 1970; Barth y Klemmedson, 1982; Virginia y Jarrell, 1983).



## IX. CONCLUSIONES

- Las cuatro especies de *Mimosa* proveen ambientes homeostáticos que incrementan la riqueza de formas de vida y la densidad florística de la comunidad pero no así la diversidad de especies, en contraste con las zonas abiertas.
- Bajo su dosel, se abate la radiación fotosintéticamente activa (PAR) y la temperatura y se incrementa 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 algunos nutrientes 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 variables microclimáticas bajo el dosel favorecen la densidad de individuos de diferentes especies en relación a las áreas abiertas.
- Las cuatro especies de *Mimosa* mantienen condiciones microclimáticas favorables bajo su dosel en el mediano y largo plazo, en función de su ciclo de vida, por lo que podrían favorecer la probabilidad de incorporación de especies asociadas, jugando un papel importante en la dinámica de los ecosistemas en donde crecen.
- Con los resultados obtenidos en este estudio no se puede establecer un efecto de nodrizaje por parte de las especies estudiadas del género *Mimosa*, sin embargo, los resultados obtenidos permiten identificar las especies más abundantes que crecen bajo el dosel y que podrían ser las posibles especies nodrizadas.

## **X. SUGERENCIAS**

- Muestrear el suelo para evaluar los nutrimentos del suelo antes y después de la caída del follaje de las especies de *Mimosa*, para conocer la aportación de M.O. y su relación con dichos nutrimentos.
- Para poder evaluar el efecto de nodrizaje es necesario el estudio de relaciones puntuales entre las especies que crecen bajo el dosel de las especies del género *Mimosa*, tales como: tasa de crecimiento relativo, tasas de supervivencia y biomasa entre otras.

## X. LITERATURA CITADA

- Archer, S., C. Schifres y C.R., Bassham. 1988. Autogenic sucession in a subtropical savanna conversion of grass land to thorn woodland. *Ecological Monographs*, 58: 111-127.
- Arriaga, L., S. Maya y J. Cancino. 1993. Association between cacti and nurse perennials in a heterogeneous tropical dry forest in Northwestern Mexico. *Journal of Vegetation Science*, 4:349-356.
- Avilés M., S.M. y Cortés C., J. C. 1997. Establecimiento del zacate navajita azul (*Bouteloua gracilis* (H. B. K. )Lag. Ex Steud) a través del nodrizaje vegetal, en un agostadero semiárido del Valle de Actópan, Estado de Hidalgo. Tesis de Licenciatura de Biología, FES, Zaragoza; UNAM, México.
- 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.
- Barneby R.C. 1991. Sensitivae Censitae. A description of the genus *Mimosa* L. (Mimosaceae) in the New World. *Memories of the New York Botanical Garden*. 65: 1-835.
- Barth, R.C. y J.O. Klemmedson. 1982. Shrub-induced special patterns of dry matter, nitrogen and organic carbon. *Soil Science Society American Journal*, Vol. 42: 804-809.
- 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.
- Caldwell, M.M. y J.H. Richards. 1989. Hidraulic 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. Hidraulic lift: consequences of water efflux from the roots of plants. *Oecologia*, 113: 151-161.
- Carlson, D.H., T.L. Thurow, R.W. Knight y 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. Tovar 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. 1996. La reforestación en la Montaña de Guerrero: Una alternativa con leguminosas nativas. Tesis de maestría, Facultad de Ciencias, UNAM, México.
- Challenger, A. 1998. Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, presente y futuro. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Instituto de Biología, UNAM y Agrupación Sierra Madre, S. C. México, 847 pp.
- Chapman, H.D. 1965. Cation exchange capacity. Pp. 891-901. In: C. A. Black (ed), Methods of analysis. Post 2. Agronomy 9. American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin.
- Cody, M.L. 1993. Do Cholla cacti (*Opuntia spp.*, subgenus *Cylindropuntia*) use or need nurse plants in the Mojave Desert. Journal of arid environment. 24:139-154.
- Cox, G.W. 1980. Laboratory manual of general ecology. 4rd. Edition. Wm. Brown Company Publisher. Dubuque Iowa. 237pp.
- Cruz, Rodriguez. J.A. 1992. Interacciones entre los estratos arbóreo y arbustivo con la vegetación herbácea en una zona de matorral en el Valle de Actopan, Hidalgo. Tesis de Licenciatura en Biología, ENEP Zaragoza, U.N.A.M., México, D. F. 83 pp.
- Cruz, Rodriguez. J.A. 1996. Evaluación de las condiciones microclimáticas, edáficas y de vegetación bajo el dosel de *Prosopis laevigata* (Humb. & Bonpl. Ex Wild) M. C. Johnst., en un agostadero semiárido del norte de Guanajuato. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. México. 100pp.
- 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.
- Daubenmire, R. F. 1988. Ecología Vegetal. Limusa, México. 496pp.
- Estela, R. y 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.
- Felker, P. y P.R. Clark. 1981. Nodulation and nitrogen fixation (acetylene reduction) in desert ironwood. Oecologia, 48: 292-293.
- Flores-Martínez, A., E. Ezcurra y S. Sánchez-Colón. 1994. Effect of *Neobuxbaumia tetetzo* on growth and fecundity of its nurse plant *Mimosa luisana*. Journal of Ecology. 82: 325-330.

- Franco, A. C. y P. S. Nobel. 1988. Interactions between seedlings of *Agave deserti* and the nurse plant *Hilaria rigida*. *Ecology*, 69(6):1731-1740.
- Franco, A.C. y P.S. Nobel. 1989. Effect of nurse plants on the micro-habitat and growth of cacti. *Journal of Ecology*, 77: 870-886.
- Franco-Pizaña, J.G., T.E. Fulbright y D.T. Gardiner. 1995. Spatial relations between shrubs and *Prosopis glandulosa* conopies. *Journal Vegetation Science*, 6: 73-78.
- García, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köeppen. UNAM, México. 118pp.
- 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.
- 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. y M. C. Mckell. 1970. Contribution of shrubs in the economy of a desert-wash plant community. *Ecology*, 51: 81-88.
- Garner, W. y Y. Steinberger. 1989. A proposed mechanism for the formation of "Fertile Islands" in the desert ecosystem. *Journal of Arid Environments*, 16: 257-262.
- Gioda, A., R. Espejo, J. Blot y O. Neuvy. 1994. Arbres fontaines, eau du brovillard et forets de nuages. *Secheresse*, 5:237-243.
- Grether, R. 1974. Estudio ecológico de *Mimosa biuncifera* Benth y *M. monancistra* Benth en la Cuenca Alta del Río de la Laja, Guanajuato. Tesis de Licenciatura en Biología, Facultad de Ciencias, UNAM, México.
- 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.; S.L. Camargo-Ricalde y A. Martínez-Bernal. 1996. Especies del Género *Mimosa* (Leguminosae) presentes en México. *Bol. Soc. Bot. México*. 58: 149-152.
- 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.

- 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.
- Harper, J.L., J.T. Williams y G. R. Sagar. 1965. The behavior of seeds in soil. I. The heterogeneity of soil surfaces and its role in determining the establishments of plants from seed. *Journal of Ecology*. 53:273-286.
- Infante, G.S. y G.P. Zarate de Lara. 1990. *Métodos Estadísticos. Un enfoque interdisciplinario.*, Trillas 2ª edición. México, 643 pp.
- 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 Enviroments*, 33: 473-482.
- Johnson, H. B. y H.S. Mayeux. 1990. *Prosopis glandulosa* and the nitrogen balance of rangelands: extent and occurence of nodulation. *Oecologia (Berl.)* 84: 176-185.
- Kozlowski, T.T. , P.J. Kaamevaud y S.G. Pavordy (1990). *The physiological ecology of woody plants.* Academic Press, INC. United States of America. 657 pp.
- McKauliffe, J.R. 1988. Markovian dynamics of simple and complex desert plant communities. *The American Naturalist*. 131(4): 459-490.
- McKell, C.M. y García-Moya. 1989. *NorthAmerican Shrublands.* Academic Press Inc. USA.
- Miller, T.E. y P.A Werner. 1987. Competitive effects and responses between plant species in a first-year old-field community. *Ecology*. 68 (5): 1201-1210.
- Niembro, R. A., 1988. *Semillas de árboles y arbustos.* Limusa, México.
- 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 y A. Diaz-Rondero. 1977. Seed germination of *Stenocereus thurberi* (Cactaceae) under different solar irradiation levels. *Journal of Arid Enviroments*, 36: 123-132.

- Orozco, A. M. S. 2003. Ecología funcional de cuatro especies del género *Mimosa* (Leguminosae) en la cuenca del Río Estórax, en el Estado de Querétaro, México. Tesis de Doctorado, División de Ciencias Biológicas y de la Salud. UAM.
- Reyes-Olivas, A., E. García- Moya y L. López, Mata. 2002. Cacti shrub interactions in the coastal desert of northern Sinaloa, *Journal of Arid Enviroments*, 52: 431-445.
- Richards, J.H. & M.M. Caldwell. 1987. Hidraulic lift: Substanyial nocturnal water transport between soil layers by *Artemisia tridentata* roots. *Oecologia*, 73: 468-489.
- Rzedowski, J. 1968. Las principales zonas áridas de México y su vegetación. *Bios*. 1: 4-24.
- 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. Sucesional dynamics in an *Acacia nilotica-Euclea divinorum* savannah in Southern Africa. *Journal of Ecology*, 75:603-610.
- Suzán, H., P.G., Nabham y D. T. Patten.1996. The importance of *Olneya tesota* as a nurse plant in the Sonoran Desert. *Journal of Vegetation Science*, 7:633-644.
- Tang, Y.; I. Washitani e H. Iwaki. 1992. Effects of microsite light availability on the survival and growth of oak seedlings within a grassland. *The Botanical Magazine, Tokio*. 105: 281-288.
- Tiedeman, A. R. y J. O. Klemmedson. 1973. Effect of mesquite on physical and chemical properties of the soil. *J. Range Manage*, 26: 27-29.
- Tiedeman, A. R. y J. O. Klemmedson. 1977. Effects of mesquite trees on vegetation and soil in the desert grassland. *Journal of Range Management*, 30:361-367.
- Tivy, Joy. 1998. *Biogeography. A study of plants in the ecosphere*. Third edition Longman. Malaysia. 452 pp.
- Valiente-Banuet, A. 1991. Dinámica del establecimiento de cactáceas y patrones generales y consecuencias de los procesos de facilitación por plantas nodrizas en desiertos. UNAM. Tesis de Doctorado en Ecología.
- Valiente-Banuet A.; A. Bolongaro- Crevenna, O. Briones, E. Ezcurra, M. Rosas, H. Nuñez, G. Barnard y E. Vazquez. 1991. Spatial relationships between cacti and nurse shrub in a semiarid environment in Central Mexico. *Journal of Vegetation Science*. 2: 15-20.

- Valiente-Banuet, A. y E. Ezcurra. 1991. Shade as cause of the association between the cactus *Neobuxbaumia tetetzo* and the nurse plant *Mimosa luisana* in the Tehuacan Valley, México. *Journal of Ecology*, 79: 961-971.
- Villela, A.E. y 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.
- Virginia, R.A. y W.N. Jarrell. 1983. Soil properties in a mesquite-dominated Sonoran Desert ecosystem. *Soil Science of American Journal*, 47:138-144.
- Wallace, A. Y E. M. Romney. 1980. The role of pionners in revegetation of disturbed desert areas. *Great Britain Naturalist*, 4:31-33.
- 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
- Yeaton, R. I. 1978. A cyclical relationship between *Larrea tridentata* and *Opuntia leptocaulis* in the Northern Chihuahuan Desert. *Journal of Ecology*. 66: 651-656.
- West, N.E. 1989. Spatial pattern-functional interactions in shrub-dominated plant communities, p. 283-305. En C. M. McKell (de.), *The biology and utilization of shrubs*, Academic Press, N. Y.
- 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.
- Yeaton, R.I. y M.L. Cody. 1976. Competition and spacing in plant communities: The northern Mohave desert. *Journal of Ecology*, 64: 689-696.
- 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. UNAM.