



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

-----  
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
Z A R A G O Z A

INTERACCIONES ENTRE LOS ESTRATOS ARBOREO Y  
ARBUSTIVO CON LA VEGETACION HERBACEA EN UNA ZONA  
DE MATORRAL EN EL VALLE DE ACTOPAN, HIDALGO

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**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 :

JUAN ANTONIO CRUZ RODRIGUEZ

DIRECTOR DE TESIS: DR. ARCADIO MONROY



MEXICO, D. F.

1992



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 está 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.

## INDICE

INTRODUCCION .....	1
CAPITULO 1. ANTECEDENTES.....	5
1.1. Bases del manejo y regeneración de los agostaderos de las regiones áridas y semiáridas.....	5
1.2. Condiciones ecológicas de los ecosistemas áridos y semiáridos influenciados por las presencia de leñosas.....	7
1.3. La resiembra de gramíneas en los agostaderos áridos y semiáridos.....	9
1.4. Instalación de <i>Bouteloua gracilis</i> .....	12
HIPOTESIS .....	15
OBJETIVOS.....	15
CAPITULO 2. DESCRIPCION DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	17
2.1. Ubicación geográfica.....	17
2.2. Clima.....	17
2.3. Geología y Edafología.....	20
2.4. Vegetación.....	20
CAPITULO 3. METODO.....	22
3.1. Evaluación de los patrones de asociación de la leñosas y las herbáceas.....	22
3.2. Evaluación de la variación microclimática bajo la copa de <i>Prosopis laevigata</i> (mezquite) y <i>Myrtillocactus geometrizans</i> (garambullo).....	24
3.3. Evaluación del establecimiento de <i>B. gracilis</i> bajo la copa de mezquite y bajo diferentes porcentajes de sombreado generados artificialmente .....	25
CAPITULO 4. RESULTADOS.....	28
4.1. Especies leñosas y herbáceas encontradas en el matorral de González Ortega y sus posibles patrones de asociación.....	28
4.1.1. Especies leñosas y herbáceas en el matorral de González Ortega.....	28
4.1.2. Patrones de asociación entre las leñosas y la vegetación herbácea.....	29
4.2. Variaciones de temperatura y de intercepción de radiación bajo la copa de <i>Prosopis laevigata</i> y <i>Myrtillocactus geometrizans</i> .....	39
4.2.1. Variación de temperatura bajo la copa de mezquite.....	39
4.2.2. Intercepción de radiación solar bajo mezquite.....	40
4.2.3. Variaciones de temperatura bajo la copa de garambullo.....	40
4.2.4. Intercepción de radiación solar bajo garambullo.....	41
4.2.5. Cobertura de herbáceas bajo mezquite y garambullo.....	41

4.3. Evaluación de la instalación y el crecimiento de <i>B. gracilis</i> bajo la copa de mezquite y diferentes porcentajes de sombra.....	45
4.3.1. Evaluación bajo mezquite.....	45
4.3.1.1. Emergencia y número final de plántulas de <i>B. gracilis</i> bajo mezquite.....	45
4.3.1.2. Desarrollo foliar.....	46
4.3.1.3. Desarrollo radical.....	47
4.3.1.4. Intercepción de radiación por la copa del árbol de mezquite.....	47
4.3.2. Crecimiento bajo diferentes porcentajes de sombra.....	56
4.3.2.1. Desarrollo foliar.....	56
4.3.2.2. Desarrollo radical.....	56
CAPITULO 5. DISCUSION.....	60
5.1. Influencia de los árboles y arbustos sobre la composición florística de la vegetación herbácea.....	60
5.2. Evaluación de la variación microclimática.....	64
5.3. Instalación y desarrollo de plántulas de <i>Bouteloua gracilis</i> .....	67
5.4. Consideraciones generales.....	70
CAPITULO 6. CONCLUSIONES.....	75
LITERATURA CITADA.....	77

## INDICE DE FIGURAS

Fig. 1: Influencia de los árboles sobre las condiciones microclimáticas y edáficas	8
Fig. 2: Influencia de las leñosas en las condiciones microclimáticas	10
Fig. 3: Pasto navajita <i>Bouteloua gracilis</i>	13
Fig. 4 El Valle de Mezquital, Edo. de Hidalgo	18
Fig. 5 Zona de Estudio en el Municipio de Santiago de Anaya	19
Fig. 6 y Fig. 7 Aspectos del matorral espinoso de González Ortega, municipio de Santiago de Anaya	23
Fig. 8 <i>Bouteloua gracilis</i> sembrada bajo un árbol de mezquite	27
Fig. 9 Sombra generada artificialmente (75%)	27
Fig. 10 <i>Enneapogon desvauxii</i>	31
Fig. 11 Especies de gramíneas encontradas en el matorral de González Ortega.	32
Fig. 12 Variaciones temperatura bajo el área de influencia de la copa de <i>Prosopis laevigata</i> (mezquite) a diferentes horas del día (marzo de 1990)	42
Fig. 13 Variación de temperatura bajo el área de influencia de la copa de <i>Myrtillocactus geometrizans</i> (garambullo) a diferentes del día.	43
Fig. 14 Plántulas de <i>Bouteloua gracilis</i> emergidas bajo la copa de un árbol de mezquite ( <i>Prosopis laevigata</i> ), muestreadas en transectos lineales: tronco-periferia	48
Fig. 15 Número de plántulas de <i>Bouteloua gracilis</i> bajo la copa de un árbol de mezquite ( <i>Prosopis laevigata</i> ), muestreadas en transectos lineales: tronco-periferia	49
Fig. 16 Medias y desviación estándar de la longitud de las hojas de <i>Bouteloua gracilis</i> emergidas bajo la copa de un árbol de mezquite ( <i>Prosopis laevigata</i> ). Exposición.	50
Fig. 17 Diagramas de caja para la longitud de las hojas de plántulas de <i>Bouteloua gracilis</i> sembradas bajo mezquite <i>Prosopis laevigata</i> . Exposición.	51
Fig. 18 Medias de la longitud de las hojas de plántulas de <i>Bouteloua gracilis</i> sembradas bajo un árbol de mezquite <i>Prosopis laevigata</i> . Distancia al tronco	52
Fig. 19 Diagramas de caja para la longitud de las hojas de plántulas de <i>Bouteloua gracilis</i> sembradas bajo un árbol de mezquite <i>Prosopis laevigata</i> . Distancia al tronco	53

Fig. 20 Desarrollo radical de plántulas de <i>Bouteloua gracilis</i> bajo la copa de un árbol de mezquite ( <i>Prosopis laevigata</i> ) muestreadas en un transecto lineal: tronco-periferia	54
Fig. 21 Medias y desviación estándar de la longitud de las hojas de plántulas de <i>Bouteloua gracilis</i> que emergieron bajo diferentes porcentajes de sombra	57
Fig. 22 Diagramas de caja para la longitud de las hojas de plántulas de <i>Bouteloua gracilis</i> que emergieron bajo diferentes porcentajes de sombra	58
Fig. 23 Desarrollo radical de plántulas de <i>Bouteloua gracilis</i> sembradas bajo diferentes porcentajes de sombra	59

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Especies leñosas encontradas en el matorral de González Ortega	33
Cuadro 2: Especies herbáceas encontradas en el matorral de González Ortega	34
Cuadro 3 Número de individuos de las especies leñosas y herbáceas registradas en el matorral de González Ortega	35
Cuadro 4 Frecuencias de asociación entre leñosas y herbáceas en el matorral de González Ortega	36
Cuadro 5: Variación de temperatura bajo la copa de <i>Prosopis laevigata</i> a las 13 hrs	44
Cuadro 6: Variación de temperatura bajo la copa de <i>Myrtillocactus geometrizan</i> a las 13 hrs	44
Cuadro 7: Análisis de Varianza, medias y desviación estándar de la longitud de las hojas de <i>B. gracilis</i> sembradas bajo mezquite. Evaluación en las cuatro exposiciones	55
Cuadro 8: Análisis de Varianza, medias y desviación estándar de la longitud de las hojas de <i>B. gracilis</i> sembradas bajo mezquite. Evaluación en las cuatro distancias al tronco	55
Cuadro 9: Análisis de Varianza, medias y desviación estándar de la longitud de las hojas de <i>B. gracilis</i> sembradas bajo diferentes porcentajes de sombra	55

## RESUMEN

En este trabajo se realizó un estudio prospectivo cuyo objetivo fue el de analizar las interacciones entre la vegetación leñosa y la vegetación herbácea en una zona de matorral del municipio de Santiago de Anaya, en el estado de Hidalgo. Para ello se hicieron evaluaciones de los patrones de asociación entre las leñosas y las herbáceas (entre las que se incluyeron cactáceas globosas y prostradas). Asimismo se realizó una evaluación de las condiciones microclimáticas (temperatura e intercepción de radiación solar) que se generan bajo la copa de un mezquite (*Prosopis laevigata*) y un garambullo (*Myrtillocactus geometrizans*). También se evaluó a emergencia y el desarrollo de plántulas del llamado pasto navajita, *Bouteloua gracilis*, bajo la copa de un árbol de mezquite y bajo estructuras artificiales que generaban diferentes porcentajes de sombra (0%, 25%, 50% y 75%).

Los resultados mostraron que aquellas especies de leñosas que presentan un patrón de ramificación desde su base son las que soportan bajo sus copas la mayor cantidad de especies herbáceas. De éstas las que protegen más eficientemente contra la acción de los grandes hervíboros, por la presencia de espinas, son las que presentan la mayor cantidad de gramíneas. En la evaluación de la variación microclimática se encontró que *M. geometrizans* abate en mayor grado las temperaturas a nivel del suelo en comparación con *P. 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 modifican las condiciones edáficas ambas especies. Finalmente se encontró que el mejor desarrollo de las plántulas, observado en la longitud de las hojas, de *B. gracilis* bajo mezquite, se alcanzó en las áreas cercanas al tronco que son las que presentan el mayor grado de intercepción de radiación solar. En el caso de la evaluación bajo diferentes porcentajes de sombra, se encontró que el mejor desarrollo se alcanzó con la estructura del 75% de sombreado ( $p < 0.05$ ) ya que las plántulas alcanzaron las mayores alturas y presentaron el mejor desarrollo radical. Todo lo anterior permite concluir que algunas leñosas y las sombras generadas artificialmente, pueden jugar un papel importante como "nodrizas" para la instalación, el desarrollo, la sobrevivencia y la productividad de las especies herbáceas entre las que destacan diferentes especies de interés forrajero.

## INTRODUCCION

México es el quinto país en diversidad botánica del planeta en donde se calcula hay más de 30,000 especies de plantas vasculares, sin embargo, es uno de los lugares donde la destrucción de la vegetación natural se ha dado a tal grado que sólo el 40.8% del territorio nacional contenía en los setentas una vegetación natural sin disturbios (Toledo, 1988).

En el caso de las zonas áridas y semiáridas, que ocupan alrededor de 125 millones de hectáreas (el 60% de la superficie del territorio nacional) (Rzedowski, 1981), la sobreutilización de la que son objeto ciertas especies silvestres provoca que su abundancia y área de distribución disminuya en forma significativa. Además la insistencia de practicar una agricultura de temporal, incierta y con baja productividad, ocasiona la destrucción de extensas áreas de vegetación natural (Hernández X., 1964).

Los cambios culturales y tecnológicos y la tendencia hacia el desarrollo de asentamientos humanos permanentes cada vez mayores, llevan al deterioro ecológico de algunas zonas, particularmente alrededor de las fuentes de agua. La eliminación de la vegetación natural promueve la desertificación y en dicho proceso se modifican los ciclos hidrológicos y se acelera la erosión de los suelos, lo que conduce a la destrucción y reemplazamiento de las plantas nativas y de las comunidades animales (Lwdwing, 1979).

Es indudable que las zonas áridas y semiáridas representan una fuente importante de recursos bióticos que pueden ser utilizados de manera racional y sostenida. En este sentido Hernández X. (1964), considera que la ganadería, a través del pastoreo en las áreas de matorral y pastizal, es una de las mejores alternativas para el desarrollo económico de las zonas áridas y semiáridas. Sin embargo, el desconocimiento de los mecanismos de interacción entre las especies, y las prácticas poco adecuadas de manejo del ganado, han llevado al agotamiento de los recursos (Hernández X., 1983). Esto se manifiesta por la disminución de las especies más apetecibles para el ganado, ya que el pastoreo intenso impide muchas veces su

desarrollo y reproducción. La apertura de espacios y la consiguiente mayor disponibilidad de recursos permite, el establecimiento de especies ruderales menos apetecibles (Archer, 1989; Westoby, 1980).

Los intentos de regeneración de la cubierta vegetal de las zonas fuertemente impactadas por la actividad ganadera, se orientan fundamentalmente a la eliminación mecánica y química de las especies consideradas como indeseables, leñosas y herbáceas, ya que se considera que compiten por los nutrientes esenciales, la luz y el agua, afectando el desarrollo de las especies de alto valor forrajero, como son los pastos perennes, (Murray, 1988; Mayeux, 1987; González y Dodd, 1979; Jamenson, 1969).

Desafortunadamente las prácticas de eliminación de especies se hacen con base en necesidades antropogénicas, es decir empleando criterios de utilidad que muchas veces no se sustentan en el análisis del papel que dichas especies pueden jugar en el ecosistema (De Alba, 1981).

Esta visión, influenciada por los sistemas de producción agrícola -que tienden generalmente a la homogeneización de los ecosistemas- supone que después de las limitantes ecológicas impuestas por el clima y la fertilidad de los suelos, la competencia es el proceso más importante en la organización de los mismos (West, 1989). En este sentido, De Loach (1985) menciona que la hipótesis general sobre la que se basa el manejo más frecuente de las tierras de pastoreo, es aquella que plantea implícita o explícitamente que los arbustos y árboles compiten con las herbáceas, principalmente pastos perennes, por el espacio, el agua y los nutrientes y que por tanto su eliminación puede llevar a un incremento en la producción de forraje.

Dahl *et al.* (1978) y West (1989) mencionan que los resultados experimentales sobre la eliminación de leñosas no permiten sostener la hipótesis simple de competencia interespecífica, ya que es probable que otro tipo de relaciones entre las especies (alguna positivas y otras negativas) sean también importantes.

Diferentes condiciones y procesos ecológicos están asociados con la estructura vertical y horizontal de las comunidades vegetales. En el caso de los

ecosistemas áridos y semiáridos la presencia de una planta (al abatir las altas temperaturas que a nivel del suelo se alcanzan y mejorar las condiciones edáficas) puede incrementar el establecimiento de otras especies, tal como sucede con las llamadas "plantas nodrizas" (Franco y Nobel, 1988). Asimismo, se reporta que los estratos arbóreo y arbustivo tienen una influencia positiva sobre la composición florística de la vegetación herbácea, ya que bajo sus copas tienden a establecerse especies con ciclos de vida perenne, fundamentalmente pastos, y con un periodo vegetativo más largo que el de las herbáceas que crecen en áreas abiertas. Particularmente se observa que bajo la copa de árboles y arbustos, la productividad de los pastos es significativamente mayor que la alcanzada por los pastos que crecen en áreas abiertas, ya que estas últimas están expuestas a condiciones ambientales y edáficas menos favorables (Rambaugh *et al.*, 1982). Esta situación es muchas veces ignorada en los programas de manejo y regeneración de las comunidades impactadas, motivo por el cual se está alterando o destruyendo el potencial biológico y productivo de estas zonas (De la Cruz, 1982).

Con base en estas consideraciones, este trabajo tiene como objetivo general analizar la naturaleza de las interacciones que se presenta entre la vegetación herbácea y las especies leñosas (árboles y arbustos) en zonas de agostadero del Municipio de Santiago de Anaya, que se localiza en Valle del Mezquital en el Estado de Hidalgo. Este Municipio se caracteriza, como otros de la zona por la práctica de una agricultura de temporal y la cría de ganado con pastoreo libre. Esto ha llevado a que en diversas zonas se observe un grave deterioro de la cubierta vegetal, lo que ha ocasionado que se presenten serios problemas de erosión.

En este trabajo se analizará los patrones de distribución de las diferentes especies de herbáceas en relación a la cobertura de las especies leñosas, además se evaluará la relación entre el nivel de intercepción de la radiación solar por las leñosas y el porcentaje de instalación de gramíneas. En este sentido se evaluará la presencia y el desarrollo de gramíneas bajo la copa de diferentes especies de leñosas, ya que las diferencias en relación al tamaño, estructura, grosor de tallos y ramas, disposición de hojas, etc., afectan la cantidad de radiación interceptada y por tanto el

grado en que se modifican las condiciones microclimáticas y el nivel de protección que ofrecen. Para este estudio se empleó el llamado pasto navajita, *Bouteloua gracilis* (H.B.K.) Lag. ex Steud., que es nativo de la zona y presenta serios problemas para su reintroducción a través de semilla, en vista de que presenta altos requerimientos hídricos tanto para su germinación como para su instalación. Suponiendo la disminución en la tasa de evaporación del agua del suelo que se presenta bajo la cobertura de las leñosas se consideró importante evaluar la germinación y desarrollo de *B. gracilis* bajo sombras producida por la copa de elementos leñosos y por estructuras artificiales.

## CAPITULO 1. ANTECEDENTES

### **1.1. Bases del manejo y regeneración de los agostaderos de las regiones áridas y semiáridas.**

Call y Roundy (1991) consideran que la mayoría de las técnicas de manejo y regeneración de las tierras destinadas al pastoreo de las regiones áridas y semiáridas (pastizales y matorrales) se han desarrollado desde una perspectiva tecnológica. En la mayoría de los casos el enfoque ecológico no ha sido considerado ampliamente. Los diferentes esfuerzos de investigación se han circunscrito a sitios y tiempos específicos, se trata de estudios empíricos, enfocados a la solución de problemas inmediatos.

Una gran cantidad de ensayos, principalmente sobre técnicas de plantación para diferentes especies (generalmente especies de pastos de climas templados), han tratado de establecer sistemas artificiales, las más de las veces como monocultivos (Cairns, 1987). No obstante se ha investigado poco en torno a los mecanismos que permiten establecer comunidades vegetales persistentes y biológicamente diversas (West, 1989).

Este enfoque, que considera a las tareas de regeneración de áreas perturbadas como un proceso instantáneo, en el que las plantas pueden ser introducidas y rápidamente establecidas para dar lugar a una comunidad "estática", se ve invalidado en muchos sitios, en donde las condiciones ambientales (precipitación, temperatura y suelos) son severamente limitantes, y además, el tamaño, intensidad y frecuencia de los disturbios son de tal magnitud que dificultan y hacen incosteables las tareas de regeneración (Call y Roundy, 1992).

De acuerdo a Westoby (1982), la base teórica sobre la que se sustenta, en gran medida, el manejo actual de las tierras de pastoreo es el concepto de sucesión desarrollado por Clements en 1928. Esta teoría plantea fundamentalmente la existencia de una tendencia de la vegetación natural a llegar a un estado clímax, definido principalmente por las condiciones climáticas y edáficas. Esta tendencia se contrapone a la presión de los disturbios, entre ellos el pastoreo, que tienden a llevar

a la vegetación hacia estados intermedios, o estados serales, que regresan al estado de equilibrio o clímax cuando la presión de disturbio es retirada (Tecpa y Barrera, 1992). Lo anterior permite, de acuerdo a la visión clásica del proceso, escoger la tasa de pastoreo que lleve a la vegetación a un estado seral que permita obtener el mayor nivel de producción de forraje y por tanto un mayor beneficio económico (Westoby, 1982).

En torno a esto Westoby *et al.*, 1989, menciona que este tipo de planteamientos no son aplicables a aquellas zonas donde las condiciones ambientales, como es el caso de la precipitación, son severamente limitantes. Se ha visto, por ejemplo que las zonas de pastizal que han sido invadidas por especies leñosas no regresan por sí solas a la condición de pastizal cuando la presión de pastoreo es retirada. Se considera que esta situación disminuye su valor al dificultar su manejo y reducir la productividad de los pastos (Archer, 1989; González y Dodd, 1979; Jammenson, 1969).

Esto provoca que gran cantidad de recursos se destinen para erradicar a las leñosas invasoras de los agostaderos. Diferentes estrategias se han empleado para generar áreas de pastoreo homogéneas y muchas veces monoespecíficas usando medios tanto químicos como mecánicos (Mayeux, 1987; Murray, 1988).

No obstante Stuart-Hill y Taiton (1982) plantean que el problema de la presencia de leñosas en las áreas de pastizal ha sido evaluado generalmente bajo condiciones extremas, es decir bajo condiciones de ausencia total de leñosa y en condiciones de una invasión excesiva de las mismas.

Estas posturas han hecho demasiado énfasis en la competencia entre especies y no toman en cuenta que otro tipo de interacciones, entre las que se incluyen diferentes relaciones de mutualismo, pueden facilitar las tareas de regeneración (De Loach *et al.*, 1985). Tal es el caso del efecto que algunos arbustos producen en el ambiente y que favorecen el establecimiento y la productividad de las plantas asociadas a ellos (West, 1989).

## **1.2. Condiciones ecológicas de los ecosistemas áridos y semiáridos influenciados por la presencia de leñosas.**

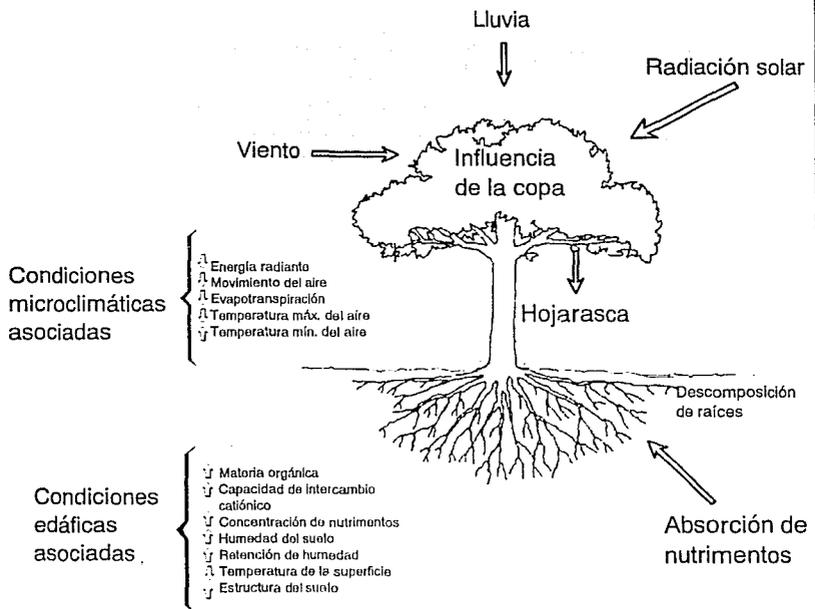
No obstante que muchas especies de leñosas y sus agrupaciones pueden presentar alelopatía y/o competir eficientemente con la vegetación herbácea (Knoop y Walker, 1986), ellos pueden en otros casos moderar el estrés ambiental e incrementar la productividad de la comunidad (Ovalle y Avendaño, 1988; West, 1989)

Diferentes condiciones ecológicas se ven fuertemente influenciados por la presencia de leñosas (Fig 1). En primer lugar los arbustos pueden incrementar la capacidad de almacenamiento de agua afectando positivamente su disponibilidad en el ecosistema (Tiedemann y Klemmedson, 1973; Joffre y Rambal, 1988). Esta situación se presenta como consecuencia del mejoramiento de las condiciones estructurales del suelo resultado de la acumulación de materia orgánica y por la reducción del impacto de las gotas de lluvia en las infrecuentes pero intensas precipitaciones de estos lugares (Barth y Klemmedson, 1978; Ovalle y Avendaño, 1988; Vasek, 1980).

Las leñosas sirven además como hábitat para diferentes especies de fauna edáfica que al excavar crea macroporos. Estos procesos al mejorar la morfología del suelo favorece el crecimiento de plantas bajo su cobertura (Call y Roundy, 1992). Al servir como hábitat para diferentes predadores de insectos herbívoros (arañas principalmente) se reduce significativamente su ataque, lo que puede servir como mecanismo para evitar la proliferación de plagas (West, 1989).

Los arbustos están asociados también con un mejoramiento de las condiciones de fertilidad del suelo al concentrar nutrimentos a través de la absorción y fijación por sus raíces (Barth y Klemmedson, 1978; Felker y Clark, 1980; Kellman, 1979; Ovalle y Avendaño, 1988; Tiedemman y Klemmedson, 1977, 1973a, 1973b). La copa de los arbustos reduce además la radiación y la irradiación bajo su cobertura disminuyendo significativamente la temperatura a nivel del suelo (Nobel, 1989; Nobel y Geller, 1987; Ovalle y Avendaño, 1988, Vacher, 1984). Esta situación

Fig 1. Influencia de los árboles sobre las condiciones microclimáticas y edáficas



reduce la tasa de evapotranspiración de las plantas asociadas y la evaporación de agua del suelo. Además protegen a las especie asociadas del efecto de las heladas durante la época de invierno (Ball *et al.*, 1991) (Fig. 2).

Estas importantes consideraciones han sido muchas veces ignoradas en los programas de regeneración y manejo (Call y Roundy, 1991), ya que se ha visto que la productividad de los pastos asociados a los árboles y arbustos es significativamente más alta que la productividad de los pastos que crece en áreas abiertas (Joffre *et al.*, 1988; Sanford *et al.*, 1982; Obot, 1988; Rumbaugh *et al.*, 1982), e incluso se ha visto que puede ser tan alta como en sistemas más mésicos (Rumbaugh *et al.* 1982). Se ha encontrado además que la presencia de ciertas especies de arbustos es indispensable para el establecimiento de otras especies, como sucede en el caso de las llamadas plantas nodrizas (Franco y Nobel, 1988). Esta situación es sumamente importante para diferentes especies de cactáceas (Nobel, 1988).

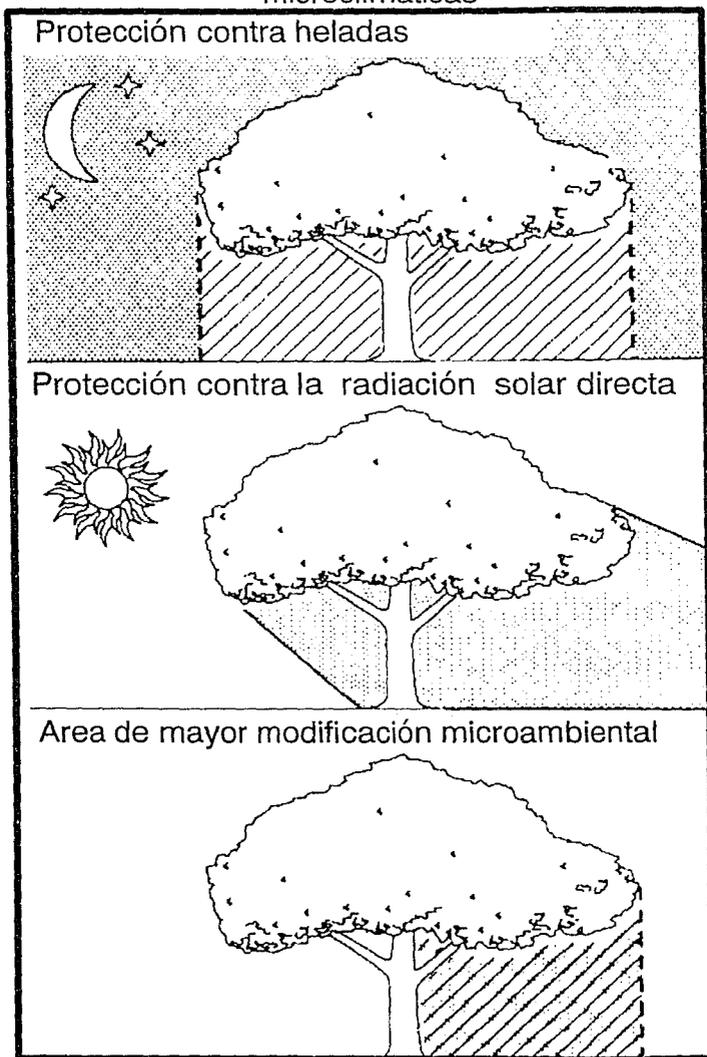
En este sentido, para la regeneración y manejo de los agostaderos -áridos y semiáridos- es necesario conocer los requerimientos y las características positivas de las diferentes especies, además de evaluar los patrones de plantación que maximizen la productividad y la estabilidad -en términos de productividad y composición de especies- de estos sistemas (Nechaeva, 1985).

### **1.3. La resiembra de gramíneas en los agostaderos áridos y semiáridos.**

La principal forma de regeneración que se realiza en los agostaderos áridos y semiáridos es a través del establecimiento de plantas sembradas a partir de semillas. En este caso las gramíneas ocupan un lugar preponderante (Grubb, 1977).

En relación a la siembra de gramíneas, son abundantes los estudios que describen la germinación y establecimiento de plántulas bajo condiciones ambientales controladas (Call y Roundy, 1991). Pero pocos estudios describen la germinación y el establecimiento de plántulas en condiciones naturales, es decir no reflejan las condiciones ambientales estocásticas encontradas en el campo (Naylor, 1985). Esto es relevante en vista de que muchas especies de gramíneas se

Fig. 2. Influencia de las leñosas en las condiciones microclimáticas



caracterizan por presentar semillas muy pequeñas y por tener requerimientos fisiológicos muy específicos para el desarrollo y establecimiento de las plántulas (Hyder *et al.*, 1971).

Se ha encontrado que mejores condiciones de temperatura y humedad para la germinación y el establecimiento de plántulas están asociados con la microtopografía del suelo (grietas, depresiones, grava), con la acumulación de restos vegetales, y con la proximidad de plantas vecinas, esto es con los llamados micrositijs (Harper, 1977; Fowler, 1986). Pese a ello pocos estudios se han realizado para determinar el tipo de los micrositijs que son necesarios para la germinación y el establecimiento de las diferentes especies de gramíneas (Fowler, 1986).

La germinación de la semilla de un pasto conlleva inicialmente al desarrollo una raíz seminal, posteriormente, pero en etapas tempranas del desarrollo de la plántula, se desarrollan raíces adventicias en la parte inferior del eje de los brotes (Hyder *et al.*, 1971). En muchas de las especies de pastos las plantas maduras presentan un sistema radical constituido casi en su totalidad por raíces adventicias (Robson *et al.*, 1988). Por lo tanto la sobrevivencia de las plántulas de gramíneas depende de su capacidad para desarrollar raíces adventicias (Sims *et al.*, 1973).

Hyder *et al.*, 1971, menciona que existen dos tipos de desarrollo morfológico, a nivel de plántula, en el grupo de las gramíneas, el tipo "festucoide" y el tipo "panicoide". Estos dos tipos se diferencian en la forma en que desarrollan las primeras raíces adventicias. En el primer caso las raíces adventicias se desarrollan a la profundidad a la que es colocada la semilla, por lo tanto al aumentar la profundidad de siembra se puede incrementar la disponibilidad de humedad para el desarrollo de la plántula. En este caso la única limitante sería la capacidad de la plántula de alcanzar la superficie (Ries y Svejcar, 1991). Por esta razón, en muchas especies de pastos, el incremento en los porcentajes de instalación de las plántulas se puede lograr mediante la selección de variedades con semillas cada vez más grandes con el propósito de sembrarlas a mayor profundidad (Carren *et al.*, 1987).

En el segundo caso, en el que queda incluida *Bouteloua gracilis*, las plántulas desarrollan un internodo entre el punto de emergencia de la raíz primaria de la

cariópside y el punto de desarrollo de los brotes. En este grupo las raíces adventicias no se desarrollan a la profundidad de siembra sino en un punto más elevado y más seco en el perfil del suelo por lo que están expuestas a un mayor estrés ambiental (Hyder *et al.*, 1971). Esta situación constituye el principal problema en las tareas de resiembra de esta especie, por lo que el conocimiento de los requerimientos de micrositio de las especies a reintroducir en una zona de agostadero, adquiere una mayor relevancia (Ries y Svejcar, 1991; Carren *et al.*, 1987).

#### 1.4. Instalación de *Bouteloua gracilis*.

*Bouteloua gracilis* (H.B.K.) Lag. ex Steud. (Fig 3), es una de las gramíneas forrajeras más importantes en los agostaderos áridos y semiáridos de Norteamérica (México y Sur de los EU) (Hernández X., 1983; Ackerman, 1987; Hitchcock, 1971).

Es una especie perenne, densamente amacollada, con culmos (de 2 a 3 nudos) de 20 a 50 cm de longitud. Se caracteriza por presentar inflorescencias con 2 ó 3 espigas, de 2.5 a 5 cm de longitud. Las espigas sólo presentan espiguillas en un lado del raquis, en un número cercano a 80, dispuestas en dos hileras (Hitchcock, 1971; Pohl, 1978).

Es altamente tolerante a la sequía ya que posee una eficiente regulación de la apertura y cierre de los estomas, además de tener la capacidad de producir nuevas raíces, a nivel de la superficie del suelo, después de una lluvia. Aunque este mecanismo no es exclusivo de la especie, es sobresaliente su capacidad de respuesta, además de ser una especie con un metabolismo C4 (López, 1989).

Las condiciones subóptimas de humedad del suelo, determinadas por prolongados períodos de sequía seguidos por cortos períodos húmedos, constituyen un reto para las especies que crecen en ambientes semiáridos. Por lo tanto, la capacidad de esta especie para producir nuevas raíces superficiales después de un evento de lluvia, incrementa sus posibilidades de sobrevivencia al capacitar a la planta para tener una respuesta oportunista ante estas escasas situaciones

# Pasto Navajita

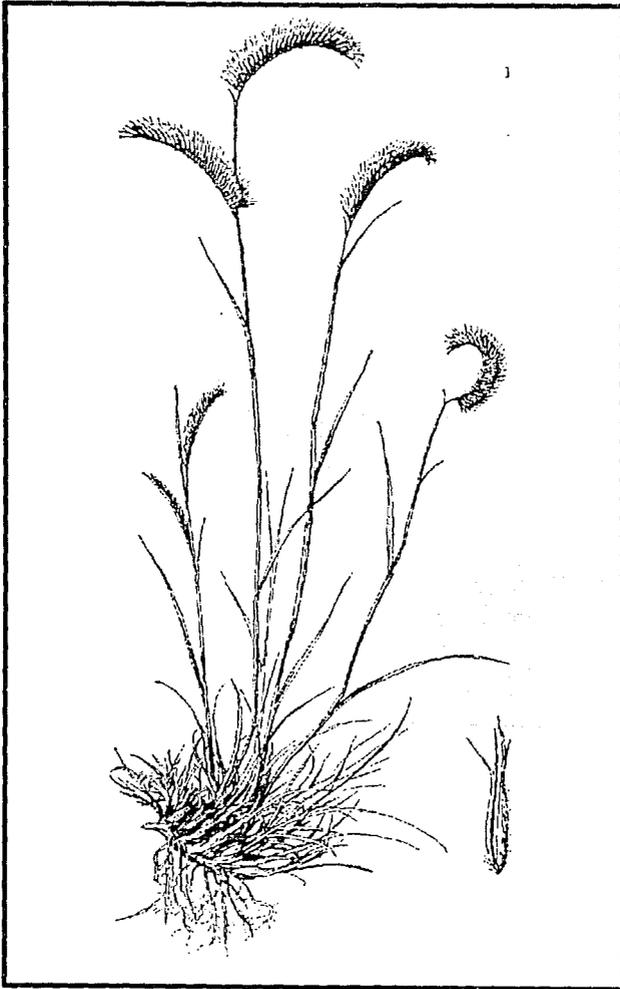


Fig. 3 *Bouteloua gracilis*

favorables (López, 1989). Sin embargo, su establecimiento a partir de semilla, presenta serias dificultades en sitios que han estado sometidos a un excesivo pastoreo (Carren *et al*, 1987). Se ha encontrado que *B. gracilis* requiere de 2 a 4 días de suelo húmedo para que la semilla pueda germinar y se inicie el crecimiento de raíces. Asimismo, se requiere de un período húmedo adicional de 2 a 8 semanas para asegurar el establecimiento de la planta.

Esta situación es debida a las características morfológicas de las plántulas de *B. gracilis*, ya que las raíces adventicias se desarrollan en la superficie del suelo y por lo tanto están sometidas a un mayor estrés hídrico. Además, presentan una sola raíz seminal que se ve fuertemente afectada por la desecación de la capa superficial del suelo. Si la raíz seminal se muere antes de que las raíces adventicias se desarrollen la plántula no sobrevivirá (Hyder *et al.*, 1971).

En vista de su importancia como pasto forrajero, de su presencia (aunque en áreas restringidas) en la zona de estudio y de sus dificultades para su establecimiento, los experimentos sobre instalación de gramíneas que se realizaron en el presente trabajo se hicieron utilizando esta especie.

## HIPOTESIS

Las altas temperaturas que se alcanzan durante el día a nivel del suelo en las regiones áridas y semiáridas, y la consecuente alza en la demanda evaporativa del agua del suelo, pueden contrarrestarse mediante la presencia de una sombra parcial (generada a través de elementos naturales o artificiales) lo que puede incrementar el porcentaje de instalación de plántulas de gramíneas como *Bouteloua gracilis*.

## OBJETIVOS

### Objetivo general

Analizar la naturaleza de las interacciones que se presentan entre los estratos leñosos (arbóreos y arbustivos) y la vegetación herbácea, fundamentalmente gramíneas, en una área de vegetación natural en el municipio de Santiago de Anaya, en el Valle de Actopan, en el estado de Hidalgo.

### Objetivos particulares.

A) Determinar cuáles son los patrones de distribución de las diferentes especies de gramíneas (perennes y anuales) en relación a la cobertura y al área de influencia de las copas de las diferentes especies de leñosas, para determinar el grado de asociación que se presenta entre ambos estratos.

B) Evaluar cuantitativamente la variabilidad microclimática bajo la cobertura de las diferentes especies de leñosas de la zona (radiación, temperatura y humedad relativa) y estudiar su relación con la instalación y desarrollo de vegetación bajo su área de influencia.

C) Determinar el efecto de un sombreado natural y artificial sobre la instalación y el desarrollo del llamado pasto navajita, *Bouteloua gracilis* (H.G.K.) Lag. ex Steud.

## CAPITULO 2. DESCRIPCION DE LA ZONA DE ESTUDIO

### 2.1. Ubicación geográfica.

El presente estudio se llevó a cabo en una área de matorral cercana al poblado de Santiago de Anaya, en el Estado de Hidalgo. El área se encuentra enclavada en el llamado Valle del Mezquital, que de acuerdo a González Quintero (1968), es el nombre que se le da a la región semiárida del estado de Hidalgo (Fig. 4.).

El municipio de Santiago de Anaya (Fig. 5), se localiza entre los paralelos 20°21' y 20°25' latitud norte y 98°54' y 98°11' longitud oeste, a una altitud de 2059 msnm, en la parte más alta del Valle de Actopan, que forma parte del Valle del Mezquital.

Santiago de Anaya limita al norte con los Municipios de Cardonal, Ixmiquilpan y Meztlán, al sur con San Salvador y Actopan; al oeste con Chilcuatla, Ixmiquilpan y San Salvador, al este con la sierra de Actopan y es cruzado por los ríos San Nicolás y Senta.

### 2.2 Clima

El clima del Valle de Actopan está determinado principalmente por el patrón general de circulación atmosférica que caracteriza a esta latitud, el cual es acentuado por la orografía. La altitud es el determinante primordial de la temperatura. Los tipos de clima en la clasificación de Köppen, modificadas por García, 1978, son  $BS_1K(w)(i)g$  y  $BS_0k(w)(i)g$  semiáridos templados con régimen de lluvias de verano con un periodo de sequía intraestival, régimen de temperaturas con poca oscilación y con una temperatura mensual máxima en primavera. Ambos climas tienen temperatura media anual entre 16 y 20 °C y 550 mm de precipitación media anual concentrada en los meses de junio a septiembre seguida por un periodo de sequía de 6 a 8 meses. La única diferencia entre ambos es que los  $BS_1$  son ligeramente menos áridos que los  $BS_0$ .

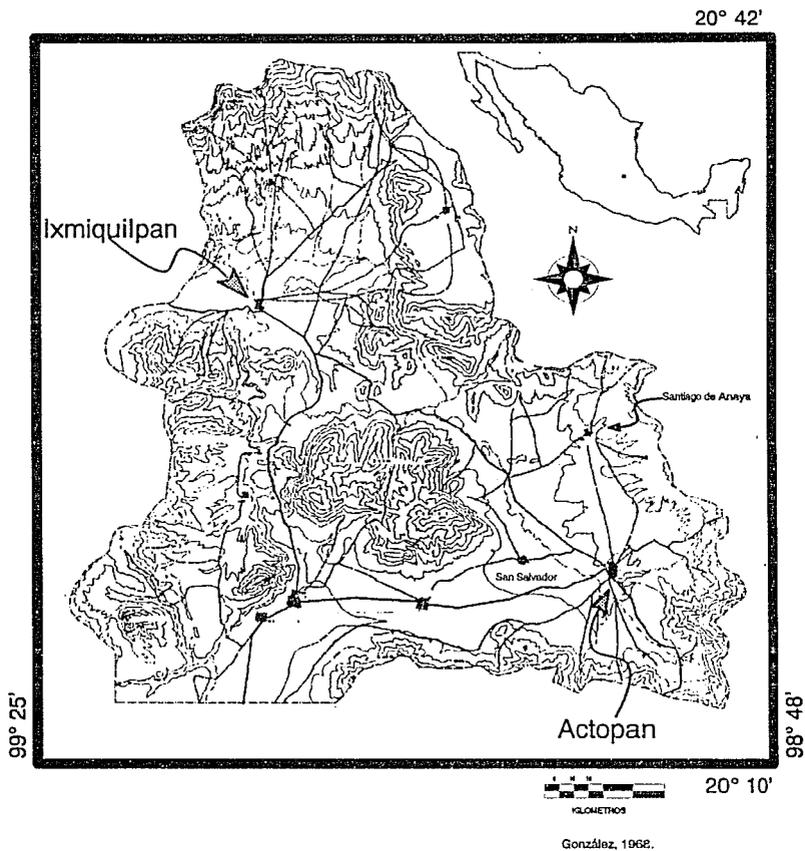


Fig. 4. El Valle del Mezquital, Edo. de Hidalgo

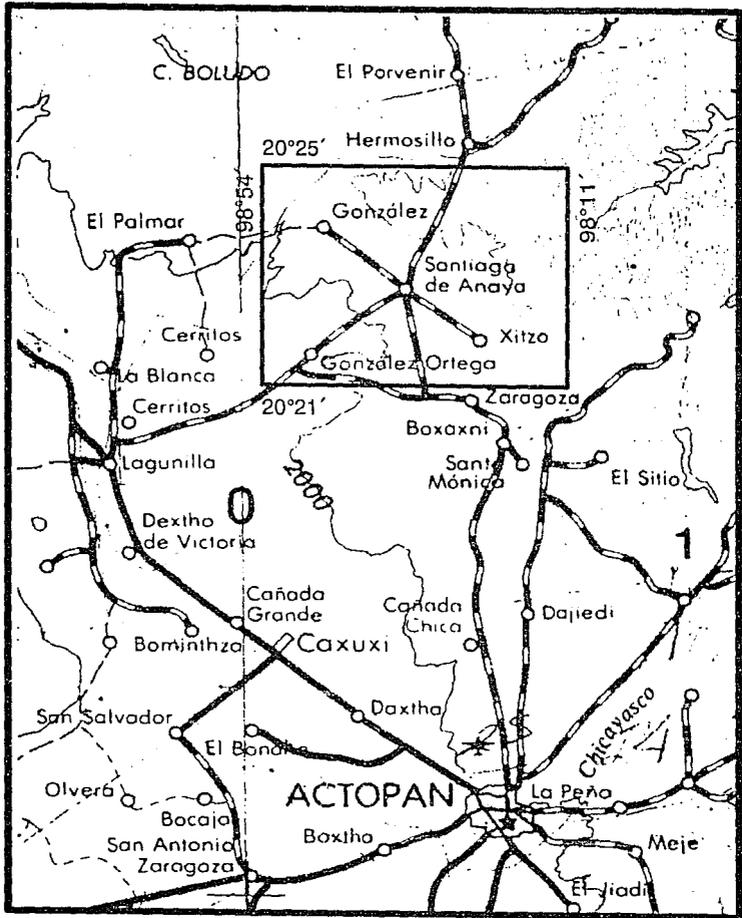


Fig. 5. Zona de Estudio  
Municipio de Santiago de Anaya

Carta topográfica  
Escala: 1 : 250,000  
Pachuca F14-11  
DEGETENAL, 1982.

### 2.3. Geología y Edafología

La formación geológica a la que pertenece el valle de Actopan es la Formación Tarago (Tg), constituida por depósitos clásticos continentales del Plioceno-Pleistoceno. Esta formación ocupa el fondo del valle, siguiéndole en importancia la formación El Doctor, de calizas marinas casi puras del Cretácico y el Grupo Pachuca, conjunto de rocas volcánicas del Mioceno que varían del basalto a la riolita (Seegerstrom 1956 y 1962, citado por Quintero, 1968).

Los suelos del fondo del Valle de Actopan son profundos, casi sin rocas superficiales, pobres en materia orgánica y deficientes en varios elementos, cuya textura mas común es el migajón arenoso y el migajón arcilloso (Mayagoitia, 1959). El pH de los suelos, que es de alrededor de 8, se debe indudablemente al depósito de materiales producto de la erosión que sufren las eminencias calizas que existen en la zona. Los suelos son más delgados en las cercanías a las elevaciones montañosas y en algunos casos llega a aflorar el horizonte "B", del suelo tipo "caliche".

Las laderas tienen suelos inmaduros y en la mayoría de los casos éstos son muy someros, salvo en los lugares donde la topografía y otros factores permiten su desarrollo. Así se encuentran suelos que se han originado sobre rocas ígneas, que son arenosos de color pardo y los que provienen de calizas que son de color oscuro, más ricos en materia orgánica.

### 2.4. Vegetación

La vegetación de la zona puede ser clasificada, de acuerdo a González Quintero (1968) como selva baja representada por bosque caducifolio espinoso (árboles de talla baja < 15 m, espinosos, principalmente leguminosas que en algunas partes llegan a formar agrupaciones como el caso de las mezquiteras) y por matorral espinoso crasicalescente, que es el tipo de vegetación dominante en las áreas de trabajo. Las principales especies son *Mytillocactus geometrizans*, *Opuntia streptacantha* y *Prosopis laevigata*. En el estrato arbustivo sobresalen *Acacia spp.*, *Mimosa biuncifera*, *Agave spp.*, *Eupatorium espinosarum*, *Opuntia imbricata*, *Opuntia tasajillo*, *Opuntia robusta*, *Condalia mexicana*. En el estrato herbáceo son frecuentes

*Bouteloua curtipendula*, *Bouteloua hirsuta*, *Echinocereus cinerascens*, *Erneapogon desvauxi*, *Eragrostis* spp., *Euphorbia* spp., *Ferocactus* spp., *Leptochloa dubia*, *Mammillaria* spp., *Muhlenbergia repens*, *Jatropha dioica*, *Physalis* sp.

## CAPITULO 3. METODO

### 3.1. Evaluación de los patrones de asociación de la leñosas y las herbáceas.

Para evaluar los patrones de asociación entre la vegetación leñosa y la vegetación herbácea se llevó a cabo un muestreo de la vegetación en los alrededores del poblado de González Ortega (1 km al SW de Santiago de Anaya), (Fig. 6 y Fig. 7). Se evaluó la vegetación que crece bajo la copa de los diferentes especies de leñosas y en la áreas abiertas. Para tal fin se realizaron cuatro transectos de 30 m de longitud por 1 m de ancho con una dirección N-S. Esta dirección se consideró al presentar la pendiente principal de la zona, una exposición norte. En cada metro del transecto se hizo un inventario de las especies presentes tanto herbáceas como leñosas. En este último caso se hizo una caracterización detallada de las especies que se encontraban establecidas en el área ubicada directamente bajo su cobertura.

Con los muestreos realizados se obtuvo un listado florístico, las frecuencias de cada especie leñosa y las frecuencias de asociación entre leñosas y herbáceas. Estas frecuencias se obtuvieron con base al número de registros de cada una de las especies de herbáceas que se localizaron bajo los individuos de las diferentes especies de leñosas.

Con la finalidad de no interpretar diferencias entre las frecuencias de asociación como confirmación de la presencia de interacciones biológicas importantes, tal como lo plantearon Simberlof y Strong, (1967), citados por Begon *et al.*, 1988, se realizó un ensayo para evaluar cuál sería la probabilidad de asociación si las especies herbáceas se ubicaran bajo las diferentes especies de leñosas de forma fortuita. Se buscó responder a la pregunta ¿el esquema observado, incluso cuando parece implicar la presencia de una asociación biológica importante entre las especies, difiere significativamente del tipo de esquema que surgiría en la comunidad en ausencia de toda interacción activa entre las especies? Para tal fin se obtuvo la cantidad de cada una de especies herbáceas que se localizarían bajo cada



Fig. 6 y Fig. 7. Aspectos del matorral espinoso de González Ortega, municipio de Santiago de Anaya.

una de las especies leñosas tomando en cuenta la proporción en los registros de las especies leñosas y el número de registros de las especies herbáceas, mediante la siguiente relación:

$$F_{ij} = N_i / N_t * N_j$$

donde  $F_{ij}$  = Frecuencia de la especie herbácea  $i$  bajo la planta leñosa  $j$

$N_i$  = Número de registros de la especie leñosa  $i$

$N_t$  = Número total de registros de las especies leñosas.

$N_j$  = Número de registros de la especie herbácea  $j$

Con estos datos se construyó una tabla de frecuencias de asociación entre las especies de leñosas y las especies herbáceas considerando que estas últimas se distribuyen aleatoriamente bajo la copa de las diferentes leñosas. Las frecuencias esperadas por azar y las frecuencias observadas se compararon mediante un análisis de Bondad de Ajuste para determinar si existen diferencias estadísticamente significativas entre las dos frecuencias de asociación. Dicho análisis se realizó utilizando la prueba de G (Sokal y Rohlf, 1979) que nos permite comparar las frecuencias aún si éstas presentan valores de cero .

### 3.2. Evaluación de la variación microclimática bajo la copa de *Prosopis laevigata* (mezquite) y *Myrtillocactus geometrizans* (garambullo).

La evaluación de la variabilidad microclimática bajo la cobertura de las diferentes especies de leñosas se realizó mediante el registro, en tres diferentes horas del día, 8:00, 11:00 y 13:00 horas, de los cambios de radiación y temperatura bajo el área de influencia de la copa de individuos de las especies *Myrtillocactus geometrizans* y *Prosopis laevigata* ya que ambas presentan características estructurales contrastantes.

La evaluación de los parámetros mencionados se realizó en 6 líneas alrededor y apartir de la base de los individuos elegidos, de modo que se pudo apreciar las variaciones por el efecto de la exposición. Tomando como base estas líneas se realizaron las mismas evaluaciones a diferentes distancias desde la base del tallo hasta llegar a la zona no cubierta por la sombra durante el día.

El parámetro radiación solar se estimó apartir del porcentaje de sombra que la planta produce sobre una cuadrícula blanca. Esta cuadrícula se construyo con una estructura de madera de 20 cm de ancho y 40 cm de largo con cuadros de 10 cm<sup>2</sup>. Se calculó el área cubierta por la sombra en cada cuadro y se obtuvo un promedio para cada medición. En cada exposición se evaluó este porcentaje en las tres distancias al tronco y las tres horas de medición. La temperatura se midió con un termómetro de columna de mercurio (de -10 a 120 °C, con precisión de 0.1 °C) que se colocó a nivel del suelo.

La evaluación microclimática se llevó a cabo en un día de mes de marzo de 1990, ya que en ése período existe una mayor probabilidad de tener un día soleado y así registrar las diferencias microclimáticas bajo las plantas a lo largo de un día. Los resultados obtenidos se contrastaron con los valores de cobertura y distribución de la vegetación herbácea que se localizó bajo la copa de ambos individuos.

### 3.3. Evaluación del establecimiento de *B. gracilis* bajo la copa de mezquite y bajo diferentes porcentajes de sombreado generados artificialmente

Bajo la copa de 3 árboles de de mezquite se sembraron semillas de *B. gracilis*, dispuestas en cuatro franjas radiales de 40 cm de ancho (Fig. 8), orientadas de acuerdo a los puntos cardinales. Las franjas se iniciaron en la base del tronco y terminaron en la zona del borde de la cobertura del follaje. En cada franja se colocaron las semillas con una densidad de (10g/m<sup>2</sup>) y a una profundidad de aproximadamente 2 cm.. Cada franja se dividió en cuatro secciones para evaluar el crecimiento a diferentes distancias de la base del tronco, además de la evaluación en las diferentes exposiciones. Las semillas se sembraron el 23 de junio de 1991.

Quince días después de sembradas se realizó un conteo del número de plántulas presentes en las cuatro franjas. En cada franja el conteo se realizó desde la base del tronco hasta la periferia con un cuadro de referencia de 20 cm de ancho por 40 cm de largo. En este caso se definieron ocho puntos con distancias iguales entre cada uno de ellos.

Tres meses más tarde se registró nuevamente el número de plántulas mediante el mismo procedimiento. Se cosechó una muestra de 30 plántulas con raíz,

se midió la longitud máxima de las hojas, el número de hojas y de tallos, la longitud y el número de raíces (seminal y adventicias).

En cada franja se hizo una estimación de la cantidad de radiación interceptada por el follaje (por el método anteriormente descrito) en los ocho puntos en los que se realizaron los conteos de plántulas.

Los valores de la longitud de las hojas se analizaron utilizando las técnicas del Análisis de Varianza (Sokal y Rohlf, 1979; Marques, 1988) para discernir si existen diferencias estadísticamente significativas entre el crecimiento de las plantas de *B. gracilis*, en las cuatro diferentes exposiciones y en las diferentes distancias de la base del árbol.

De acuerdo a los datos obtenidos se estudió la relación de los niveles de crecimiento con los datos de intercepción de radiación y variación de temperatura.

En otro experimento, se colocaron estructuras con la forma de una mesa cuadrada sin superficie, de un metro por lado y 50 cm de altura sobre las que se colocaron cubiertas plásticas que produjeron diferentes porcentajes de sombra (Fig. 9). Se utilizaron dos estructuras que daban porcentajes de sombra de 25%, dos en 50% y dos en un 75%. Bajo cada una de las mesas se colocaron semillas de *B. gracilis* con una densidad de (10g/m<sup>2</sup>). De la misma forma que se describe en el apartado anterior se hicieron evaluaciones mensuales del número de plántulas presentes y al final de la estación de crecimiento se tomó una muestra para medir altura máxima de las hojas, número de hojas y de tallos y número y longitud de las raíces.

Estos datos se contrastaron con los obtenidos de la evaluación del crecimiento de plántulas en parcelas de 1 metro cuadrado que no fueron sometidas a ningún efecto de sombra.

Nuevamente se procesaron los datos mediante Análisis de Varianza para contrastar el crecimiento entre los diferentes porcentajes de sombra y el crecimiento en las áreas abiertas.



Fig. 8. *Bouteloua gracilis* sembrada bajo mezquite.

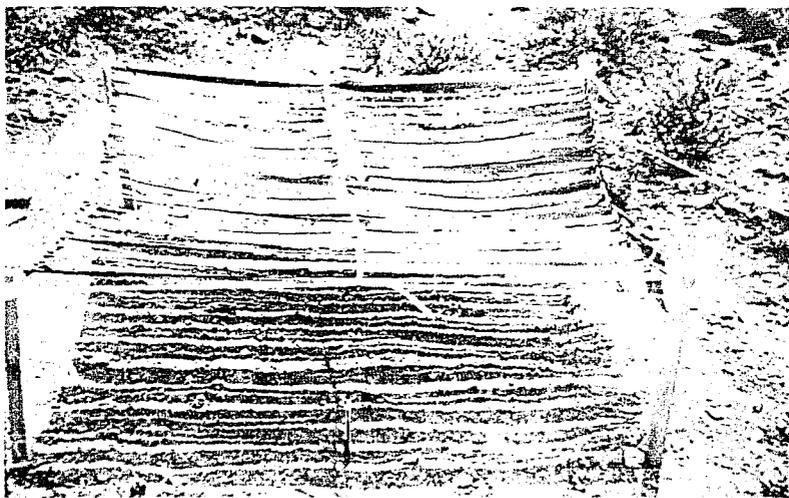


Fig. 9. Sombras generadas artificialmente.

## CAPITULO 4. RESULTADOS

### 4.1. Especies leñosas y herbáceas encontradas en el matorral de González Ortega y sus posibles patrones de asociación.

#### 4.1.1. Especies leñosas y herbáceas en el matorral de González Ortega..

Doce especies, pertenecientes a seis familias y 11 géneros (Cuadro 1) se registraron en los estratos arbóreo y arbustivos en el matorral adyacente a González Ortega. Las familias mejor representadas son las leguminosas y las cactáceas.

Las especies más abundantes son *Mimosa biuncifera* (con una frecuencia del 20.5%), *Condalia mexicana* (con 15%) y el mezquite *Prosopis laevigata* (con 7.6%). Sin embargo se puede destacar la presencia de *Myrtillocactus geometrizans*, de *Yucca filifera* y *Agave salmiana*, que por las alturas que alcanzan, pese a no ser muy abundantes en la zona (no se registraron en los muestreos) juegan un papel importante en la fisonomía de la vegetación. ).

En el estrato herbáceo se observaron 11 especies pertenecientes a 4 familias y 9 géneros (Cuadro 2). Sobresalen diferentes especies de cactáceas globosas, *Ferocactus* y *Mamularia*, además de *Echinocereus cinerances* con crecimiento prostrado. Otras especies importantes son *Jatropha dioica* y *Physalis philadelphia* que pertenecen a las familias de las euforbiáceas y de las solanáceas. Respecto a las gramíneas se encontraron cinco especies siendo la más abundante *Erneapogon desvauxii* (Fig. 10). Las demás especies registradas fueron *Bouteloua barbata*, *B. curtispindula*, *Leptochloa dubia* y *Muhlenbergia repens* (Fig. 11). Una cantidad importante de musgos se encontró bajo la copa de individuos de *Mimosa biuncifera*, *Condalia mexicana* y *Prosopis laevigata*.

Como resultado de los recorridos realizados en los alrededores del municipio se encontró el llamado pasto navajita, *Bouteloua gracilis*, en una zona denominada Xitzo que se localiza al SE de Santiago de Anaya.

Los recorridos y los muestreos revelaron la ausencia de una capa de herbáceas importante en los espacios abiertos entre los árboles y arbustos aún en la

estación lluviosa. *Enneapogon desvauxii* y *Jatropha dioica* son las únicas especies que ocupan estas áreas.

#### 4.1.2. Patrones de asociación entre las leñosas y la vegetación herbácea.

De las especies de leñosas analizadas de ellas, *Prosopis laevigata*, *Mimosa biuncifera* y *Condalia mexicana*, presentan la mayor cantidad de registros de especies herbáceas localizadas bajo su copa (Cuadro 3).

*Prosopis laevigata* abriga 5 de las 6 especies herbáceas analizadas además de los musgos.

*Mimosa biuncifera* y *Condalia mexicana* presentaron registros de todas las especies además de los musgos.

Las especies restantes *Myrtillocactus geometrizans*, *Karwinskia humboltiana*, *Opuntia imbricata* y *Opuntia leptocaulis* presentaron de uno a dos registros de especies herbáceas. *Acacia farnesiana* no presentó ningún registro (cuadro 3).

Las pruebas de Bondad de Ajuste (Cuadro 4) señalan que la distribución de la mayoría de las especies que consideramos en el estrato herbáceo no presentan un patrón estadísticamente diferente de las distribuciones obtenidas por azar. Solamente *Echinocereus cinerances*, *Ferocactus lutespinus* y los musgos presentan una distribución diferente de la esperada por azar.

En el primer caso se presenta una marcada tendencia a localizarse bajo la copa de *Prosopis laevigata* con diez de los 18 registros obtenidos. Los demás individuos se localizan 4 bajo *Mimosa biuncifera*, 3 en *Condalia mexicana* y 1 bajo *M. geometrizans*.

Los musgos, con 48 registros, se ubicaron principalmente bajo *Mimosa biuncifera*, con 20, *Condalia mexicana* con 16, *Prosopis laevigata* con 7 y bajo *O. imbricata* y *O. leptocaulis* con dos registros cada una.

*Enneapogon desvauxii*, 24 registros, presenta el patrón de asociación observado más cercano a la asociación obtenida por azar, con registros en 6 de las 8 especies de leñosas.

*Leptochloa dubia*, 8 registros, y *Muhlenbergia repens*, 15 registros, se ubicaron bajo tres especies. En el primer caso 4 bajo *M. biuncifera*, 3 en *Condalia mexicana* y 1 bajo *Prosopis laevigata* y en el segundo 10 bajo *C. mexicana* y 5 en *M. biuncifera*.

En el caso de *Mammillaria sp.* se presentaron 5 registros de los que 2 se localizaron bajo *P. laevigata*, 2 bajo *M. biuncifera* y 1 bajo *C. mexicana*.

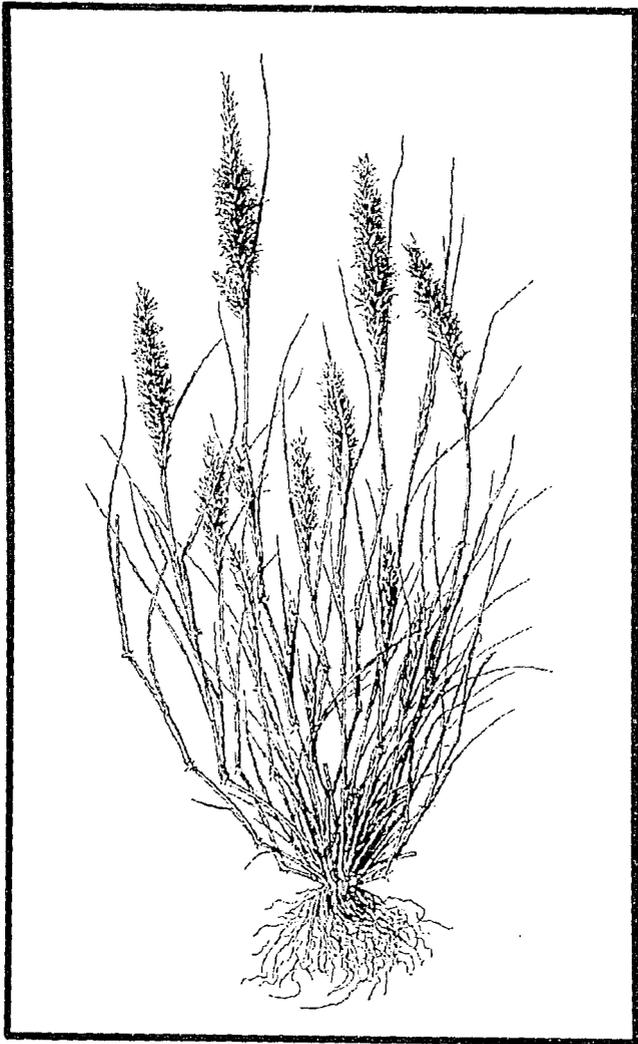


Fig. 10. *Enneapogon desvauxii*

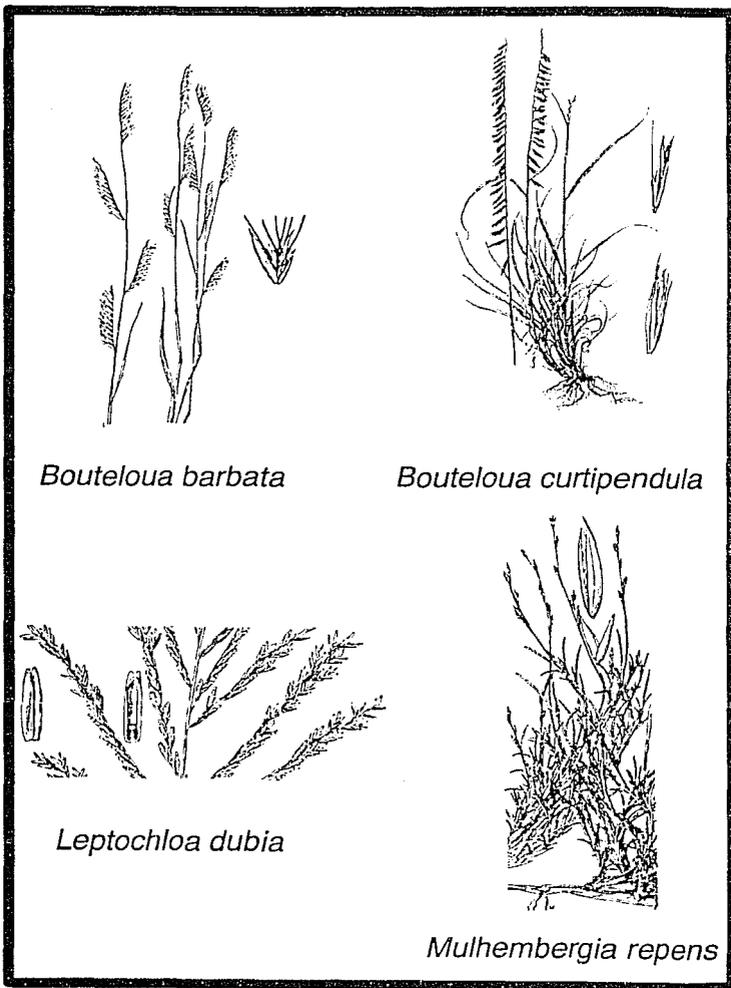


Fig 11. Especies de gramíneas encontradas en el matorral de González Ortega.

Cuadro I. Especies leñosas encontradas en el matorral de González Ortega. Los valores de frecuencia se registran a partir de los muestreos realizados.

Especies leñosas	Familia	Altura	Frecuencia	Descripción morfológica
<i>Acacia farnesiana</i>	Leguminosae	110 cm	4.2 %	Arbusto o árbol, de 1 a 9 m de altura, con ramas muy extendidas. El tronco puede alcanzar hasta 45 cm de diámetro (Standley, 1920).
<i>Mimosa biuncifera</i>	Leguminosae	40 cm	20.5 %	Arbusto espinoso de hasta 1 m de altura, densamente ramificado, con espinas curvas (Standley, 1920).
<i>Prosopis laevigata</i>	Leguminosae	180 cm	7.6%	Arbustos de tamaño medio, de hasta 3 m de altura. Dependiendo de la profundidad y la humedad del suelo pueden desarrollarse como árboles de hasta 7 m. Llegan a formar densas agrupaciones, principalmente en las áreas planas de suelos profundos, llamadas mezquiteras (Burkart, 1976).
<i>Myrtillocactus geometrizans</i>	Cactaceae			Plantas arborescentes, que llegan a medir más de 4 m de altura. Tronco corto bien definido; ramificación candelabriforme formando una copa bastante amplia. (Bravo, 1978)
<i>Opuntia imbricata</i>	Cactaceae	90.5 cm	3.5 %	Arbusto con abundantes ramas. Tronco corto, leñoso, bien definido (Bravo, 1978).
<i>Opuntia kleiniae</i>	Cactaceae	80 cm	3.5 %	Arbusto de 1 a 2.5 m de altura, con ramificación abierta. Ramas cilíndricas, tuberculadas. Invasor de terrenos de cultivo abandonados (Bravo, 1978).
<i>Agave salmiana</i>	Amaryllidaceae			Plantas con crecimiento en forma de roseta con hojas gruesas y suculentas. Presentan un tallo muy corto pero en conjunto con las hojas alcanzan alturas de hasta 2 m (Gentry, 1982).
<i>Yucca filifera</i>	Amaryllidaceae			Planta arborescente que mide de 10 m o más de altura, ramificada, con las hojas lanceoladas. El tronco es muy ancho en su base (Sanchez, 1979).
<i>Condalia mexicana</i>	Rhamnaceae	58 cm	15 %	Arbusto espinoso de aproximadamente 1 m de alto; tallos muy ramificados, rígidos. Crece fundamentalmente en sitios de pastizal o matorral (Rzedowski v Rzedowski, 1985)
<i>Karwinskia humboltiana</i>	Rhamnaceae			Arbusto pequeño no espinoso con alturas de hasta 1 m. El tronco es corto y muy resistente. (Standley, 1920)
<i>Eupatorium spinosarum</i>	Compositae			Arbusto resinoso, hasta de 1.6 m de altura; tallos leñosos. Crece en zonas de matorral o pastizal. (Rzedowski v Rzedowski, 1985)

**Cuadro 2. Especies herbáceas encontradas en el matorral de González Ortega**

Especies herbáceas	Familia	Ciclo de vida	Descripción morfológica y observaciones.
<i>Echinocereus cinerascens</i>	<i>Cactaceae</i>	Perenne	Plantas cespitosas, ramificadas en la base, formando clones grandes. Crece fundamentalmente a la sombra de mezquites ( <i>Prosopis laevigata</i> ) (Bravo, 1978).
<i>Ferocactus latiespinus</i>	<i>Cactaceae</i>	Perenne	Planta simple, tallo globoso, más o menos aplanado, hasta 30 cm de altura y 40 cm de diámetro. Crece preferentemente en planicies con pastizales (Bravo, 1978)..
<i>Mammillaria sp.</i>	<i>Cactaceae</i>	Perenne	Plantas generalmente cespitosas, frecuentemente formando grupos compactos o montículos. Tallos subglobosos, más anchos que altos (Bravo, 1978)..
<i>Jatropha dioica</i>	<i>Euphorbiaceae</i>	Perenne	Hierba de 0.3 a 0.5 m de alto; tallo carnoso, flexible, ramas rojizas. Crece en zonas de matorral. Es abundante en sitios sobrepastoreados (Rivas, 1988).
<i>Bouteloua barbata</i>	<i>Graminae</i>	Anual	Tallos postrados, muy ramificados. Crece en áreas abiertas como campos de cultivo abandonados. No forrajera (Hitchcock, 1971)..
<i>Bouteloua gracilis</i>	<i>Graminae</i>	Perenne	Tallos erectos de 20 a 50 cm. Crece en áreas abiertas formando pastizales casi puros. Excelente forrajera (Hitchcock, 1971)..
<i>Bouteloua curtipendula</i>	<i>Graminae</i>	Perenne	Tallos erectos de 50 a 80 cm de altura se localiza en planicies y pendientes rocosas. Excelente forrajera (Hitchcock, 1971)
<i>Eneapogon desvauxii</i>	<i>Graminae</i>	Perenne	Tallos numerosos, delgados, decumbentes extendidos. de 20 a 40 cm de altura. crece en planicies secas y pendientes pedregosas. En regiones estériles produce bucantidad de forraje (Hitchcock, 1971)..
<i>Leptochloa dubia</i>	<i>Graminae</i>	Perenne	Tallo rígido, erecto de 50 a 100 cm de altura. Crece en pendientes rocosas y suelos arenosos. Forrajera (Hitchcock, 1971)..
<i>Muhlenbergia repens</i>	<i>Graminae</i>	Perenne	Tallos decumbentes, ramificados, de 5 a 20 cm de altura. Crece en zonas abiertas rocosas o arenosas. Forrajera (Hitchcock, 1971)..
<i>Physalis philadelphica</i>	<i>Solanaceae</i>	Anual	Planta herbácea de 15 a 60 cm de alto, anual, glabra con hojas ovaladas (Sanchez, 1979). Forma bajo la copa de mezquite densos lotes en la estación lluviosa (observación personal).

**Cuadro 3. Número de individuos de las especies leñosas y herbáceas registrados en el matorral de González Ortega. Los números fraccionarios representan la proporción de cada especie herbácea que se localizó bajo las diferentes especies de leñosas.**

<b>NODRIZA CUBIERTA</b>	<i>Prosopis laevigata</i> (18)	<i>Condalia mexicana</i> (22)	<i>Mimosa biuncifera</i> (26)	<i>Myrtillocactus geometrizans</i> (4)	<i>Acacia farnesiana</i> (4)	<i>Karwinskia humboldtiana</i> (6)	<i>Opuntia imbricata</i> (7)	<i>Opuntia kleimae</i> (6)
<i>Encarpogon desvauxii</i> (26)	7/26	6/26	6/26	1/26			1/26	3/26
<i>Muhlenbergia repens</i> (15)		10/15	5/15					
<i>Leptochloa dubia</i> (8)	1/8	3/8	4/8					
<i>Mammillaria</i> spp (5)	2/5	1/5	2/5					
<i>Ferocactus latespinus</i> (13)	5/13	1/3	7/13					
<i>Echinocereus cinerascens</i> (19)	10/19	3/19	4/19	1/19		1/19	1/19	
Musgos (46)	7/46	16/46	20/46				3/46	2/46

**Cuadro 4. Frecuencias de asociación entre leñosas y herbáceas en el matorral de González Ortega.**

*Enneapogon desvauxii* (24)

Nodrizas	No	Frecuencias considerando relaciones neutras	Frecuencias observadas
<i>P. laevigata</i>	18	4.970	7
<i>C. mexicana</i>	22	6.080	6
<i>M. biuncifera</i>	26	7.190	6
<i>M. geometrizans</i>	4	1.100	1
<i>A. farnesiana</i>	5	1.380	0
<i>K. humboldtiana</i>	6	1.650	0
<i>O. imbricata</i>	7	1.940	1
<i>O. kleiniae</i>	6	1.650	3

Total 94  
 $G_{cal} = 4.538 < X^2_{0,05}[7] = 14.067$

*Leptochloa dubia* (8)

Nodrizas	No	Frecuencias considerando relaciones neutras	Frecuencias observadas
<i>P. laevigata</i>	18	1.153	1
<i>C. mexicana</i>	22	1.876	3
<i>M. biuncifera</i>	26	2.210	4
<i>M. geometrizans</i>	4	0.340	0
<i>A. farnesiana</i>	5	0.420	0
<i>K. humboldtiana</i>	6	0.510	0
<i>O. imbricata</i>	7	0.590	0
<i>O. kleiniae</i>	6	0.510	0

Total 94  
 $G_{cal} = 6.72 < X^2_{0,05}[7] = 14.067$

*Muhlenbergia repens* (15)

Nodrizas	No	Frecuencias considerando relaciones neutras	Frecuencias observadas
<i>P. laevigata</i>	18	2.870	0
<i>C. mexicana</i>	22	3.510	10
<i>M. biuncifera</i>	26	4.140	5
<i>M. geometrizans</i>	4	0.637	0
<i>A. farnesiana</i>	5	0.790	0
<i>K. humboldtiana</i>	6	0.975	0
<i>O. imbricata</i>	7	1.160	0
<i>O. kleiniae</i>	6	0.957	0

Total 94  
 $G_{cal} = 11.14 < X^2_{0,05}[7] = 14.067$

*Mammillaria* sp (5)

Nodrizas	No	Frecuencias considerando relaciones neutras	Frecuencias observadas
<i>P. laevigata</i>	18	0,975	2
<i>C. mexicana</i>	22	1,170	1
<i>M. biuncifera</i>	26	1,338	2
<i>M. geometrizzans</i>	4	0,212	0
<i>A. farnesiana</i>	5	0,226	0
<i>K. humboldtiana</i>	6	0,319	0
<i>O. imbricata</i>	7	0,372	0
<i>O. kleiniae</i>	6	0,319	0

Total 94  
 $G_{cal} = 2.372 < X^2_{0,05}[7] = 14.067$

*Feroecactus latiespinus* (13)

Nodrizas	No	Frecuencias considerando relaciones neutras	Frecuencias observadas
<i>P. laevigata</i>	18	2,480	5
<i>C. mexicana</i>	22	3,040	1
<i>M. biuncifera</i>	26	3,590	7
<i>M. geometrizzans</i>	4	0,550	0
<i>A. farnesiana</i>	5	0,690	0
<i>K. humboldtiana</i>	6	0,830	0
<i>O. imbricata</i>	7	0,960	0
<i>O. kleiniae</i>	6	0,820	0

Total 94  
 $G_{cal} = 14.14 > X^2_{0,05}[7] = 14.067$

*Echinocereus cinerances* (18)

Nodrizas	No	Frecuencias considerando relaciones neutras	Frecuencias observadas
<i>P. laevigata</i>	18	3,440	10
<i>C. mexicana</i>	22	4,210	3
<i>M. biuncifera</i>	26	4,970	4
<i>M. geometrizzans</i>	4	0,760	1
<i>A. farnesiana</i>	5	0,950	0
<i>K. humboldtiana</i>	6	1,140	0
<i>O. imbricata</i>	7	1,330	0
<i>O. kleiniae</i>	6	1,140	0

Total 94  
 $G_{cal} = 17.40 > X^2_{0,05}[7] = 14.067$

Musgos (48)

Nodrizas	No	Frecuencias considerando relaciones neutras	Frecuencias observadas
<i>P. laevigata</i>	18	9,190	7
<i>C. mexicana</i>	22	11,230	16
<i>M. biuncifera</i>	26	13,272	20
<i>M. geometrizans</i>	4	2,040	0
<i>A. farnesiana</i>	5	2,550	0
<i>K. humboldtiana</i>	6	3,060	0
<i>O. imbricata</i>	7	3,570	3
<i>O. kleiniae</i>	6	3,060	2

Total 94  
 $G_{cal} = 16.73 > \chi^2_{0.05[7]} = 14.067$

#### **4.2. Variaciones de temperatura y de intercepción de radiación bajo la copa de *Prosopis laevigata* y *Myrtillocactus geometrizans***

Las temperaturas a nivel del suelo registradas bajo la copa de *Prosopis laevigata* y *Myrtillocactus geometrizans* muestran variaciones importantes en relación a la exposición y a la distancia al tronco, principalmente en la segunda y la tercer hora de medición (Figs. 12 y 13).

##### **4.2.1. Variación de temperatura bajo la copa de mezquite.**

Las temperaturas bajo la copa de mezquite durante la primera hora de medición, 8:00 horas aproximadamente, se mantuvo casi constante para las diferentes exposiciones y las diferentes distancias al tronco. Los valores fluctuaron alrededor de los 16 °C con una variación de 0.5 °C.

La segunda medición (11 horas) evidenció variaciones de la temperatura principalmente entre las diferentes distancias. Las temperaturas en la base del tronco fluctuaron alrededor de los 25 °C, con una variación de 2 °C, en las cuatro exposiciones. Las temperaturas en la parte media fluctuaron alrededor los 30 °C, con valores de 27 °C para la exposición NW y de 32 °C para la exposición SE. La diferencia promedio entre estas dos distancias fue de 10 °C para todas las exposiciones. Los registros en el borde de la copa fueron de 32 °C en promedio. La exposición NW fue la menor registro con 27.5 °C y la del mayor registro la exposición SE con 36 °C. La diferencia promedio entre la parte media y el borde de la copa fue de 3 °C.

La tercera medición, a las 13:00 horas aproximadamente, presentó los siguientes valores de temperatura: el área cercana al tronco tenía un promedio de 27.5 °C, en la parte media el promedio fue de 38 °C con valores extremos de 44 °C para las exposiciones SE y SW y con un valor de 34 °C para la exposición NW. En el borde de la copa el patrón de temperaturas fue similar, con un valor promedio de 40 °C y con valores extremos de 44 °C y 42 °C para la exposición E y la exposición SE, respectivamente, así como un valor de 36 °C para la exposición NW. La mayor

diferencia entre el área cercana al tronco y el borde de la copa fue para la exposición E con 16 °C y la menor para la exposición NW con sólo 9 °C (Cuadro 5).

#### 4.2.2. Intercepción de radiación solar bajo mezquite

La intercepción de radiación solar en la tercera medición, definida por la cantidad de sombra en una cuadrícula blanca fue de casi el 40 % para la mayoría de los puntos. En el borde de la copa la exposición con la mayor temperatura la Este, presentó un porcentaje de intercepción del 10 % y la de menor registro, la exposición NW, un porcentaje del 30 %.

#### 4.2.3. Variaciones de temperatura bajo la copa de garambullo

Los valores de temperatura bajo la copa de *M. geometrizzans* no presentan variaciones importantes en los diferentes distancias y exposiciones en las dos primeros registros ( el de las 8:00 horas y el de las 11:00 horas). En el primer caso la temperatura fluctuó alrededor de los 14°C en todas las exposiciones, con una variación de 0.5°C. La segunda medición a las 11:00 horas, registró valores de 19°C en promedio para todas las distancias y exposiciones con diferencias entre el tronco y el borde de la copa de sólo 1.5 °C en promedio. En el borde de la copa la exposición con la mayor temperatura fue la SE con 20.5 °C sin grandes variaciones en relación a las exposiciones.

Los registros de la tercer hora es decir a las 13:00 horas (Cuadro 6), muestran las mayores diferencias de temperatura en relación a la exposición y a la distancia al tronco. Las temperaturas en la base del tronco fueron de 25.5 °C en promedio para todas las exposiciones. En la parte media se observan diferencias en relación a la exposición, siendo los puntos con menor valor los encontrados al NW, al NE y al E, con valores promedio de 26.5 °C . Las demás exposiciones SE, SW y W, presentan un promedio de 42 °C . El borde de la copa presenta un patrón similar pero en este caso las temperaturas de las tres primeras exposiciones fueron en promedio de 35° C y la de las otras exposiciones fue de 44 °C en promedio. La diferencia entre las

temperaturas del tronco y el borde de la copa fue de 10° C y de 19 °C respectivamente.

#### **4.2.4. Intercepción de radiación solar bajo garambullo.**

El porcentaje de sombreado en las cuadrículas fue superior al 90 % para casi todos los puntos ubicados directamente bajo la copa. En los puntos ubicados en el borde de la copa el porcentaje fue menor del 50 %, siendo 0% para los puntos de mayor temperatura (SE, SW y W).

#### **4.2.5. Cobertura de herbáceas bajo mezquite y garambullo.**

La vegetación herbácea presente bajo la copa de las dos especies está dominada por la gramínea *Enneapogon desvauxii*. Diferencias en la cobertura se presentaron en las dos especies. Bajo la copa del mezquite se encontraron los mayores porcentajes de cobertura y la mayor variación por efecto de la exposición. Los valores para mezquite fueron los siguientes: NW 50%, NE 80%, E 10%, SE 10%, SW 20%, W 30%.

La cobertura de *Enneapogon desvauxii*, bajo el garambullo fue extremadamente baja, con valores inferiores al 10 % para todas las exposiciones. Los valores extremos fueron del 10 % para la exposición NE y del 0 % para la exposición SE.

Fig. 12. Variación de temperatura bajo el área de influencia de la copa de *Prosopis laevigata* (mezquite) a diferentes horas del día (marzo de 1990)

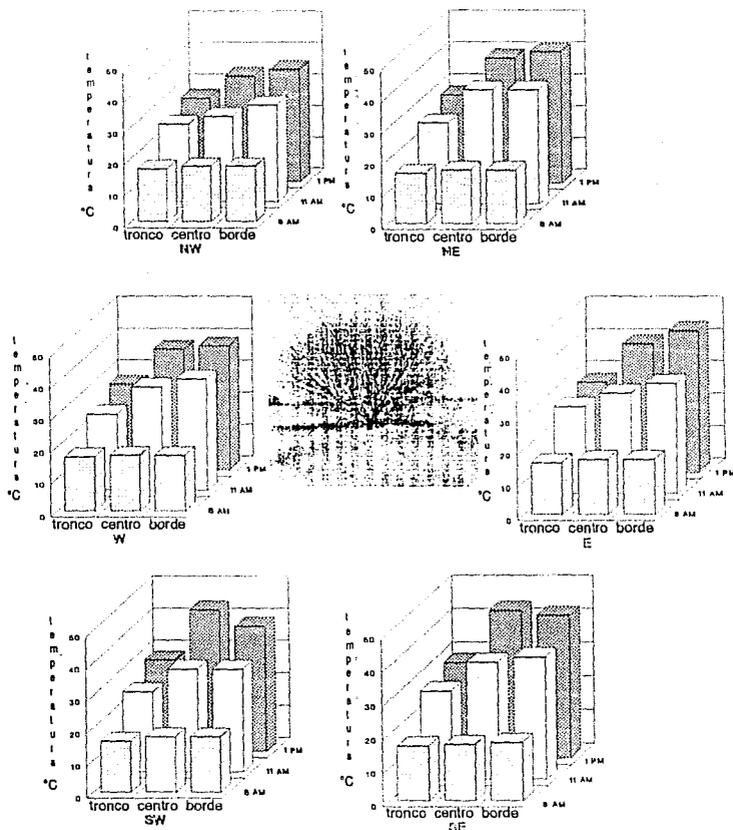
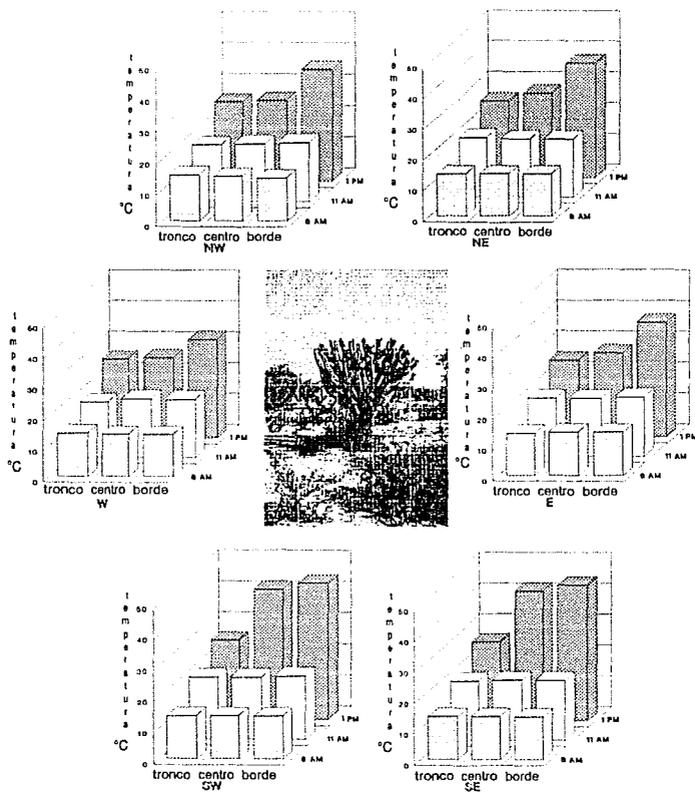


Fig. 13. Variación de temperatura bajo el área de influencia de la copa de *Myrtillocactus geometrizans* (garambullo) a diferentes horas del día.



\* marzo de 1990

**Cuadro 5. Variación de temperatura bajo la copa de *Prosopis laevigata* a las 13 hrs**

Exposición	Tronco	Centro	Borde	Diferencia Tronco-Borde
E	28 °C	40 °C	44 °C	16.0 °C
SE	28.5 °C	44 °C	42 °C	13.5 °C
SW	28.5 °C	44 °C	39 °C	10.5 °C
W	27 °C	38 °C	39 °C	12.0 °C
NW	27 °C	34 °C	36 °C	9.0 °C
NE	28 °C	39.5 °C	41.5 °C	13.5 °C

**Cuadro 6. Variación de temperatura bajo la copa de *Myrtillocactus geometrizans* a las 13 hrs**

Exposición	Tronco	Centro	Borde	Diferencia Tronco-Borde
E	25.5 °C	42.5 °C	44 °C	19.5 °C
SE	25.5 °C	42 °C	44 °C	19.5 °C
SW	25.5 °C	42 °C	44 °C	19.5 °C
W	2.5 °C	26 °C	36 °C	10.5 °C
NW	25.5 °C	26 °C	36 °C	10.5 °C
NE	25 °C	27.5 °C	37.5 °C	12.5 °C

### 4.3. Evaluación de la instalación y el crecimiento de *B. gracilis* bajo la copa de mezquite y diferentes porcentajes de sombra.

#### 4.3.1. Evaluación bajo mezquite

La evaluación de la emergencia y el crecimiento de *B. gracilis* bajo la copa de mezquite presentaron diferencias en la sobrevivencia y el crecimiento entre los diferentes microambientes que se generan entre las diferentes exposiciones y distancias. Algunos parámetros como son sobrevivencia de plántulas al final del experimento y desarrollo foliar presentan patrones que se ajustan a los diferentes microambientes. Otros como son número de raíces, número de tallos y de hojas presentaron comportamientos más erráticos. Un aspecto que limitó, en mucho, las posibilidades de análisis, fue el hecho de que al final del experimento sólo se contó con un mezquite para hacer las evaluaciones de crecimiento, ya que los demás árboles fueron dañados y las condiciones bajo sus copas alteradas considerablemente. A continuación se presentan los resultados de los siguientes parámetros: número de plántulas presentes quince días después de sembradas, número de plántulas presentes al final del experimento, longitud de las hojas y número de raíces desarrolladas.

##### 4.3.1.1. Emergencia y número final de plántulas de *B. gracilis* bajo mezquite.

El conteo del número de plántulas presentes bajo la copa de mezquite, 15 días después de sembradas, mostró diferencias en el número total de plántulas entre las diferentes exposiciones, pero no se presentan grandes diferencias entre los distintos puntos de cada exposición ya que el número permaneció casi constante desde el tronco hasta el borde de la copa (Fig. 14). La exposición Norte fue la que presentó el menor número de plántulas, 90 en promedio, en cada uno de los puntos. La exposición Sur presentó un promedio de 140 plántulas por punto, lo que la sitúa en la de mayor número. La exposición Este y la exposición Oeste presentaron un promedio de 110 plántulas cada una.

El número de plántulas al final del trabajo se mantuvo constante desde el tronco hasta la periferia únicamente en las exposiciones Norte, con un promedio de 90 individuos, y en la exposición Este, con 140 individuos en promedio. La exposición Sur presentó en el área cercana al tronco un número de casi 200 individuos, que es el mayor valor alcanzado en todos los puntos, pero el número disminuyó considerablemente al acercarse al borde de la copa, en donde sólo se registraron 35 individuos en esa exposición. La misma situación se presentó para la exposición Oeste ya en los puntos cercanos al tronco el número de plántulas estuvo por arriba de 170 y en el borde de la copa el número cayó hasta 45 individuos (Fig. 15).

#### 4.3.1.2. Desarrollo foliar.

Las muestras de 30 individuos tomados en cuatro puntos de cada una de las exposiciones arrojaron los siguientes resultados. Para la longitud de las hojas, de acuerdo al análisis de varianza y el análisis exploratorio de datos se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las diferentes exposiciones (Cuadro 7) y las cuatro distancias al tronco (Cuadro 8).

En el primer caso, en la evaluación por exposiciones (Cuadro 7), el lado Sur presenta el mayor desarrollo foliar con una longitud promedio de 31.4 mm; en segundo lugar está la exposición Este con una longitud promedio de 29.2 mm. La exposición Norte presentó una longitud promedio de 25.5 mm y la exposición Oeste 23.2 mm. Las Figuras 16 y 17 muestran la distribución de los valores empleando las medias y las desviaciones estándar y empleando el análisis exploratorio de datos. Hay que señalar que la exposición Sur presenta en la distancia 2 las plántulas con el mayor desarrollo foliar de toda la población monitoreada.

La evaluación por distancias (Fig 18) mostro un mayor desarrollo foliar en la punto más cercano a la base del tronco, con una longitud promedio de 31.9 mm. Los promedios de los siguientes puntos fueron de 30.9 mm para el segundo y de 25.8 mm y 20.8 mm para el tercer y cuarto punto respectivamente (cuadro 8).

De acuerdo a los diagramas de caja del análisis exploratorio (Fig. 19) la distancia dos es la que presenta la mayor dispersión de los valores y revela la presencia de valores extremos más altos que en cualquier otro punto.

#### 4.3.1.3. Desarrollo radical

El desarrollo radical no presentó patrones claros influenciados por las diferencias en exposición y distancia al tronco (Fig. 20). La exposición Norte presenta el mejor desarrollo foliar en los puntos cercanos al tronco; se observa que la distancia dos, en este caso, presentó un alto porcentaje de plántulas (45%) con 4 raíces. La exposición Este presentó el mayor desarrollo en las áreas cercanas al borde de la copa ya que se presenta el mayor porcentaje de plántulas (40%) con cuatro raíces desarrolladas. La exposición Sur presentó el mejor desarrollo en la distancia dos ya que casi el 75% de las plántulas desarrollaron 4 raíces. La exposición Oeste tuvo su mejor desarrollo en la distancia tres ya que incluso hubo un porcentaje importante (25%) de plántulas con 5 raíces desarrolladas.

#### 4.3.1.4. Intercepción de radiación por la copa del árbol de mezquite.

Los valores de intercepción de radiación por la copa del mezquite medidos a las 13:00 horas de un día de mediados de agosto de 1991, fueron los siguientes:

Exposición	Tronco -----			Borde		
Norte	55%	60%	50%	65%	57%	60%
Sur	60%	50%	58%	40%	20%	0%
Este	65%	50%	70%	55%	60%	50%
Oeste	60%	60%	40%	30%	25%	10%

Fig. 14. Plántulas de *Bouteloua gracilis* emergidas bajo la copa de un árbol de mezquite (*Prosopis laevigata*), muestreadas en transectos lineales: tronco periferia. N

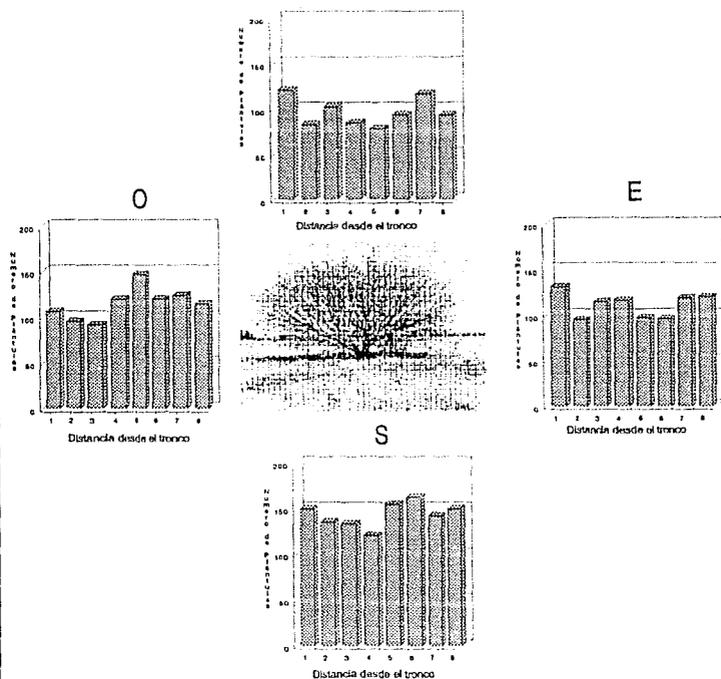


Fig. 15. Número de plántulas de *Bouteloua gracilis* bajo la copa de un árbol de mezquite (*Prosopis laevigata*), al final de la época de crecimiento, muestreadas en transectos lineales: tronco-periferia

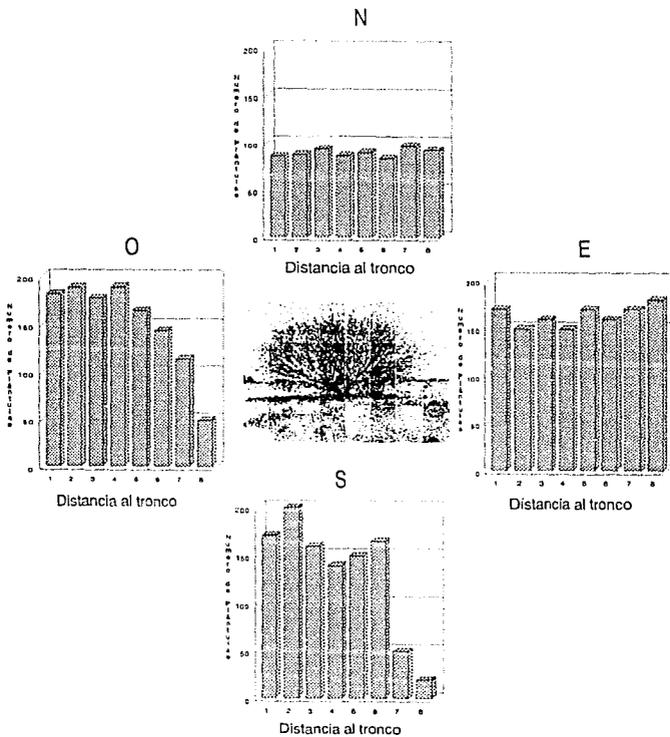
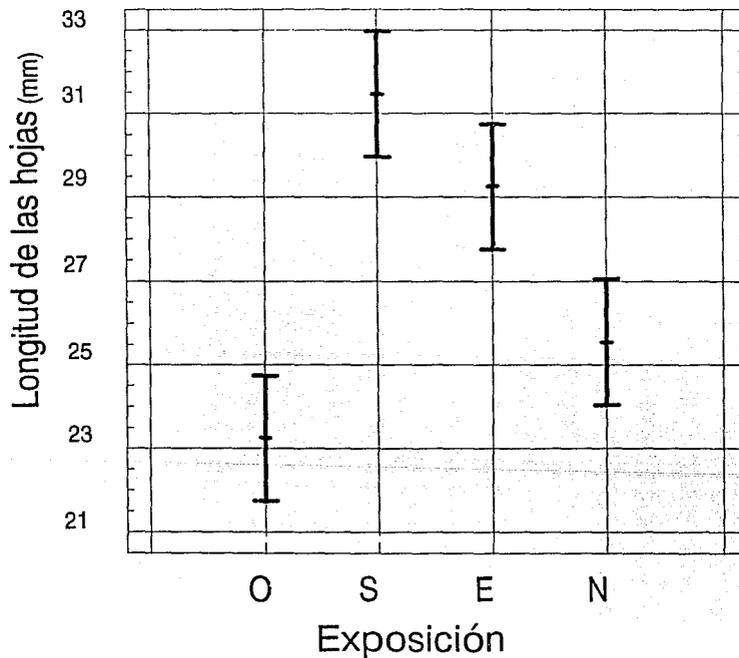


Fig. 16. Medias y desviación estándar de la longitud de las hojas de *Bouteloua gracilis* emergidas bajo la copa de un árbol de mezquite (*Prosopis laevigata*)



Plántulas con una edad  
promedio de 90 días

Fig 17. Diagramas de caja para la longitud de las hojas de plántulas de *Bouteloua gracilis* sembradas bajo mezquite *Prosopis laevigata*

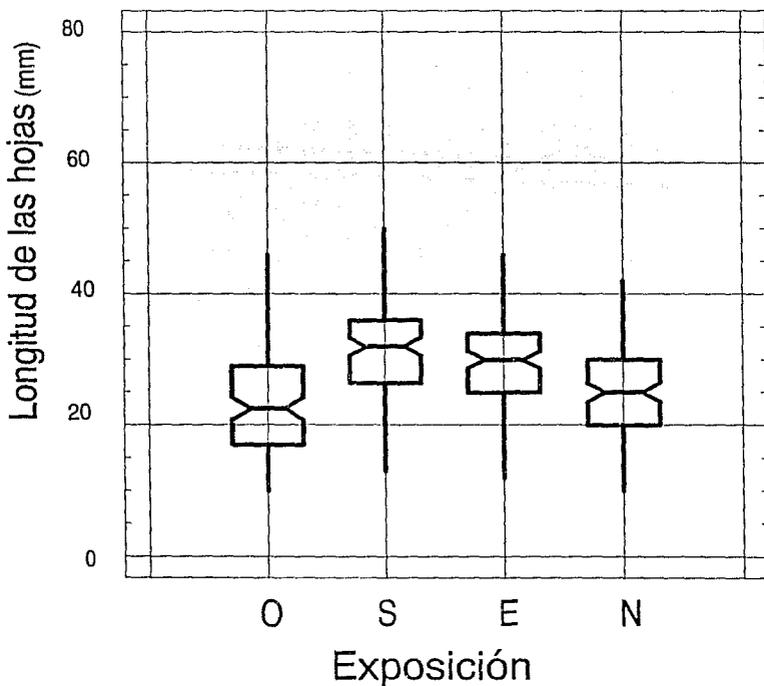


Fig. 18. Medias y desviación estándar de la longitud de las hojas de plántulas de *Bouteloua gracilis* sembradas bajo un árbol de mezquite *Prosopis laevigata*

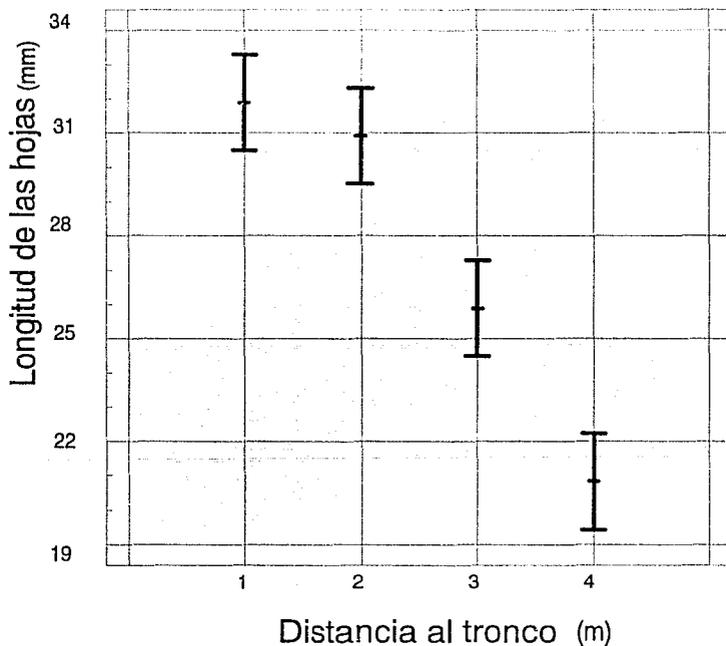


Fig. 18. Medias y desviación estándar de la longitud de las hojas de plántulas de *Bouteloua gracilis* sembradas bajo un árbol de mezquite *Prosopis laevigata*

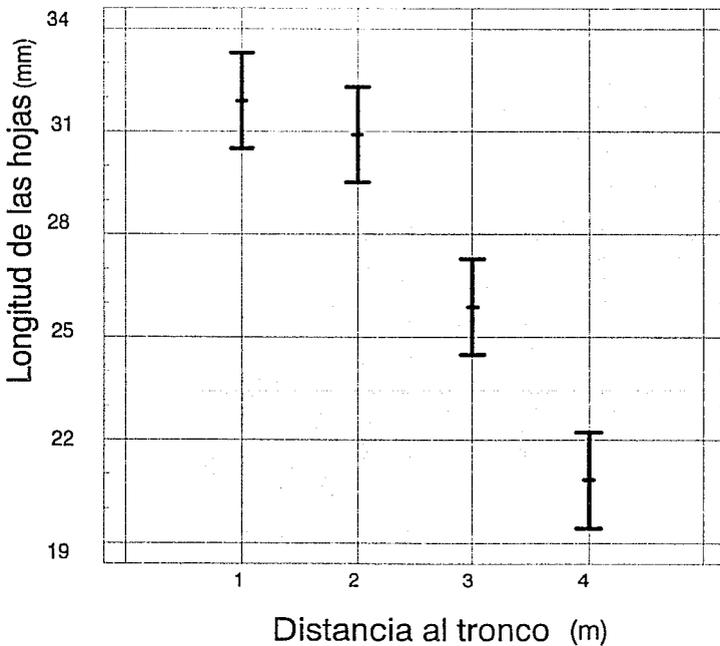
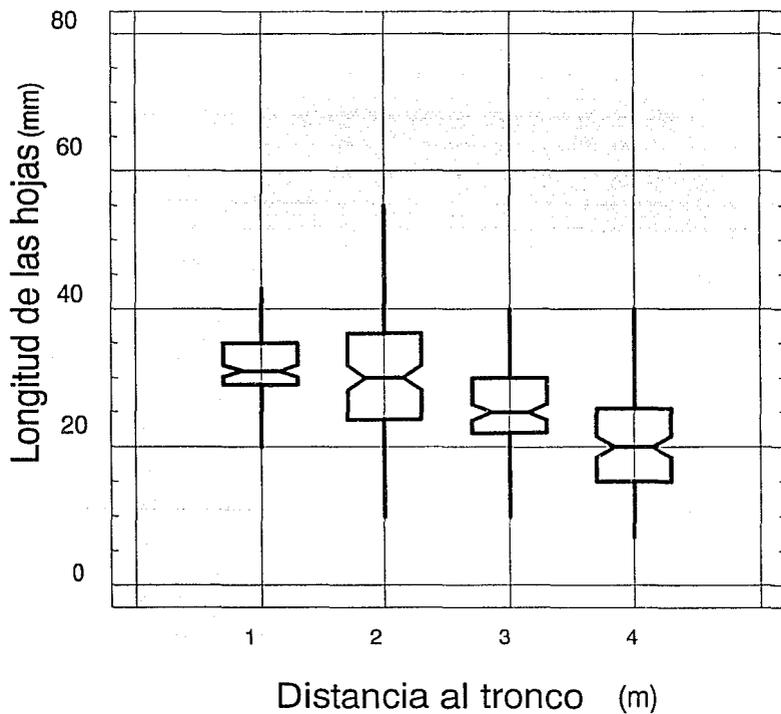
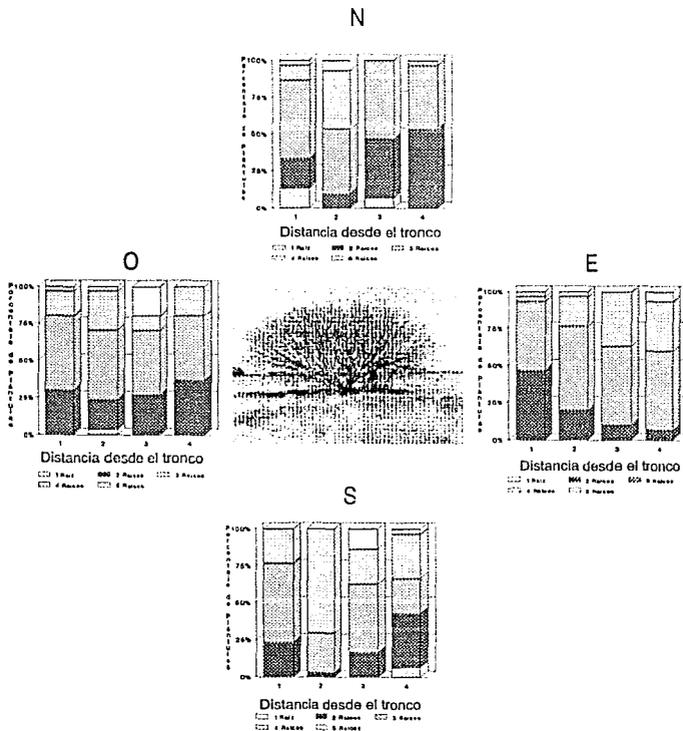


Fig. 19. Diagramas de caja para la longitud de las hojas de plántulas de *Bouteloua gracilis* sembradas bajo un árbol de mezquite *Prosopis laevigata*.



Cada lote de datos corresponde a la totalidad de datos de cada exposición en la distancia señalada

Fig. 20. Desarrollo radical de plántulas de *Bouteloua gracilis* bajo la copa de un árbol de mezquite (*Prosopis laevigata*) muestreadas en un transecto lineal: tronco periferia



**Cuadro 7. Análisis de Varianza, medias y desviación estándar de la longitud de las hojas de *B. gracilis* sembradas bajo mezquite. Evaluación en las cuatro exposiciones.**

Exposición	Número	Medias	Error estándar interno	Error estándar del lote	Intervalo de confianza para las medias (95%)	
W	120	23.25 mm	0.66	0.76	21.7	24.7 mm
S	120	31.46 "	1.09	0.76	29.9	32.9 "
E	120	29.25 "	0.64	0.76	27.7	30.7 "
N	120	25.55 "	0.68	0.76	24.0	27.0 "
<b>Total</b>	480	27.38 "	0.38	0.38	26.6	28.1 "

ANEDVA F-Teórica (0,05) = 2.60 < F-Cal. = 23.214

**Cuadro 8. Análisis de Varianza, medias y desviación estándar de la longitud de las hojas de *B. gracilis* sembradas bajo mezquite. Evaluación en cuatro distancias al tronco.**

Distancia al tronco	Número	Medias	Error estándar interno	Error estándar del lote	Intervalo de confianza para las medias (95%)	
1	120	31.9 mm	0.51	0.71	30.5	33.2 mm
2	120	30.9 "	0.97	0.71	29.5	32.3 "
3	120	25.8 "	0.59	0.71	24.4	27.2 "
4	120	20.8 "	0.67	0.71	19.4	22.2 "
<b>Total</b>	480	27.3 "	0.35	0.35	26.6	22.2 "

ANDEVA F-Teórica (0,05) = 2.60 < F-Cal = 51.572

**Cuadro 9. Análisis de Varianza, medias y desviación estándar de la longitud de las hojas de *B. gracilis* sembradas bajo diferentes porcentajes de sombra.**

Porcentaje de sombra	Número	Medias	Error estándar interno	Error estándar del lote	Intervalo de confianza para las medias (95%)	
0 %	60	15.3 mm	0.37	0.35	14.6	16.0 mm
25 %	60	16.7 "	0.26	0.35	16.0	17.4 "
50 %	60	19.4 "	0.38	0.35	18.7	20.1 "
75 %	60	20.2 "	0.38	0.35	19.4	20.9 "
<b>Total</b>	240	17.9 "	0.17	0.17	17.5	18.3 "

ANDEVA F-Teórica(0,05) = 2.60 < F-Cal = 41.344

#### **4.3.2. Crecimiento bajo diferentes porcentajes de sombra.**

##### **4.3.2.1. Desarrollo foliar.**

Un crecimiento diferencial de las plántulas de *B. gracilis* se presentó en relación a los diferentes tratamientos. El Análisis de Varianza (Cuadro 9) indica una diferencia estadísticamente significativa en relación a la longitud de las hojas alcanzadas en los 4 tratamientos.

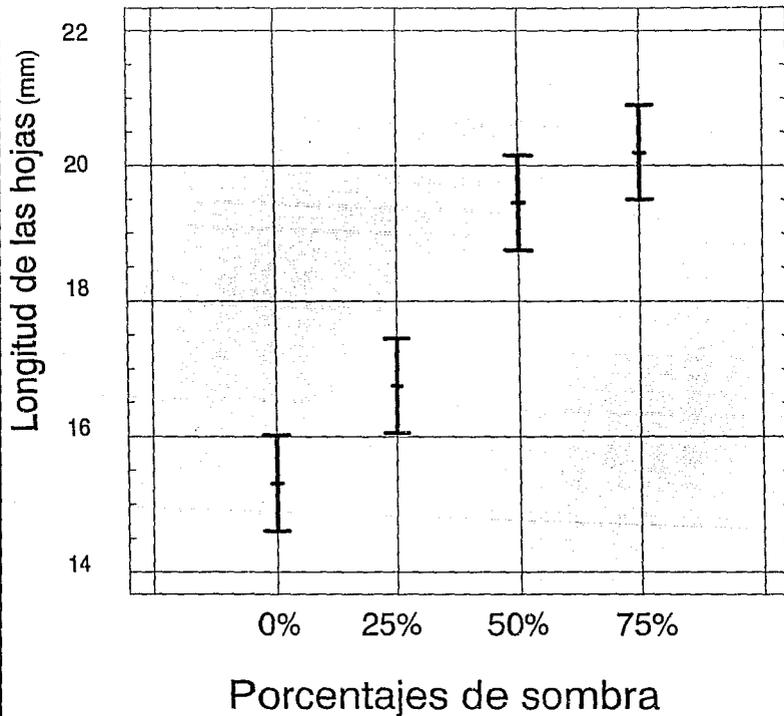
El tratamiento testigo, sin intercepción de radiación, presentó una longitud foliar promedio de 15.3 mm, las plántulas sometidas a un sombreado del 25% alcanzaron un longitud promedios de 16.7. Los restantes tratamientos, 50 y 75%, tuvieron longitudes promedio de 19.4 mm y 20.2 mm respectivamente (Fig. 21).

Los diagramas de caja, del análisis exploratorio de datos (Fig. 22), muestran que las diferencias, estadísticamente significativas, se encuentran entre el tratamiento de 0% con los de 50 y 75% de sombreado. Entre estos dos y entre el de 0% y 25% no hay diferencias significativas.

##### **4.3.2.2. Desarrollo radical.**

En este caso se encontró que el desarrollo radical varía en relación a los tratamientos. En el primer tratamiento de las 60 plántulas analizadas 54 presentaron exclusivamente raíz seminal, las restantes presentaron sólo una raíz adventicia de apenas 2 mm de longitud. En el segundo, es decir con 25% de sombra, 35 presentan sólo raíz seminal y 25 tienen 1 raíz adventicia de alrededor de 2 mm. En el tercer tratamiento, con 50% de sombra, de un total de 60, 40 plántulas desarrollaron raíz adventicia, de éstas el 30% presentó 2 raíces de 2 a 3 mm de longitud en promedio, las 20 restantes presentaron únicamente raíz seminal. El cuarto tratamiento presenta el porcentaje más alto de plántulas con raíces adventicias, 50 plántulas de las 60 analizadas. En este caso se presentó un porcentaje del 10% que presentaron 3 raíces adventicias. La longitud de estas últimas fue de 3 mm de longitud en promedio. Solamente 10 plántulas de este lote presentaron únicamente raíz seminal (Fig. 23).

Fig. 21. Medias y desviación estándar de la longitud de las hojas de plántulas de *Bouteloua gracilis* que emergieron bajo diferentes porcentajes de sombra.



Plántulas con una edad promedio de 30 días

Fig. 22. Diagramas de caja para la longitud de las hojas de plántulas de *Bouteloua gracilis* que emergieron bajo diferentes porcentajes de sombra

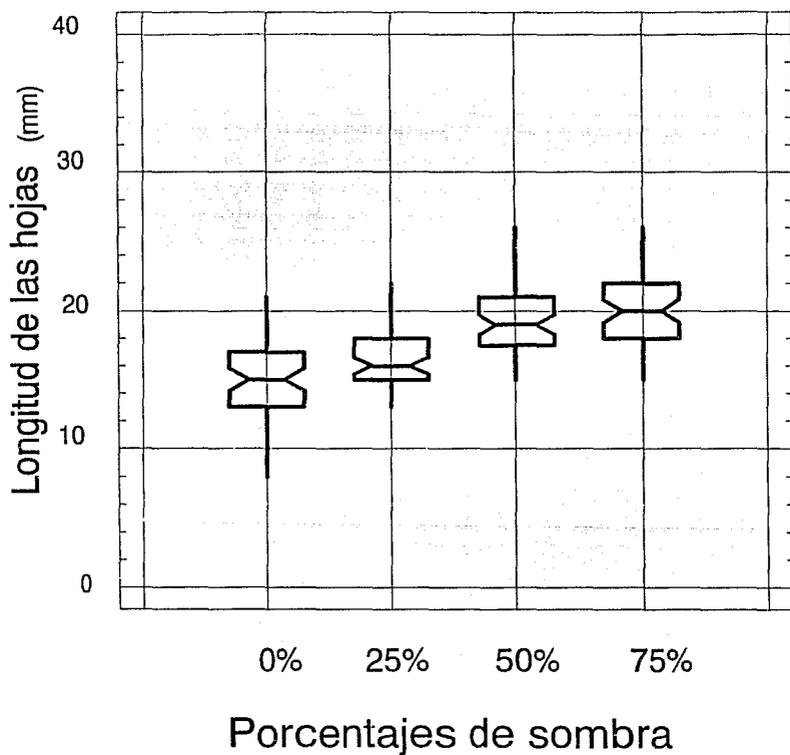
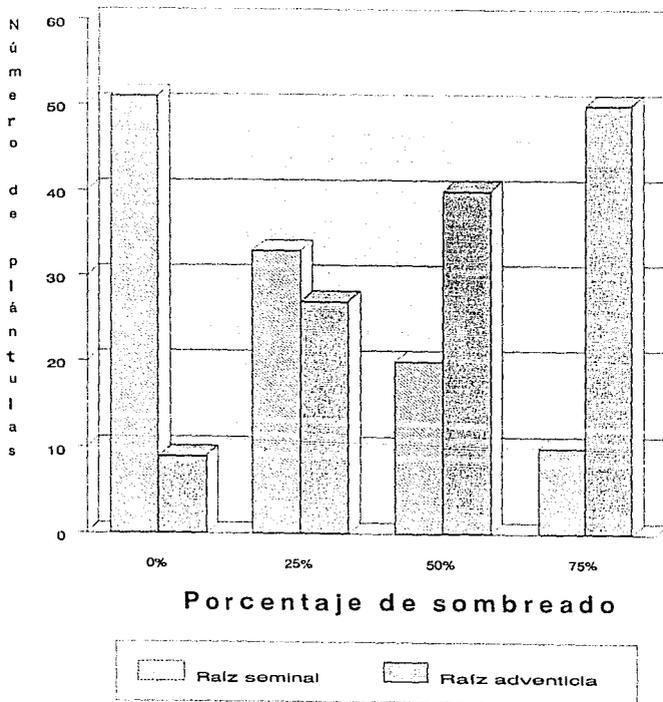


Fig. 23. Desarrollo radical de plántulas de *Bouteloua gracilis* sembradas bajo diferentes porcentajes de sombra.



## CAPITULO 5. DISCUSION

### 5.1. Influencia de los árboles y arbustos sobre la composición florística de la vegetación herbácea.

Los agostaderos del municipio de Santiago de Anaya, producto del excesivo pastoreo, han sufrido una pérdida importante de sus recursos forrajeros. Es difícil encontrar áreas donde los pastos presenten coberturas importantes y recíprocamente es común encontrar áreas en que el matorral cubre totalmente la superficie del terreno.

En las áreas de matorral de Santiago de Anaya, se encontró que no existe una matriz de herbáceas importante en las áreas entre los arbustos. Las especies encontradas se localizan principalmente bajo aquellas especies arbustivas que al parecer las protegen contra el pastoreo excesivo y que las dotan de un microambiente más favorable.

Los resultados muestran claramente que tres especies de leñosas *Mimosa biuncifera*, *Condalia mexicana* y *Prosopis laevigata* son las que soportan bajo sus copas la mayor cantidad de herbáceas. Estas tres especies se caracterizan por presentar una alta ramificación desde su base. Las otras especies, fundamentalmente cactáceas, presentan un patrón de crecimiento distinto ya que presentan un tallo principal que se ramifica unos 50 cm por arriba de la superficie del suelo.

Es importante señalar que las tres primeras especies son las más abundantes en el área, razón por la cual fue necesario evaluar cuál es el efecto de esta condición sobre los patrones de asociación observados. Para tal fin se hicieron las comparaciones de las frecuencias de asociación, obtenidas al repartir azarosamente la vegetación herbácea, con las frecuencias observadas.

Este análisis muestra en primer lugar que la especie *E. desvauxii* probablemente se distribuye azarosamente bajo la cobertura de las diferentes especies de leñosas. Además es frecuente observarla en áreas abiertas pero es importante destacar que bajo estas condiciones su vigor (reflejado en la turgencia de las hojas) es menor al presentado por los individuos que se desarrollan bajo la cobertura de alguna leñosa.

Es importante señalar que *E. desvauxii* es una gramínea forrajera perenne, altamente tolerante a condiciones de aridez y de baja fertilidad de los suelos. Estas características hacen que sea una fuente importante de forraje en sitios muy estériles (Hitchcock, 1971).

En el caso de las otras especies de pastos registradas en el sitio de muestreo e incluidas en el análisis, *L. dubia* y *M. repes*, pese a que sus distribuciones observadas no difieren significativamente de las distribuciones al azar, no es posible dar una conclusión definitiva acerca de sus patrones de asociación en vista del escaso número de registros que de ellas se obtuvieron. No obstante por observaciones realizadas se considera probable que estas especies presenten una marcada tendencia a localizarse bajo aquellas especies de arbustos que las protejan contra el ataque de grandes herbívoros. Fundamentalmente se observó que tienden a ubicarse bajo *Mimosa biuncifera* y *Condalia mexicana*, arbustos bajos y espinosos muy abundantes en el área.

*Leptochloa dubia* y *Mulhembergia repens* son especies de gramíneas forrajeras perennes que se desarrollan en sitios arenosos y pedregosos de regiones semiáridas (Hitchcock, 1971). Estas características pueden llevar a pensar que el efecto de protección contra la herbivoría es relevante en sus patrones de distribución.

En los recorridos realizados en las inmediaciones del municipio se pudo constatar la presencia muy localizada del pasto navajita *B. gracilis*, que es una de las especies forrajeras más importantes de los agostaderos áridos y semiáridos de Norteamérica. Con esta especie sucede algo similar a lo acontecido con las especies anteriores, es decir, se ubica generalmente bajo arbustos pequeños y espinosos, siendo visible únicamente, en la mayoría de los casos, las espigas que sobresalen de los arbustos.

Otras especies de pastos importantes localizadas en las inmediaciones del municipio, pero no incluidas en el análisis son *Bouteloua curtipendula*, *B. barbata*, y *Eragrostis sp.*

En algunos agostaderos de zonas áridas y semiáridas se observa que existe una importante influencia de las leñosas sobre la distribución y la composición

florística de la vegetación herbácea. En algunos sitios como el "Espinal" chileno (Ovalle y Avendaño, 1988), en la región de las Dehesas en el mediterráneo (Vacher, 1984) y en algunas mezquiteras de California (Montoya y Meson, 1980), se ha encontrado que bajo la cobertura de leñosas por lo general se desarrollan especies de pastos con ciclos de vida perenne, con crecimientos verticales y muchas de ellas altamente palatables para el ganado. Por otra parte, las áreas abiertas son ocupadas principalmente por especies de ciclo anual con crecimientos postrados (Noy-Meir y Kaplan, 1989). Se menciona además que las especies que crecen bajo leñosas presentan un periodo vegetativo de 25 a 35 días más largo que las que crecen fuera de las copas (Ovalle y Avendaño, 1988).

Este tipo de planteamientos sirvieron de base para considerar necesaria la evaluación de las relaciones entre la vegetación herbácea y las plantas leñosas en agostaderos del municipio de Santiago de Anaya, además de tratar de encontrar cuál de las especies leñosas favorecen más el desarrollo de vegetación, principalmente pastos, bajo sus copas.

En este caso particular la presión del pastoreo puede estar jugando un papel relevante en la distribución de las gramíneas ya que su localización se presenta bajo aquellas especies arbustivas que las protegen contra el ataque de los herbívoros. No se descarta la posibilidad de que además del efecto de protección contar el forrajeo, las especies arbustivas las provean de un mejor microambiente que le permita un mejor desarrollo comparado con el que presentarían si crecieran en una área abierta.

Por otra parte, las cactáceas son un componente importante de la flora de la zona. En efecto, diferentes especies por su forma de crecimiento constituyen una parte substancial de los estratos inferiores de las comunidades vegetales. Especies como *Ferocatus latiespinus*, *Mammillaria sp.* y *Echinocereus cineraces* (las primeras globosas y la última con un crecimiento postrado) son abundantes en la zona. Esta situación determinó que se incluyeran en análisis de los patrones de distribución.

Los patrones de distribución de estas tres especies de cactaceas muestran diferencias significativas en relación a los patrones esperados por simple azar. De las

tres especies *E. cinerances* es la que presenta el patrón de distribución más alejado del esperado por azar, presentando una elevada tendencia a ubicarse bajo la copa de árboles y arbustos de mezquite, *Prosopis laevigata*. Esta situación ya ha sido descrita por autores como Helia Bravo (1933) y refleja la fuerte interacción que entre estas especies se presenta. Cabe señalar que los individuos de esta especie que se ubican en áreas abiertas presentan evidentes signos de estrés hídrico y de necrosis de sus tejidos.

*Ferocactus latiespinus* y *Mammillaria sp.* son especies que presentan patrones de distribución muy cercanos a una distribución al azar bajo la cobertura de las diferentes leñosas, pero la mayoría de los individuos se localizan siempre bajo la cobertura de alguna planta.

Las interacciones entre diferentes especies de cactáceas con individuos adultos de otras especies, tanto herbáceas como leñosas han sido estudiadas por autores como Nobel (1988), quien encontró que a pesar de darse una disminución en la cantidad de radiación fotosintéticamente activa que llega a los individuos cubiertos, muchas especies requieren de la protección de un individuo adulto (planta nodriza) que evite la excesiva radiación solar que se presenta en las zonas áridas, y que disminuya las altas temperaturas a nivel del suelo, que en algunos sitios se reporta, alcanzan hasta los 70°C (Nobel, 1977)

Un caso peculiar es el de los musgos que se presentan en la zona. En primer lugar éstos sólo se localizan bajo coberturas de leñosas, pero tienden además a localizarse, como lo indica el análisis de distribución, bajo aquellos individuos que por su forma de crecimiento y ramificación intercepten y acumulen material tanto orgánico como inorgánico, creando montículos bajo sus bases. Esta situación se observa en especies como *Condalia mexicana*, *Mimosa biuncifera* y *Prosopis laevigata*, que son las que más musgo presentan bajo su cobertura.

Por otro lado, una especie importante en la zona es *J. dioica*, esta especie se distribuye indistintamente en toda el área, alcanzando valores de cobertura importantes en algunos sitios. Esta especie se ha reportado que es indicadora de un

pastoreo excesivo y que tiende a disminuir sus poblaciones al eliminar el pastoreo y al restablecerse las poblaciones de pastos (Rivas, 1988).

Finalmente en el estrato herbáceo se encontro *Physalis phyladelfica* que es una solanácea sin ninguna importancia forrajera, pero que en la estación lluviosa se observó que desarrolla densos lotes bajo individuos de mezquite, con una distribución que sigue con mucha precisión la proyección vertical de la densidad de la sombra de la copa.

En el estrato arbóreo son importantes por sus alturas las especies *Myrtillocactus geometrizans* y *Yucca filifera*, ya que juegan un papel relevante en la definición de la fisonomía de la vegetación. No obstante en el primer caso la frecuencia en las unidades de muestreo son bajas y no se registraron valores importantes de asociación con otras especies, y en el segundo *Yucca filifera* no se incluyó en el análisis.

## 5.2. Evaluación de la variación microclimática

Como ya se indicó anteriormente el área de influencia de la copa de plantas leñosas presenta una temperatura a nivel del suelo mucho menor de la que se registra en áreas abiertas. Esta situación favorece el balance hídrico para al disminuir las temperaturas extremas y reducir el potencial evaporativo del aire, lo que se traduce a nivel del suelo, en una mayor disponibilidad hídrica para las vegetación asociada que a su vez se favorece por la disminución en sus tasas de transpiración (Ovalle y Avendaño, 1988; Nobel, 1989).

Las distintas especies de leñosas, al presentar diferencias en relación al tamaño, estructura, grosor de tallos y ramas, disposición de hojas y a la cantidad de mantillo que acumulen en el suelo, pueden modificar diferencialmente las condiciones microclimáticas y del suelo bajo sus copas. En el caso particular de la interceptación de radiación solar hay una importante variación en cuanto al grado de protección que ofrecen.

Esta situación motivó a evaluar el nivel de modificación microambiental de dos especies con características estructurales distintas. Las especies elegidas, como ya se había indicado fueron *Prosopis laevigata* y *Myrtillocactus geometrizans*.

Los registros de temperatura durante la marcha diurna muestran que existen diferencias importantes entre las diferentes exposiciones y las diferentes distancias al tronco, principalmente a las 13:00 horas.

La zona con menor temperatura, en ambas especies, es la comprendida entre el NW y el NE y las áreas cercanas a la base del tronco. Esta condición es resultado del recorrido y la longitud de la sombra a lo largo del día, que está definida por el hemisferio y la latitud en la que se encuentra el municipio de Santiago de Anaya. Esta situación puede provocar una disminución significativa en la tasa de evaporación de agua, en estas áreas, si tomamos en cuenta que la diferencia entre las zonas sombreadas y las áreas expuestas fue en promedio de 10 °C para mezquite y de 15 °C para el garambullo.

Producto de esta posible disminución en los niveles de evaporación, algunos trabajos señalan que existe un mayor nivel de productividad de la vegetación herbácea, asociada a leñosas, en la exposición norte y en áreas cercanas al tronco (Tidemann y Klemmedson, 1977; Mc Mutrie y Wolf, 1983).

Las diferencias en el nivel de disminución de temperaturas, en relación a las áreas expuestas y las áreas sombreadas entre las dos especies puede ser explicado si se toma en cuenta las diferencias en el nivel de intercepción de radiación por las copas. Como ya se indicó *M. geometrizans* ofrece un nivel de protección contra las altas temperaturas mayor que el presentado por *P. laevigata*, pese a ello, la cantidad de vegetación herbácea que se localiza bajo la copa del garambullo es mucho menor que la encontrada bajo la copa del mezquite. La explicación de este hecho se puede encontrar en el diferente grado de influencia que sobre las condiciones edáficas tienen ambas especies, producto del distinto tipo de ramificación, de la cantidad de materia orgánica que depositan en el suelo y de la cantidad de material inorgánico que capturan en sus bases.

Así, los garrambullos se caracterizan por presentar un tallo principal que se ramifica profusamente a una altura promedio de 40 cm (Bravo, 1987). Este hecho aunado a la característica de acumular poca materia orgánica bajo su copa, en vista de ser una suculenta y no presentar hojas, no permiten una acumulación de material bajo su copa por lo que los suelos son principalmente compactos y pedregosos.

El caso del mezquite es opuesto ya que muchos de los individuos de esta especie presentan una ramificación desde su base lo que ayuda a la acumulación de una gran cantidad de material. Virginia (1986), reporta que el contenido de arena, en los 30 cm superficiales del suelo bajo las copas de los mezquites, es 15% más alto que en las áreas abiertas. Este alto contenido de arena aunado al incremento en la materia orgánica, producto de las hojas que tira ya que se trata de una especie decidua, incrementa la tasa de infiltración bajo las plantas. Esto reduce las pérdidas de agua por escurrimiento superficial durante los poco frecuentes pero intensos eventos de precipitación que se presentan en las zonas áridas y semiáridas. La acumulación de materia orgánica bajo su copa produce, además, un mejoramiento en las condiciones estructurales del suelo, lo que resulta en un incremento de la capacidad de almacenamiento de agua (Virginia y Jarrel, 1987; Barth y Klemmedson, 1978). Además, la disipación de la energía cinética de las gotas de lluvia por las hojas y ramas de las leñosas, reduce la compactación en el suelo bajo la copa, lo que facilita la infiltración reduciendo las pérdidas por escurrimiento superficial (Tiedemann y Klemmedson, 1973a; Vasek y Lund, 1980).

Los mezquites y otros arbustos actúan además como estabilizadores del suelo, ya que atrapan en sus bases las partículas arrastradas por el viento y el agua (Vasek y Lund, 1980).

Se reporta asimismo, que los mezquites y otras leñosas como las acacias y los encinos, pese a disminuir la radiación solar que llega al suelo (y modificar además su composición espectral), no afectan significativamente la productividad de la vegetación bajo su copa ya que la radiación parece ser suficiente para mantener la actividad fotosintética de las especies que se desarrollan bajo su copa (Tiedemann y Klemmedson, 1977; Ovalle y Avendaño, 1988, Vacher, 1984).

Más específicamente Sanford *et al.*, (1982), mencionan que en estos casos los mayores niveles de productividad se alcanzan cuando la sombra de las leñosas tamizan la luz en alrededor de un 50%. Niveles menores de sombreado no serían tan eficientes para abatir la temperatura en los días calurosos, lo que significa someter a las plantas que crecen bajo la copa a un mayor estrés hídrico. Por el contrario sombras más densas sí provocan una disminución significativa de los niveles de productividad.

Es importante señalar que no todas las leñosas producen un efecto positivo sobre las condiciones del suelo. Algunas tienen sustancias en su follaje que provocan que la superficie del suelo adquiera propiedades hidrofóbicas de tal modo que se provoca una disminución en la infiltración del agua lo que puede llevar a xerificar los sitios, más que a un mejoramiento de las condiciones del suelo (West 1989). Otras, como es el caso de *Prosopis glandulosa* (el mezquite del sureste de los EU), presentan un sistema radical superficial en vista de lo cual compiten fuertemente con la vegetación herbácea (principalmente gramíneas perennes) desplazándola e impidiendo su desarrollo (Rzedowski, 1988; Nilsen *et al.*, 1991).

### 5.3. Instalación y desarrollo de plántulas de *Bouteloua gracilis*

Como resultado de su modelo de desarrollo morfológico *Bouteloua gracilis* presenta serias dificultades para establecerse a partir de semilla (Wilson y Briske, 1979). Diferentes alternativas se han ensayado para lograr un incremento en el porcentaje de instalación de esta especie entre las que se encuentran, el mejoramiento genético para obtener mayores tamaños de semilla (Carren *et al.*, 1987) y el tratamiento hormonal para reducir el intervalo de tiempo entre la emergencia de la raíz seminal y el desarrollo de raíces adventicias (Roohi y Jameson, 1991). No obstante en vista de la característica de desarrollar raíces adventicias en la superficie del suelo y dadas las condiciones prevalecientes en los agostaderos semiáridos y áridos, sus posibilidades de reintroducirla en los lugares en los que ha sido sobrepoblada aún son limitadas (Carren *et al.*, 1987).

Tomando como base la recomendación de Call y Roundy (1991), en el sentido de que las tareas de resiembra de pastos en los agostaderos áridos y semiáridos deben tomar en cuenta el tipo y el número de micrositios (o sitios seguros) presentes, se planteó la necesidad de evaluar el desarrollo de plántulas de *Bouteloua gracilis* bajo sombras parciales producidas por la copa de árboles de mezquite y mediante estructuras artificiales en vista del mejoramiento de las condiciones microclimáticas, producto del abatimiento de temperaturas.

Se esperaba, y se constató en el apartado anterior, una variación importante en los registros de temperatura en las diferentes exposiciones, distancias al tronco y por las variaciones en la disposición de las ramas y las hojas. Estas variaciones se supuso afectarían de modo substancial el desarrollo de las plántulas. En primer lugar se esperaba que en aquellos sitios más protegidos de la radiación solar, y a consecuencia de la probable mayor disponibilidad de agua, el desarrollo de las plántulas se viera favorecido en cuanto a crecimiento de la parte aérea y en su desarrollo radical y por consiguiente incrementaría sus probabilidades de sobrevivencia. Desafortunadamente el hecho contar con sólo un mezquite para realizar las evaluaciones limitó el análisis estadístico y los alcances de este estudio que puede considerarse como exploratorio.

En principio se observó que las áreas bajo la copa del árbol de mezquite con mayor cantidad de intercepción de radiación solar (y probablemente con la menor temperatura en la superficie del suelo), fueron las correspondientes a la exposiciones Este y Norte y los puntos cercanos a la base del tronco.

Si consideramos la distancia al tronco se registró un mejor desarrollo de la parte aérea de las plántulas (reflejado por sus alturas) conforme nos acercamos a la base del tronco, siguiendo un gradiente de intercepción de radiación. En el caso de las exposiciones el patrón se modifica en vista de que la exposición Sur presenta un punto en el que el desarrollo de las plántulas es notable. El punto dos de la banda Sur presenta las plántulas con las mayores alturas de toda la población, producto, quizás, de la mayor acumulación de mantillo en vista de la pendiente del terreno que está orientado hacia el Sur. Es un punto en el que las condiciones de temperatura no

son extremas y además se puede ver favorecido por la acumulación de materia orgánica.

En el caso del desarrollo radical el problema es más complicado ya que no se observaron patrones claros en relación a la exposición y la distancia al tronco. En este caso nuevamente se observó que el punto dos de la exposición Sur es el que presentó un mejor desarrollo ya que el mayor porcentaje de plántulas, cerca del 75%, presentó 5 raíces (4 de ellas adventicias).

En el caso del número de plántulas al final del experimento se encontró que las exposiciones Sur y Oeste presentaron una mayor caída en el número de plántulas conforme se aproximan al borde de la copa que son los puntos con el menor grado de intercepción de radiación solar. Las otras dos exposiciones mostraron un número relativamente constante en todos sus puntos. Es importante señalar que el punto intermedio de la exposición Sur fue el que presentó el mayor número de plántulas.

Todo lo anterior hace suponer, como plantea Call y Roundy (1991), que es necesario conocer con detalle las condiciones de micrositio que sean más favorables para la sobrevivencia y desarrollo de esta especie. Factores como las características microtopográficas, depresiones, grietas, tamaño y tipo de gravas y rocas, cantidad de mantillo y el efecto de plantas adultas vecinas, necesitan ser evaluados con detalle para poder manejarlos en los programas de resiembra.

La evaluación del desarrollo de las plántulas sembradas bajo diferentes porcentajes de sombra, muestran que bajo condiciones de suelo homogéneas (al menos en cuanto a su superficie), la disminución de temperaturas favorece substancialmente su desarrollo. El mejor desarrollo foliar y el mejor desarrollo radical puede incrementar las probabilidades de sobrevivencia de las plántulas.

Se reporta que para desarrollar raíces adventicias las plántulas de *Bouteloua gracilis* requieren que la humedad del suelo sea alta por al menos 12 días después de la germinación. Por tanto si la tasa de evaporación de agua del suelo se reduce en forma significativa, las condiciones para el desarrollo de las raíces adventicias se favorecen. Como ya se indicó la presencia de una sombra reduce la temperatura de

la superficie del suelo hasta en 15 °C, situación que desde el punto de vista energético puede ser significativa en cuanto a la reducción de la tasa de evaporación.

El periodo de evaluación del crecimiento en los dos experimentos no fue el suficiente para medir la persistencia de las plántulas en las diferentes condiciones de crecimiento, razón por la cual no señala con exactitud bajo qué condiciones las plántulas se hubieran establecido con mayor proporción, pero sí se puede indicar que bajo condiciones de sombra parcial, de más del 50%, las probabilidades de instalación se pueden incrementar en vista del mejor desarrollo foliar y de las mejores condiciones de humedad para desarrollar raíces adventicias. Esto último es importante en vista de que la presencia de al menos una raíz adventicia puede incrementar la cantidad de agua que absorbe la planta en un cantidad 10 veces mayor que cuando las plántulas sólo presentan raíz seminal (Roohi *et al.*, 1991).

Una evaluación más completa requiere considerar el desarrollo y la sobrevivencia durante más de una estación de crecimiento y hacer el seguimiento del desarrollo morfológico en relación a los eventos de precipitación, además de hacer una caracterización detallada de las condiciones microtopográficas y de las condiciones físicas y químicas del suelo.

#### **5.4. Consideraciones generales**

La importancia de las interacciones positivas entre las especies en los distintos ecosistemas han sido la mayoría de las veces poco atendidas en los estudios ecológicos, no obstante que la mayor parte de la biomasa del mundo está compuesta por mutualistas (Begon *et al.*, 1988). Esta situación se refleja claramente en el manejo de las áreas de pastoreo de las zonas áridas y semiáridas ya que las más de las veces se tiende al establecimiento de comunidades poco diversas tanto florística como estructuralmente. A continuación se presentan algunos tópicos en torno al manejo de estos sistemas y a la forma en que se relaciona la mayor o menor

la superficie del suelo hasta en 15 °C, situación que desde el punto de vista energético puede ser significativa en cuanto a la reducción de la tasa de evaporación.

El periodo de evaluación del crecimiento en los dos experimentos no fue el suficiente para medir la persistencia de las plántulas en las diferentes condiciones de crecimiento, razón por la cual no señala con exactitud bajo qué condiciones las plántulas se hubieran establecido con mayor proporción, pero sí se puede indicar que bajo condiciones de sombra parcial, de más del 50%, las probabilidades de instalación se pueden incrementar en vista del mejor desarrollo foliar y de las mejores condiciones de humedad para desarrollar raíces adventicias. Esto último es importante en vista de que la presencia de al menos una raíz adventicia puede incrementar la cantidad de agua que absorbe la planta en un cantidad 10 veces mayor que cuando las plántulas sólo presentan raíz seminal (Roohi *et al.*, 1991).

Una evaluación más completa requiere considerar el desarrollo y la sobrevivencia durante más de una estación de crecimiento y hacer el seguimiento del desarrollo morfológico en relación a los eventos de precipitación, además de hacer una caracterización detallada de las condiciones microtopográficas y de las condiciones físicas y químicas del suelo.

#### 5.4. Consideraciones generales

La importancia de las interacciones positivas entre las especies en los distintos ecosistemas han sido la mayoría de las veces poco atendidas en los estudios ecológicos, no obstante que la mayor parte de la biomasa del mundo está compuesta por mutualistas (Begon *et al.*, 1988). Esta situación se refleja claramente en el manejo de las áreas de pastoreo de las zonas áridas y semiáridas ya que las más de las veces se tiende al establecimiento de comunidades poco diversas tanto florística como estructuralmente. A continuación se presentan algunos tópicos en torno al manejo de estos sistemas y a la forma en que se relaciona la mayor o menor

complejidad de los mismos con los niveles de productividad de las especies de interés forrajero.

Los cambios en las características florísticas y estructurales de los ecosistemas son de suma importancia desde una perspectiva tanto ecológica como económica, ya que estos cambios afectan las condiciones microclimáticas y las características del suelo, alterando o modificando drásticamente los niveles de productividad de los ecosistemas. En el caso de las comunidades dominadas por leñosas (como es el caso de algunos ecosistemas áridos y semiáridos), éstas juegan un papel clave en la sucesión y en las trayectorias de desarrollo de las comunidades naturales (Vasek y Lund, 1980; West, 1989).

Los arbustos sirven muchas veces como núcleos de los cambios sucesionales. Al acumular material orgánico y partículas minerales en sus bases, las leñosas generan mejores condiciones de suelo y de microclima lo que hace que las áreas bajo sus copas sean más adecuadas para la instalación de otras especies (Vasek y Lund 1980).

Estos planteamientos adquieren especial relevancia en vista de que las ideas en torno al manejo de los sistemas de pastoreo de zonas áridas y semiáridas señalan que la excesiva densidad de leñosas disminuye la productividad y la calidad de la vegetación herbácea, particularmente de las especies de pastos perennes (Archer 1989; Enge y Stritzke 1987; Knoop y Walker 1985). Por tal motivo las propuestas de regeneración y manejo se encaminan hacia tareas que llevan a la eliminación y al control de las leñosas ya sea de las que invaden los pastizales o las que ocupan de forma natural las áreas de matorral. De hecho una gran cantidad de recursos se destinan para controlar y erradicar las leñosas de los agostaderos (Enge y Stritzke, 1987; Rzedowski, 1988).

Independientemente de estas afirmaciones, diferentes trabajos plantean que la presencia de leñosas en un agostadero puede no ser del todo negativa (Tidemann y Klemmedson, 1977). En este sentido Stuart-Hill y Taiton, 1988, consideran que una cierta densidad de leñosas en los agostaderos, de preferencia leguminosas, es extremadamente benéfica para la productividad de las especies herbáceas forrajeras.

Particularmente se reporta que los mezquites, especies muy abundantes en las zonas áridas y semiáridas de México (Burkart, 1977), -que comunmente son consideradas como elementos indeseables en las áreas de pastoreo- presentan bajo sus copas niveles de fertilidad más altos que en las áreas abiertas (Tiedemann y Klemmedson, 1973b). García Moya y Mckell (1973), mencionan que bajo la cobertura de ciertas leñosas se genera lo que ellos llaman "islas de fertilidad", es decir zonas de mayor acumulación de nutrimentos. Situación que se presenta como consecuencia de la absorción de nutrimentos en zonas más allá del área de influencia de las copas y en las capas inferiores del suelo (Tiedemann y Klemmedson, 1973b), además por la fijación de nutrimentos por la planta o por los organismos simbióticos asociados a ella (Felker y Clark, 1980), por la importación neta de nutrimentos por la fauna que usa la planta para anidar, descansar, habitar o comer y excretar alrededor de ella (West, 1989) y por el depósito de partículas orgánicas y minerales por efecto de represa de la planta respecto al viento y al agua (Vasek y Lund, 1980).

Con base en este tipo de consideraciones, Herber (1973), menciona que es posible que los pastizales de las zonas áridas, que han sido destruidos, se recuperen primero como matorrales y después recobren gradualmente la cobertura de pastos, a consecuencia de la estabilización del suelo, entre los montículos formados alrededor de los arbustos.

Además el incremento de la diversidad en una comunidad por la presencia de leñosas puede ser justificado por dos razones fundamentalmente: por la ampliación de las fuentes de productividad y por el incremento en las oportunidades de uso múltiple (Mckell 1989).

La necesidad y la importancia de la diversidad biológica en las zonas de pastoreo en los lugares áridos y semiáridos, puede no ser entendida de la misma manera entre los diferentes grupos de personas que se dedican a su estudio y manejo. La razón es la diferente percepción que se tiene sobre el uso que se les puede dar a las leñosas y el papel ecológico que éstas juegan en el ecosistema.

Para el caso de una zona que está destinada al pastoreo en la primavera y el verano, menciona Mckell (1989), un monocultivo de pastos puede ser suficiente. Sin embargo, una combinación de pastos y arbustos puede ser lo más adecuado para aquellas áreas destinadas a preservarse como hábitat de fauna silvestre (West, 1989).

No obstante Rumbaugh *et al.* (1981) concluyeron que una combinación de arbustos y hierbas con pastos perennes pueden extender la estación de pastoreo y proveer de fuentes de forraje menos susceptibles de ser atacadas por diversos insectos y enfermedades como es el caso de los monocultivos de pastos.

En el caso de la resiembra de especies de gramíneas forrajeras, antes de liberar espacios es conveniente saber el tipo de interacciones entre las especies de leñosas presentes y las especies a introducir, para así poder hacer una eliminación selectiva y evitar alterar substancialmente la estructura de la vegetación y los flujos de energía dominantes.

Lo anterior ayudaría a evitar que las áreas de vegetación natural sufran una pérdida importante de su diversidad biológica (florística y faunística), además de prevenir la aceleración de los procesos de erosión y de modificar los balances térmicos e hídricos y los ciclos de nutrientes en estos ecosistemas.

La importancia de esta situación radica en que dada la baja cobertura de la vegetación de las zonas áridas, la lixiviación y la erosión influyen importantemente en el movimiento y redistribución de los nutrientes del suelo, tendiendo estos a acumularse bajo la copa de las leñosas (Rostagno *et al.*, 1991). Por lo tanto, un cambio radical en la estructura de la vegetación, para obtener un ambiente más homogéneo, podría resultar en una dispersión de los nutrientes en una área más grande y poco fértil, lo que llevaría a disminuir los niveles de productividad de la vegetación, que en un momento dado se pretenda instalar (West, 1989).

Es importante, señala Nechaeva (1985) desarrollar la capacidad de establecer comunidades complejas (con fines de manejo agrícola, forestal, pecuario, etc.), es decir el establecimiento de "Agrofitocenosis", para lo cual se necesita comprender los procesos ecológicos críticos de su formación y desarrollo. Para tal fin es necesario conocer la tolerancia ambiental de las especies a utilizar, su

compatibilidad para un mejor uso de los recursos del suelo, nutrientes y agua, y para lograr una mayor eficiencia en el uso de la radiación solar. Es necesario conocer, además, su capacidad competitiva, su fenología, su potencial alelopático, su potencial para modificar el ambiente, así como la distribución de sus raíces. Un estudio realizado por el equipo de Nachaeva (*op. cit.*) encontró que al incrementar la complejidad de los áreas destinadas al pastoreo en una región de Asia Central, la productividad de las especies forrajeras fue ocho veces mayor comparándola con un sistema dominado únicamente por herbáceas.

## CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES

Existe una relación estrecha entre las especies de leñosas y la vegetación herbácea en las áreas de matorral estudiadas en este trabajo.

Las interacciones se ubican en dos niveles. Primeramente se observa un patrón de asociación que puede ser explicado por la disminución de las altas temperaturas que se presentan a nivel del suelo en la zona, situación que provoca disminuciones en las tasas de evaporación de agua del suelo y por tanto se presenta una mayor disponibilidad hídrica para las plantas asociadas.

Esta situación provoca que algunas especies, como es el caso de *Echinocereus cinerascens* y los musgos sólo se localicen bajo la cobertura de leñosas y que otras especies presenten un mayor vigor cuando crecen cubiertas que cuando crecen en áreas abiertas, como es el caso de *Emmeapogon desvauxii*.

En segundo lugar especies como *M. hiuncifera*, *C. mexicana* y *P. laevigata*, dadas sus características de crecimiento, protegen a las especies, principalmente gramíneas, *M. repens*, *L. dubia* y *B. gracilis* contra el intenso pastoreo que se presenta en la zona.

De las especies leñosas aquellas que presentan formas altamente ramificadas, *Prosopis laevigata*, *Mimosa biuncifera* y *Condalia mexicana* son las que presentan la mayor cantidad de vegetación bajo sus copas especies que van desde cactáceas hasta musgos pasando por diferentes especies de gramíneas y otras especies herbáceas.

La distribución de las diferentes especies no es homogénea bajo la copa 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 la 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.

Existe además de este efecto una importante influencia del grado en que modifican las condiciones edáficas. Aquellas especies con la mayor acumulación de material tanto orgánico como inorgánico son las que soportan bajo sus copas la mayor cantidad de vegetación.

En el caso de la instalación de *Bouteloua gracilis* la presencia de un sombreado parcial, en este caso particular un porcentaje de intercepción del 75% favorece más el desarrollo de las plántulas al presentar un mejor desarrollo de raíces adventicias.

Los resultados del crecimiento bajo mezquite sugieren que es necesario además evaluar el efecto de las condiciones microtopográficas, ya que se observó que éstas pueden tener un efecto importante sobre el crecimiento de las plántulas. Condiciones como son cantidad de mantillo, tipo y tamaño de piedras y gravas, grietas y depresiones puede jugar un papel relevante en el proceso de instalación.

La evaluación precisa de este tipo de interacciones puede ser de suma importancia para mantener una estructura de la vegetación que favorezca el desarrollo y la productividad de la vegetación herbácea, principalmente de aquellas especies de interés forrajero, y evitar así una pérdida importante de la diversidad florística y por ende faunística de las zonas de pastoreo de las regiones áridas y semiáridas.

## LITERATURA CITADA

- Ackerman, B. E. 1987. Las Gramíneas de México. Tomo II. COTECOCA, SARH. Méx., D. F.
- Archer, S. 1989. Have Southern Texas Savannas Been Converted to Woodland In Recent History?. *The American Naturalist*. 134(4): 545- 561.
- Ball, M. C., Hodges, U. S. y Lauhlim G. P. 1991. Cold-induced Photoinhibition Limits Regeneration of Snow Gum at Tree-line. *Functional Ecology*. 5:663-668.
- Barth, R. C., y J. O. Klemmedson. 1978. Shrub-induced Spatial Patterns of Dry Matter, Nitrogen, and Organic Carbon. *J. Soil. Sci. Soc. Am. J.* 42: 804-809.
- Begon, M., Harper J. L. y Towsen R. 1988. *Ecología*. Omega. Barcelona.
- Bravo, H. H. 1933. Observaciones Florísticas y Geobotánicas en el Valle del Mezquital, Hidalgo. *Anales del Instituto de Biología*. UNAM.
- Bravo, H. H. 1978. Las Cactáceas de México. Vol I. Universidad Nacional Autonoma de México. Méx. D.F.
- Burkart, A. 1976. A monograph of the genus *Prosopis* (Leguminosae subfam. Mimosoideae). *J. Arnold Arbor.* 57:217-249.
- Cairns, J. 1987. Disturbed Ecosystems as Opportunities for Researchs in Restoration Ecology, p. 307-320. In: W. R. Jordan, M. E. Gilpin, y J. D. Aber (Eds) *Restorations Ecology: A Synthetic Approach to Ecological Research*. Cambridge University Press, N. Y.
- Call, C. A. y Roundy, R. A. 1991. Perspectives and Processes in Revegetation of Arid y Semiarid Rangelands. *J. Range Manage.* 44(6): 543-557.
- Carren, C. J., Wilson, A. M., Cuany, R. L. y Thor, G. L. 1987. Caryopsis Weight and Planting Depth of Blue Grama I. Morphology, Emergence, and Seedling Growth. *Journal of Range Management*. 40: 207-211.
- Dahl, B. E., R. E. Sosebee, J. P. Goen, y C. S. Brumbley. 1978. Will Mesquite Control With 2, 4, 5-T Enhance Grass Production?. *J. Range Manage.* 31(2): 129-131.

- De Alba, A. A. 1981. El Ecosistema, una forma completa de aproximarse a la comprensión de las zonas áridas. Memorias de la Primera Reunión Nacional sobre Ecología, Manejo y Domesticación de las Plantas Útiles del Desierto. S. A. R. H. pp: 207-211.
- DGETENAL, Carta Topográfica: Pachuca F14-11. Escala 1:250, 000. Secretaría de Programación Y Presupuesto. Méx. D.F.
- De la Cruz, C. J. A. 1981. Utilización adecuada de algunos microclimas en las zonas áridas y semiáridas del país. Memorias de la Primera Reunión Nacional sobre Ecología, Manejo y Domesticación de Plantas Útiles del Desierto. S. A. R. H. pp 251-258.
- De Loach, C. J., Bold, P. E., Cordo, H. A., Johnson, B., y Cuda, J. P. 1985. Weeds Common to Mexican and U.S. Rangeland. Management and Utilization of Arid Land Plants: Symposium Proceedings; Saltillo, México. USDA Forest Service. pp 49-68.
- Enge, D. M., J. F. Stritzke, y P. L. Claypool. 1987. Herbaje Standing Crop Around Eastern Redcedar Trees. *J. Range Manage.* 40(3): 237-239.
- Farrel, J. G. 1987. Agroforestry System. pp 149-158. In "Agroecology: The Scientific Basis of Alternative Agriculture" .Altieri, M (ed). Westview Press (Boulder). Londres.
- Felker, P., y P. R. Clark. 1980. Nitrogen Fixation (Acetylene Reduction) and Cross-inoculation in 12 (*Prosopis*) mesquite species. *Plant Soil.* 57:177-186.
- Fowler, N. L. 1986. Microsite Requeriments for germination and Establishment on three Grass Species. *The American Naturalist.* 115(1): 131:145.
- 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.
- García-Moya, E. y Mckell, C. M. 1970. Contributions of Shrubs to the Nitrogen Economy of a Desert-Wash Plant Community. *Ecology,* 51:81-88.
- Gentry, H. S. 1982. *Agaves of Continental North America.* The University of Arizona Press. Tucson Arizona.
- González, C. L. y J. D. Dodd. 1979. Production Response of Native and Introduced Grasses to Mechanical Brush Manipulation, Seeding, and Fertilization. *J. Range Manage.* 32(4): 305-309.

- González, Q. L. 1969. Morfología Polínica: La Flora del Valle del Mezquital, Hidalgo. Departamento de Prehistoria, Instituto Nacional de Antropología e Historia. Méx. D.F.
- González, Q. L. 1969. Morfología Polínica: La Flora del Valle del Mezquital, Hidalgo. Departamento de Prehistoria, INAH. Méx. D. F.
- Gonzalez-Quintero, L. 1968. Tipos de Vegetación del Valle del Mezquital, Hgo. Departamento de Prehis. Inst. Nac. Antr. Hist. México, D. F. 53p.
- Grubb, P. J. 1977. The Maintenance of Species-richness in Plant Communities. *Biol. Rev.* 52:107-145.
- Halvorson, W. L., y Patten, D. T. 1975. Productivity and Flowering of Winter Ephemerals in Relations to Sonoran Desert Shrubs. *Am. Midl. Nat.* 93, 311-319.
- Harper, J. L. 1977. *Population Biology of Plants*. Academic Press. Londres.
- Herbel, C. H. 1973. Some Developments Related to Seeding Western Rangelands. *In "Range Research and Range Problems"*. Spec. Publ. No. 3, pp 75-80. Crop Sci. Soc. Am. Madison Wisconsin.
- Hernández, X. E. 1964. Los pastizales de las zonas áridas y semiáridas del centro y noreste de México. *Xolocotzia*, tomo II. UACH, México.
- Hernández, X. E. 1983. Estudios de ecosistemas en zonas áridas y semiáridas de México. *Xolocotzia*, tomo II. UACH, México.
- Hitchcock, A. 1971. *Manual of the Grasses of the United States*. Vol. II. Dover Publications, Inc. N. Y.
- Hyder, D. N. Everson, y R. E. Bement. 1971. Seedling morphology and seeding failures with blue grama. *J. Range Manage.* 24:287-292.
- Jamenson, D. A. 1969. Juniper Root Competition Reduces Basal Area of Blue Grama. *J. Range Manage.*
- Joffre, R., L. Vacher, C. de los Llanos, y G. Long. 1988. The Dehesa: an Agrosilvopastoral System of the Mediterranean Region with Special Reference to the Sierra Morena Area of Spain. *Agroforestry System.* 6: 71-96.
- Joffre, R., S. Rambal. 1988. Soil Water Improvemnet by Trees in the Rangeland of Southern Spain. *Acta Oecologica. Oecol. Plant.*
- Kellman, M. 1979. Soil Enrichment by Neotropical Savana Trees. *Journal of Ecology.* 67:

- Knoop, W. T. y B. H. Walker. 1985. Interactions of Woody and Herbaceous Vegetation in a Southern African Savana. *J. of Ecology*. 73: 235-253.
- Limits Regeneration of Snow Gum at Tree-line. *Functional Ecology*. 5:663-668.
- Ludwing, J. A. 1987. Primary Productivity in Arid Lands: Myths and Realities. *J. Arid Environment*. 13:
- Marques, M. J. 1988. Probabilidad y Estadística. ENEP Zaragoza, UNAM. Mex., D.F.
- Mayeux, H. S. 1987. Application of herbicides on Rangeland With a Carpeted Roller: Timing of Treatment in Dense Stands of Honey Mesquite. *J. Range Manage.* 40(4): 348-352.
- Mc Mutrie, R. y L. Wolf. 1983. A Model of Competition Between Trees and Grass for Radiation, Water, and Nutrients. *Annals of Botany*. 54: 449-458.
- Mckell, C. M. 1989. The Role of Shrubs in Plant Community Diversity. In "The Biology and Utilization of Shrubs" (C. M. Mckell, ed.), pp 307-320. Academic Press, Inc., San Diego, California.
- Murray, R. B. 1988. Response of Three Shrub Communities in Southeastern Idaho to Spring-applied Terbutiuron. *J. Range Manage.* 41(1): 16-22.
- Naylor, R. E. 1985. Establishment and Periestablishment Mortality. In: Harper, J. L. *Studies on Plant Demography*. Academic Press. Inc. Londres.
- Nechaeva, N. T. 1985. Scientific Fundamentals of Desert Range Plant Cover Reconstruction. In: Nechaeva, N. T. *Improvement of Desert Range in Soviet Central Asia*. Hardwood Academic Publ., N. Y.
- Nilsen, T. M., Sharifi M. R. y Rundet. P. W. 1991. Quantitative Phenology of Warm Desert Legumes: Seasonal growth of Six Prosopis species at the same Site. *J. of Arid Environments*. 20:199-311-
- Nobel, P. S. 1988. *Environmental Biology of Agaves and Cacti*. Cambridge University Press. New York.
- Nobel, P. S. 1989. Temperature, Water Availability, and Nutrient Level at Various Soil Depths- Consequences for Shallow- Rooted Desert Succulents, Including Nurse Plant Effects. *Amer. J. Bot.* 76(10): 1486-1492.
- Nobel, P. S. y G. N. Geller. 1987. Temperature Modelling of Wet and Dry Desert Soils. *Journal of Ecology*. 75: 247-258.

- Noy-Meir, M. G., y Y. Kaplan. 1989. Responses of Mediterranean Grassland Plants to Grazing and Protection.
- Obot, E. A. 1988. Estimación de la Densidad Óptima para una Máxima Producción herbácea en la Sabana Guinea en Nigeria. J. of Arid Environments. 14 (3): 267-273.
- Ovalle, C. y J. Avendaño. 1987. Interactions de la Strate Ligneuse Avec la Strate Herbacée dans les formations d' Acacia caven (Mol.) Hook. et Arn. au Chili. I. Influence de l'arbre sur la composition floristique, la production et la phénologie de la strate Herbacée. Acta Oecologica. Oecol. Plant. 8(22): 385-404.
- Ovalle, C. y J. Avendaño. 1988. Interaction de la Strate Ligneuse avec la Strate Herbacée dans les formations d' Acacia caven (Mol.) Hook. et Arn. au Chili. II. Influence de l'arbre sur quelques éléments du milieu, microclimat et sol. Acta Oecologica. Oecol. Plant. 9(2): 113-134.
- Pohl, R. W. 1978. How to Know the Grasses. The Pictured Key Nature Series. Iowa.
- Ries, R. E. y Svejcar, T. J. 1991. The Grass seedling: When is it establishment?. Journal of Range Management. 44: 574-576.
- Rivas, M. I. R. 1988. Cambios en el Vecindario de *Bouteloua gracilis* por la Exclusión del Pastoreo en el "Gran Tunal" San Luis Potosi. Tesis de Maestria. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Robson, M. J., G. J. A. Ryle y J. Woledge. 1988. The Grass Plant-its Form and Function. In "The Grass Crop", Jones, M. y Lazenby A. (eds.). Chapman and Hall. Londres.
- Roohi, R. y Jameson D. A. 1991. The Effect of Hormone, Dehulling and Seedbed Treatments on Germination and Adventitious Root Formation in Blue Grama. J. Range Manage. 44(3): 237-241.
- Rostagno, C. M., Del Valle, H. F. y Videla, L. The Influence of Shrubs on some Chemical and Physical Properties of an Aridic Soil in North-Eastern Patagonia. J of Arid Environments. 20: 179-188.
- Rumbaugh, M. D., Johnson, D. A., Van Epps. G. A. 1981. Forrage Diversity Increases Yield and Quality. Utah Sci. 42(3) 114-117.
- Rzedowski, J. 1981. Vegetación de México. Editorial Limusa, México D. F.

- Rzedowski, J. 1988. Análisis de la distribución del complejo *Prosopis* (*Leguminosae*, *Mimosoidae*) en Norteamérica. *Acta Botánica Mexicana*. 3: 7-19.
- Rzedowski, J. y G. Rzedowski. 1985. Flora Fanerogámica del Valle de México. Vol II. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas e Instituto de Ecología. Méx. D.F.
- Salgado, U. I. H. 1991. El Análisis Exploratorio de Datos en las Poblaciones de Peces. Fundamentos y Aplicaciones. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Zaragoza, UNAM. Méx. D.F.
- Sanchez, S. O. 1979. La Flora del Valle de México. Editorial Herrero S.A. Méx. D.F.
- Sanford, W. W., S. Usman, E. A. Obot, A. O. Isichei, y M. Wari. 1982. Relationship of Woody Plants to Herbaceous Production in Nigerian Savana. *Tropical Agriculture (Trinidad)*. 59: 315-318.
- Sharifu, T. M., y Rundet. P. W. 1991. Quantitative Phenology of Warm Desert Legumes: Seasonal growth of Six *Prosopis* species at the same Site. *J. of Arid Environments*. 20:199-311-
- Sims, P. L., R. K. Langiat Y D. N. Hyder. 1973. Development Morphology of Blue Grama and Sand Bluestem. *J. Range Manage.* 26:340-344.
- Sokal, R. R. y Rohlf, F. J. 1979. *Biometría, Principios y Métodos en la Investigación Biológica*. H. Blume Ediciones, Madrid.
- Stadley, P. C. 1926. *Trees and Shrubs of Mexico*. Smithsonian Institution, United National Museum. Ed. J. Cramer.
- Stuart-Hill, G. C., y N. M. Taiton. 1988. The Competitive Interaction Between *Acacia karroo* and Herbaceous Layer and How this is Influenced by Defoliations. *Journal of Applied Ecology*, 26: 285-298.
- Teepa, J. A. y Barrera H. L. M. 1992. Dinámica de la Comunidad: I. La Sucesión Ecológica. *Tópicos de Investigación y Posgrado*. 2(3).
- Tiedemann, A. R., y J. O. Klemmedson. 1977. Efecto de Mesquite Trees on Vegetation and Soils in the Desert Grassland. *J. Range Manage.* 30(5): 361-367.
- Tiedemann, A. R., y J. O. Klemmedson. 1973a. Effect of Mesquite on Physical and Chemical Properties of Soil. *J. Range Manage.* 26(1): 27-29.
- Tiedemann, A. R., y J. O. Klemmedson. 1973b. Nutrient Availability in Desert Grassland Soils under Mesquite (*Prosopis juliflora*) Trees and Adjacent Open Areas. *Soil. Sco. Am. Proc.* 37: 107-111.

- Toledo, V. M. 1988. La Diversidad Biológica de México. Ciencia y Desarrollo. 14(81):
- Vacher, J. 1984. Analyse Phyto et Agro-écologique des Dehesas Pastorales de la Sierra Norte (Andalousie Occidentale, Espagne). Montpellier, CNRS-CEPE, 195 p.
- Vasek, F. C y Lund, A. 1980. Soil Characteristics Associated with a Primary Plant Succession on a Mojave Desert Dry Lake. Ecology. 61(5): 1013-1018.
- Virginia, A. 1986. Soil Development under Legume Tree Canopies. Forest Ecology and Management. 16:5-13.
- Virginia, A. y W. M. Jarrel. 1983. Soil Development in a Mesquite-Dominated Sonoran Desert Ecosystem, Soil Sci. Soc. Am. J. 47:
- West, N. E. 1989. Spatial Pattern-Functional Interactions in Shrub-Dominated Plant Communities. In "The Biology and Utilization of Shrubs" (C. M. Mckell, ed.), pp 283-306. Academic Press, Inc., San Diego, California.
- Westoby, M. 1980. Elements of Vegetation Dynamics in Arid Rangelands. Israel Journal of Botany. 28: 169-194.
- Westoby, M., B. Walker y Noy-Meir I. 1989. Opportunistic Management for Rangelands not at Equilibrium. J. Range Manage. 42: 266-274.
- Wilson, A. M. Y D. D. Briske 1979. Seminal and Adventitious Root Growth of Blue Grama Seedlings on the Central Great Plains. J. Range Manage.