



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

6  
ej.

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
" Z A R A G O Z A "

ESTABLECIMIENTO DEL ZACATE NAVAJITA AZUL  
(*Bouteloua gracilis* (H.B.K.) Lag. ex Steud) A TRAVES  
DEL NODRIZAJE VEGETAL, EN UN AGOSTADERO  
SEMIARIDO DEL VALLE DE ACTOPAN, ESTADO DE  
HIDALGO.



**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
**B I O L O G O**  
P R E S E N T A N  
SILVIA MONICA AVILES MARIN  
JOSE CIPRIANO CORTES CASTELAN



DIRECTOR: DR. ARCADIO MONROY ATA

PROYECTO FINANCIADO POR: DGAPA IN-211494

MEXICO, D. F.

1997

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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

---

## DEDICATORIAS

*A las comunidades de las zonas semiáridas que con empeño superan las adversas condiciones del medio, en especial a las del Valle de Actopan en el Edo. de Hidalgo donde se realizó el presente estudio, y con cariño a las del Edo. de Puebla donde se encuentran mis cimientos.*

### **A DIOS:**

*Gracias por lecciones y regalos otorgados en todos los ámbitos de mi existencia, los cuales han sido acompañados de sabiduría pero sobre todo del amor de un gran amigo.*

### **A MIS PADRES:**

*Nicolás Miguel  
y  
Ma. de Lourdes*

*Que constituyen los sólidos pilares de nuestra familia consolidada a a base de amor y trabajo, impulsándonos a prosperar con voz exigente y cariñosa a la vez.*

### **A MIS HERMANOS:**

*Martha, Graciela,  
Lucina, Miguel,  
y Lulú*

*Han sido mis aliados y consejeros, contando con su firme respaldo en todo momento, disfrutando al máximo nuestro tiempo y espacio.*

### **A MARITZA:**

*Con tu amistad y cariño me has enseñado a transformar los conceptos y las actitudes, convirtiéndote en mi ángel de la guarda.*

### **A ADRIANA:**

*En la convivencia renovada por las experiencias y alegrías compartidas han consolidado mi aprecio hacia ti*

*Con gratitud dedico también este trabajo, a los amigos y compañeros con quienes he tenido la fortuna de convivir y aprender de ellos gratamente, contribuyendo sólidamente en esta etapa profesional y personal.*

*Silvia Mónica Avilés Marín*

---

---

*AL SEÑOR: que me concedió el tiempo para culminar una etapa más.*

*A \_\_\_\_\_:*

*A SILVIA MÓNICA: Persona, compañera y amiga que brinda su apoyo, comprensión, sinceridad, confianza y que da comentarios en su momento.*

*Continúa en el camino de la verdad justa: explota moderadamente los recursos que por naturaleza se te dieron, asimismo todos aquellos adquiridos por experiencia y deducción.*

*A MIS AMIGOS: Adriana, Mariana, Maidali, Martín, José Luis López y compañeros de la carrera que permitieron disfrutar la Universidad.*

*A TODAS AQUELLAS PERSONAS: de las cuales aprendí y que con su recuerdo forman parte de mi vida.*

*José Cipriano Cortés Castelán.*

---

---



## AGRADECIMIENTOS

### **FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA, UNAM.**

*Santuario del conocimiento donde se abrió un abanico de nuevos horizontes en todos los ámbitos.*

### **LABORATORIO DE ECOLOGÍA DE ZONAS ÁRIDAS**

*Donde se nos dio la oportunidad de realizar la presente investigación, con la infraestructura y facilidades materiales otorgadas.*

### **A NUESTROS SINODALES:**

DR. ARCADIO MONROY ATA

*Por el conocimiento y apoyo compartido de manera tan grata para el desarrollo del presente trabajo, que permitió a la vez tiempo y espacio para abordar otros aspectos que resultaron provechosos y por demás divertidos.*

M. EN C. ROSALVA GARCÍA SÁNCHEZ

*Nuestro respeto por la visión y orientación académica recibida, además de su calidad humana que conforman un eje nuclear en el que nos brindó cariño y consejo en todo momento.*

BIÓL. EFRAÍN ÁNGELES CERVANTES

*Que mostró otra interesante perspectiva del trabajo y nos guió con ese toque de innovación y progreso acompañado siempre de su buen humor.*

BIÓL. RAMIRO RÍOS GÓMEZ

*Además de la valiosa ayuda proporcionada para la realización de los análisis del suelo, se suman las observaciones hechas al trabajo para corregirlo y darnos la confianza de que "todo se logra".*



---

---

BIÓL. ROSA ISELA RAMÍREZ RAMÍREZ

*Y al citarla no podemos dejar de mencionar al Biól. Carlos Castillejos Cruz quienes han sido informalmente nuestros profesores y amigos formales.*

**A NUESTROS PROFESORES Y AMIGOS:**

BIÓL. FABIOLA MORALES GÓMEZ Y BIÓL. GÉNARO OCHOA DE LA ROSA

*Ya que fueron nuestros muy cercanos maestros y compañeros a la vez, en un ambiente de convivencia afectuosa representando entre ambos el complemento de una aguda apreciación del pensamiento y acción.*

BIÓL. ERICKA PATRICIA FLORES BERRIOS

*Porque nos enfocó hacia otra forma de reflexión con gran confianza disfrutado de igual modo de horas muy amenas, que esperamos pronto reanudar; sabes que para nosotros representas un ruta que vale la pena seguir.*

M. EN C. SOCORRO OROZCO ALMANZA, BIÓL. FERNANDO TAPIA PASTRANA Y BIÓL. LEONARDO ESCALANTE.

*Las sugerencias y experiencias fueron importantes para el contenido y desarrollo del trabajo, así como su cálido trato.*

M. EN C. GERARDO CRUZ FLORES Y BIÓL. RUBÉN ZULBARÁN

*La acertada asesoría recibida con la disposición de su amistad incondicional.*

BIÓL. J. SALVADOR HERNÁNDEZ AVILÉS, BIÓL. CARMEN GALINDO Y BIÓL. JOEL LOERA

*Al contar con su firme apoyo en momentos decisivos alentándonos con una alegre sonrisa para continuar.*

---

---



DR. ELOY CAMACHO SOLÍS

*Respetable académico que combina la gracia para manifestar su verdad directa y sin rodeos, con su saber y ánimo que nos impulsa de manera consistente en nuestro desarrollo profesional.*

**A TODOS LOS CATEDRÁTICOS QUE FUERON PARTE DE LA FORMACIÓN PROFESIONAL RECIBIDA , ASÍ COMO LOS COMPAÑEROS CON LOS QUE COMPARTIMOS MOMENTOS INOLVIDABLES.**



---

---

# ÍNDICE

	Pág.
I.- RESUMEN.....	1
II.- INTRODUCCIÓN.....	2
III.- ANTECEDENTES.....	4
ASOCIACIÓN VEGETAL EN LAS ZONAS ÁRIDAS Y SEMIÁRIDAS...	4
NODRIZAJE VEGETAL.....	4
▶ CONCEPTO DE NODRIZA.....	4
▶ DESPLAZAMIENTO.....	5
▶ CONDICIONES DE NODRIZAJE VEGETAL.....	5
▷ Depositación y germinación de las semillas.....	5
▷ Humedad.....	6
▷ Temperatura.....	6
▷ Luz.....	7
▷ Orientación.....	7
▷ Suelo.....	9
▷ Protección.....	9
▶ NODRIZAJE EN GRAMÍNEAS.....	10
CARACTERÍSTICAS GENERALES DE <i>Bouteloua gracilis</i> .....	11
▶ DESCRIPCIÓN BOTÁNICA Y CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA.....	11
▶ DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA Y CONDICIONES ECOLÓGICAS.....	12
▶ IMPORTANCIA ECOLÓGICA Y ECONÓMICA.....	13
PROBLEMÁTICA PARA EL ESTABLECIMIENTO DE LA ESPECIE.....	14
▶ MORFOLOGÍA DE LAS RAÍCES.....	14
▶ CONDICIONES AMBIENTALES.....	15
▷ Humedad.....	15
▷ Temperatura.....	15
▷ Luz.....	16
▷ Viento.....	16
▶ COMPETENCIA.....	17
▶ PROFUNDIDAD DE SIEMBRA.....	17

---

REQUERIMIENTOS PARA EL ESTABLECIMIENTO DE LA ESPECIE....	17
CRITERIOS DE SOBREVIVENCIA Y DE ESTABLECIMIENTO.....	18
PROBLEMÁTICA.....	19
<b>IV.- HIPÓTESIS.....</b>	<b>20</b>
<b>V.- OBJETIVOS.....</b>	<b>20</b>
OBJETIVO GENERAL.....	20
OBJETIVOS PARTICULARES.....	20
<b>VI.- MATERIAL Y MÉTODO .....</b>	<b>21</b>
DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	21
FASES EXPERIMENTALES.....	22
PRIMERA FASE EXPERIMENTAL.....	22
▶ FASE DE LABORATORIO.....	22
▷ Material biológico.....	22
▷ Pruebas de germinación.....	22
▶ FASE DE CAMPO.....	23
▷ Selección de especies vegetales.....	23
▷ Siembra.....	23
▷ Registro de parámetros vegetales.....	24
▷ Registro de parámetros climáticos.....	24
▶ ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	25
▶ DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS ESPECIES VEGETALES EMPLEADAS COMO NODRIZAS.....	26
SEGUNDA FASE EXPERIMENTAL.....	32
▶ FASE DE LABORATORIO.....	32
▷ Material biológico.....	32
▷ Pruebas de germinación.....	32
▶ FASE DE CAMPO.....	32
▷ Selección de nodrizas.....	32
▷ Siembra.....	33

---

---

▷ Registro de parámetros vegetales.....	33
▷ Registro de parámetros climáticos.....	33
▷ Registro de parámetros edáficos.....	34
▶ ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	34
<b>VII.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LA PRIMERA FASE EXPERIMENTAL.....</b>	<b>35</b>
CONDICIONES DE NODRIZAJE VEGETAL.....	35
GERMINACIÓN.....	37
EMERGENCIA.....	40
SOBREVIVENCIA.....	44
ESTABLECIMIENTO.....	52
<b>VIII.- CONCLUSIONES DE LA PRIMERA FASE EXPERIMENTAL...</b>	<b>54</b>
<b>IX.- FUNDAMENTO DE LA SEGUNDA FASE EXPERIMENTAL A PARTIR DE LOS RESULTADOS DE LA PRIMERA FASE.....</b>	<b>55</b>
<b>X.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LA SEGUNDA FASE EXPERIMENTAL.....</b>	<b>56</b>
CONDICIONES DE NODRIZAJE VEGETAL.....	56
GERMINACIÓN.....	58
EMERGENCIA.....	61
SOBREVIVENCIA.....	66
ESTABLECIMIENTO.....	74
<b>XI.- CONCLUSIONES DE LA SEGUNDA FASE EXPERIMENTAL..</b>	<b>77</b>
<b>XII.- RECOMENDACIONES.....</b>	<b>79</b>
<b>XIII.- LITERATURA CITADA.....</b>	<b>80</b>

---

---

## ÍNDICE DE FIGURAS Y CUADROS

### FIGURAS

1.- Influencia de la nodriza vegetal en las condiciones microclimáticas y edáficas.....	8
2.- <i>Bouteloua gracilis</i> (H.B.K.) Lag. ex Steud. ....	11
3.- Zona de estudio.....	21
4.- <i>Flourensia resinosa</i> (T. S. Brandeg).....	26
5.- <i>Mimosa biuncifera</i> (Benth).....	27
6.- <i>Opuntia cantabrigiensis</i> var. <i>cuija</i> (Griff. y Hare) Briton y Rose, Smiths. ....	29
7.- <i>Opuntia imbricata</i> (Haworth) De Candolle.....	30
8.- <i>Prosopis laevigata</i> (Willd.).....	31
9.- Porcentaje de germinación de semillas de <i>Bouteloua gracilis</i> procedentes de California, E.U.A.....	38
10.- Emergencia y desarrollo vegetal de <i>B. gracilis</i> procedente de California bajo 5 especies vegetales en Santiago de Anaya, Hidalgo. ....	41
11.- Sobrevivencia y desarrollo vegetal de <i>B. gracilis</i> procedente de California bajo 5 especies vegetales en Santiago de Anaya, Hidalgo.....	46
12.- Precipitación y temperatura máxima y mínima registrada en Santiago de Anaya de junio de 1994 a julio de 1995.....	50
13.- Germinación de semillas de <i>B. gracilis</i> de dos procedencias con 4 tratamientos pregerminativos.....	59
14.- Emergencia de <i>B. gracilis</i> de dos procedencias bajo 3 especies de nodrizas vegetales en Santiago de Anaya, Hgo.....	61
15.- Sobrevivencia de <i>B. gracilis</i> de dos procedencias bajo 3 especies de nodrizas vegetales, en Santiago de Anaya, Hgo.....	67
16.- Altura máxima de <i>B. gracilis</i> de dos procedencias bajo 3 especies de nodrizas vegetales, en Santiago de Anaya, Hgo. ....	68

17.- Hojas verdes de <i>B. gracilis</i> de dos procedencias bajo 3 especies de nodrizas vegetales, en Santiago de Anaya, Hgo. ....	69
--	----

## CUADROS

1.- Temperatura y humedad relativa registrada bajo 5 especies vegetales durante la sobrevivencia de <i>B. gracilis</i> de 1994-1995 en Santiago de Anaya, Hgo. ....	36
2.- Porcentaje de germinación y velocidad promedio del brote de la radícula de semillas de <i>B. gracilis</i> procedentes de California, E.U.A. ....	39
3.- Emergencia y desarrollo vegetal de <i>B. gracilis</i> procedente de California bajo 5 especies vegetales en Santiago de Anaya, Hgo. ....	42
4.- Temperatura y humedad relativa registrada bajo 5 especies vegetales durante la emergencia de <i>B. gracilis</i> en Santiago de Anaya, Hgo. ....	43
5.- Sobrevivencia y desarrollo vegetal de <i>B. gracilis</i> procedente de California bajo 5 especies vegetales de 1994 - 1995, en Santiago de Anaya, Hgo. ....	48
6.- Comparación de la influencia de 5 especies vegetales en las diferentes etapas de desarrollo de <i>B. gracilis</i> procedente de California en Santiago de Anaya, Hgo. ....	53
7.- Comparación de la influencia de 5 especies vegetales en los parámetros microclimáticos registrados de 1994 a 1995 en Santiago de Anaya, Hgo. ....	53
8.- Temperatura y humedad relativa registrada en dos horarios durante la sobrevivencia de <i>B. gracilis</i> bajo 3 especies de nodrizas vegetales en Santiago de Anaya, Hgo. ....	57
9.- Propiedades físicas y químicas del suelo colectado bajo las 3 especies nodrizas vegetales, en Santiago de Anaya, Hgo. ....	57
10.- Germinación y velocidad promedio del brote de la radícula de semillas de <i>B. gracilis</i> de dos procedencias con 4 tratamientos pregerminativos. ....	60
11.- Emergencia y desarrollo vegetal de <i>B. gracilis</i> de dos procedencias bajo 3 especies de nodrizas vegetales en Santiago de Anaya, Hgo. ....	63
13.- Sobrevivencia y desarrollo vegetal de <i>B. gracilis</i> de dos procedencias bajo 3 especies de nodrizas vegetales en Santiago de Anaya, Hgo. ....	72

---

14.- Comparación del nodrizaje proporcionado por 3 especies vegetales en las diferentes etapas de desarrollo de <i>B. gracilis</i> de dos procedencias en Santiago de Anaya, Hgo. ....	76
15.- Comparación del nodrizaje proporcionado por 3 especies vegetales en función de las características fisicoquímicas del suelo y los parámetros microclimáticos en Santiago de Anaya, Hgo. ....	76



## I.- RESUMEN

El presente estudio se realizó en un agostadero semiárido del Municipio de Santiago de Anaya, Estado de Hidalgo, consistiendo de dos fases, la primera para determinar el nodricismo de las especies vegetales *Flourensia resinosa*, *Mimosa biuncifera*, *Opuntia imbricata*, *Opuntia cantabrigiensis* y *Prosopis laevigata* en la emergencia, sobrevivencia, establecimiento y desarrollo vegetal de *B. gracilis* sembrada a partir de semilla procedente de California, U.S.A. durante 1994 a 1995. De esta fase, se derivó la segunda donde se evaluaron las condiciones de nodrizaje vegetal (edáficas y microclimáticas en dos horarios) proporcionadas por las especies *F. resinosa*, *M. biuncifera* y *O. cantabrigiensis*, y su influencia en las diferentes etapas de desarrollo de la especie a partir de semillas de dos procedencias, California, U.S.A. y Texcoco, México, de junio de 1995 a febrero de 1996.

En la primera fase se observó que la emergencia de *B. gracilis* fue independiente de la influencia de las nodrizas, mientras que en el desarrollo posterior, el nodrizaje quedó comprobado cuando las condiciones de humedad y temperatura fueron adversas en el suelo desnudo durante el período de heladas y de sequía manteniéndose el mayor número de individuos a lo largo del ciclo en *O. cantabrigiensis* y *F. resinosa*, y el desarrollo vegetal en *M. biuncifera* y *O. cantabrigiensis*. El mayor porcentaje de establecimiento y desarrollo vegetal de la especie se mantuvo en *F. resinosa* y suelo desnudo respectivamente. En *P. laevigata* donde el factor restrictivo fue la luz, debido a la densidad de su follaje, el zacate no se estableció aún cuando dicha nodriza abate las condiciones extremas de temperatura y humedad relativa durante casi todo el ciclo anual: por lo que resulta una nodriza potencial para el establecimiento de otras especies.

Referente a la segunda fase, el lote de California presentó porcentajes de germinación y emergencia menores en comparación con el de Texcoco, debido a su lugar de origen, menor tiempo de almacenamiento de la semilla, fecha y profundidad de siembra. También se reafirmó la influencia de las nodrizas seleccionadas de la primera etapa, al ser *O. cantabrigiensis* la mejor especie para mantener mayor número de individuos de *B. gracilis* del lote de California y en el desarrollo vegetal de este lote y el de Texcoco, por las modificación de las condiciones microclimáticas (temperatura y humedad) registradas a las 13:00 y 16:00 horas, a lo largo del período de estudio; estas condiciones compensan las características edáficas de dicha nodriza. Por otro lado la sobrevivencia del lote de Texcoco se favoreció en la condición del Suelo desnudo, probablemente por radiación solar recibida.

En cuanto a condiciones de nodrizaje se refiere, *P. laevigata* por las condiciones de sombreado y *F. resinosa* y *M. biuncifera* por las condiciones edáficas son alternativas importantes para el establecimiento de otras especies vegetales. Asimismo las especies *F. resinosa* y *O. cantabrigiensis* presentan altas posibilidades para incrementar la cobertura vegetal de las gramíneas de la zona, al revertir la erosión y degradación del ecosistema. Es así como el nodriza vegetal es una alternativa importante para la rehabilitación de los agostaderos áridos y semiáridos.

## II.- INTRODUCCIÓN

En la República Mexicana se considera que las zonas áridas y semiáridas ocupan una extensión que comprende entre el 50 y el 60% del territorio total, de esta área, una franja de 23.3 millones de hectáreas se extiende desde el norte hasta el centro del país, incluyendo parte de los estados de México e Hidalgo (Rzedowski, 1968, 1994; García, 1981; Castillo *et al.*, 1988).

Estas zonas se caracterizan principalmente por la escasa precipitación pluvial y distribución a lo largo del año, por la duración del periodo de sequía, por las temperaturas extremas y por la alta demanda evaporativa del suelo. Asimismo existen regiones donde la precipitación de todo un mes se presenta en uno o dos eventos y donde más del 65% de la lluvia ocurre de junio a septiembre. Bajo estas condiciones climáticas, es más factible el desarrollo de la ganadería que la agricultura de temporal, sin embargo, debido a la presión social y a las políticas erróneas, las zonas de agostaderos han sido abiertas a la actividad agrícola, que después de 2 a 4 años de ser cultivadas, se convierten en áreas improductivas (Hernández-X., 1958; Claverán y González, 1969; CONAZA, 1972; Castillo *et al.*, 1988; García, 1994). Si a lo anterior se suma el desconocimiento de los mecanismos de interacción entre las especies del agostadero, se tiene por resultado una sobreexplotación de los recursos, que se manifiesta en una disminución de la abundancia de las especies más apetecidas por el ganado y en la proliferación de especies ruderales menos apetecibles, lo que provoca un cambio en la composición vegetal de los pastizales de gramíneas a uno de plantas herbáceas anuales o arbustos perennes capaces de crecer más rápido que los vástagos de las herbáceas perennes (Westoby, 1980).

Bajo esta situación, en nuestro país existen millones de hectáreas de agostadero que se encuentran muy por debajo de su potencial de producción, debido principalmente a la sobreexplotación de los recursos (González *et al.*, 1979). Esta realidad ha llevado a la necesidad de emplear técnicas de revegetación artificial, de resiembra de zacates y del establecimiento de plantas perennes que sean de preferencia altamente resistentes a la sequía y aprovechables como forraje, con la finalidad de detener y/o revertir el problema de improductividad y deterioro de tierras de cultivo abandonadas que están expuestas a la erosión. Así también, se pretende acelerar el proceso de recuperación de las zonas incrementando su productividad (González *et al.*, 1979; García, 1994) al aprovechar los recursos naturales existentes y maximizando la escasa e irregular precipitación (Castillo *et al.*, 1988).

Dentro de las especies vegetales más importantes en los agostaderos semiáridos mexicanos, se encuentra el zacate "navajita azul" (*B. gracilis*), gramínea perenne de alto valor forrajero, apetecible y resistente a la sequía (Manuales para la Educación Agropecuaria, 1990). Sin embargo, Cruz (1992) señala que esta especie presenta serios problemas para su reintroducción a partir de semilla, en vista de los altos requerimientos hídricos que necesita en el suelo para su germinación y establecimiento.



Una alternativa viable para contrarrestar estos factores es el uso de las plantas nodrizas, que pueden incrementar el establecimiento de otras bajo su cobertura (Franco y Nobel, 1988), las cuales permiten moderar algunas presiones ambientales e incrementar la productividad de la comunidad (Harper *et al.*, 1965).

Los árboles y arbustos modifican el microambiente bajo su copa, mejoran la disponibilidad de agua, disminuyen la radiación solar directa de onda corta y larga, reducen la demanda evaporativa del agua del suelo, así como las temperaturas máximas de la superficie del suelo durante el día, la velocidad de los vientos cálidos-secos y la protección contra fuertes heladas. Asimismo, la acumulación del mantillo hacia la base de la misma favorece el incremento de la infiltración del agua, reduce el impacto de la lluvia y modifica las condiciones físicas y químicas de la superficie del suelo, incrementando la fertilidad y la retención de humedad. La disminución de la radiación ultravioleta y condiciones de alta humedad favorecen la actividad de los microorganismos y mesoorganismos en la descomposición del material orgánico, así como la incorporación de nutrientes en comparación a la existente en áreas desnudas. Las plantas nodrizas también proveen protección contra la herbivoría y el pisoteo. Es así que la modificación de factores microambientales por parte de la nodriza permite una mayor germinación de las semillas, una mayor sobrevivencia y establecimiento de plantas bajo ellas (Tiedemann y Klemmedson, 1977; Yeaton, 1978; Nobel, 1980, 1989; Virginia, 1986; Yeaton y Romero-Manzanares, 1986; Nobel y Geller, 1987; Franco y Nobel, 1988, 1989; Nobel *et al.*, 1991; Valiente-Banuet y Ezcurra, 1991; Valiente-Banuet *et al.*, 1991a, 1991b).

De esta manera, las nodrizas vegetales resultan una alternativa importante para el establecimiento de especies vegetales en zonas áridas y semiáridas, por ello en este estudio se evaluó el efecto del nodrizaje vegetal en el establecimiento de *Bouteloua gracilis* a partir de semilla en un agostadero semiárido. Dado que esta es una especie nativa, de alto valor forrajero y resistente a la sequía, pero que en etapas iniciales de desarrollo demanda altos porcentajes hídricos para su germinación, emergencia y desarrollo de las raíces adventicias que quedan expuestas a la rápida desecación que ocurre en la superficie del suelo.

### III.- ANTECEDENTES

#### ASOCIACIÓN VEGETAL EN LAS ZONAS ÁRIDAS Y SEMIÁRIDAS

En las zonas áridas y semiáridas, la escasa precipitación pluvial, las temperaturas extremas y la alta demanda evaporativa de la humedad del suelo son los principales factores que limitan la sobrevivencia y el establecimiento de las plantas (Noy-Meir, 1973; Fowler, 1986). Tales condiciones influyen en las interacciones bióticas de los organismos y determinan la distribución espacial de la vegetación. En estas zonas, la vegetación está formada por mosaicos de plantas perennes, bajo las cuales se reclutan y establecen otras especies de una forma no aleatoria (Valiente-Banuet, 1991), regulada por la acción de mecanismos fundamentales tales como: la dispersión de las semillas, la mortalidad postgerminación, la amortiguación de las condiciones físicas y la modificación de la fertilidad del suelo bajo la copa de las plantas (McAuliffe, 1988). Este tipo de interacciones positivas o asociaciones interespecíficas, denominado nodrizaje vegetal facilita el establecimiento y la producción de las plantas asociadas, promoviendo con ello el desarrollo de la vegetación (West, 1989).

#### NODRIZAJE VEGETAL

##### CONCEPTO DE NODRIZA

El concepto de planta "nodriza" es referido a las asociaciones positivas que se presentan entre los organismos vegetales adultos de una especie denominándose planta nodriza y los organismos juveniles de otras llamadas nodrizadas (Yeaton, 1978; Cody, 1993).

En la mayoría de los estudios realizados en este campo se ha observado que los factores específicos de la asociación de la especie nodrizada o "protegida" con la "nodriza" no están claros, pero se asume que la nodriza provee condiciones favorables al modificar el ambiente abiótico (incrementando la sombra y disminuyendo la evaporación de la humedad del suelo y las temperaturas alcanzadas durante el día bajo su copa) para la germinación específica o el crecimiento inicial de las plántulas de la especie nodrizada. Además la planta nodriza puede proveer refugio seguro contra herbívoros y otros depredadores pequeños, por lo que las condiciones bióticas tienden a ser más favorables entre las especies vegetales, que de competencia. En realidad una combinación de estas ventajas potenciales para el protegido, más que la influencia de una sola, puede explicar dicha asociación (Cody, 1993).

Algunos ejemplos de lo anterior son mencionados por Cody (*op. cit.*) quien señala que la vegetación arbustiva predominante en el desierto de Mojave al sur de California son las chollas juveniles (cactáceas) que se asocian preferencialmente bajo la copa de otras plantas consideradas nodrizas. Así también individuos de *Larrea tridentata* se establecen bajo la copa de *Ambrosia dumosa* (McAuliffe, 1988).



## DESPLAZAMIENTO

La planta nodriza proporciona condiciones adecuadas para la germinación y desarrollo de otras especies, en principio cuando las plántulas emergen del suelo, no presentan un traslape espacial con su nodriza, debido a que no existe una interacción de sus nichos ecológicos, pero conforme las plantas nodrizadas crecen y se desarrollan requieren de mayor cantidad de recursos y de espacio, por lo que se establece un traslape total de sus nichos, que provoca una relación de competencia tanto por arriba de la superficie del suelo, como por debajo de él y que conlleva al desplazamiento de una de las especies. De esta manera, el papel que desempeña cada uno de los organismos vegetales dentro de la asociación es dinámico y en ocasiones los cambios que se presentan, no resultan favorables para la planta nodriza, pues ésta es desplazada y paulatinamente eliminada por una reducción del vigor (Cable, 1969, Yeaton, 1978, Yeaton y Romero-Manzanares, 1986, Miller y Werner, 1987, Valiente-Banuet *et al.*, 1991b; Cody, 1993).

Tal es el caso de *Hilaria rigida* y *Krameria sp.* que en principio actúan como nodrizas de los cactus juveniles (las chollas), pero estos al desarrollarse les proporcionan a sus nodrizas un sombreado que afecta su desarrollo, para este caso es poco probable que la planta nodriza sea afectada por la competencia de agua, ya que *H. rigida* presenta raíces muy superficiales (a diferencia de las chollas) y *Krameria sp.* tiene una raíz parásita sobre varias especies de arbustos (Cody, 1993). Asimismo Yeaton (1978) señala el desplazamiento de la nodriza *Larrea tridentata* por su nodrizada *Opuntia leptocaulis*, al presentarse competencia por el agua cuando ocurren precipitaciones escasas, esta humedad superficial es interceptada por las raíces de *O. leptocaulis* que son superficiales y ocupan los primeros 10 cm del suelo mientras que las de *L. tridentata* se encuentran en capas profundas subsuperficiales excediendo 1 m de profundidad.

## CONDICIONES DE NODRIZAJE VEGETAL

### Deposición y germinación de las semillas

Las plantas perennes a menudo obstruyen el curso de las semillas que son transportadas por el viento y por el agua, lo que favorece su deposición y acumulación bajo la copa, así mismo, otro factor que también promueve dicha deposición es el transporte realizado por los animales (Hutto *et al.*, 1986 citados por McAuliffe, 1988; Valiente-Banuet *et al.*, 1991b, Johnson y Fryer, 1992). Yeaton (1978) y Hutto *et al.* (1986 citados por McAuliffe 1988) señalan que la dispersión de las semillas por los pájaros es el factor principal que promueve el establecimiento de *Opuntia leptocaulis* y *Carnegiea gigantea* bajo la copa de nodrizas arbustivas (*Larrea tridentata*) y arbóreas, en el Desierto de Chihuahua y en el Desierto de Sonora respectivamente.

En estos ambientes, donde se presentan periodos de clima cálido-seco durante todo el año, una germinación temprana de las semillas ocasiona que las plántulas difícilmente lleguen a establecerse. Los requerimientos de germinación y establecimiento para cada una de las especies depende de la estación del año y del micrositio, siendo el primero más importante



por las condiciones ambientales favorables y para la abundancia relativa de cada una de las especies y de sus coexistencias (Fowler, 1986). Debido también a los requerimientos para la germinación de la semilla y del crecimiento de la plántula, un sitio seguro para la germinación no lo es necesariamente para la sobrevivencia de la misma (Battaglia y Reid, 1993).

La variación de las condiciones climáticas que se presentan a los 10 cm de profundidad de la superficie del suelo afecta la germinación de la semilla y el establecimiento de las plántulas. La variabilidad en la microtopografía del suelo está influenciada por las condiciones de la estación del año y por los niveles de estrés ambiental, que afectan también el desarrollo de los organismos vegetales. Dichas variaciones que se presentan en los sitios de germinación, pueden ser grandes como los cambios físicos (herbivoría, pisoteo, etc.) presentados en el medio de la planta. Modificaciones muy pequeñas en la superficie del suelo cambian la capacidad de germinación de las semillas viables (Battaglia y Reid, *op. cit.*) y una gran parte de ellas que no germinan permanecen como parte de un banco de germoplasma latentes (Primack y Shili, 1991)

### Humedad

La competencia que está relacionada con el agua, se presenta cuando su disponibilidad es baja y se hace más intensa cuando se presenta entre organismos de diferentes especies que dentro de una misma especie (Cable, 1969; Fonteyn y Mahall, 1981). En la asociación de la plántula-planta nodriza la competencia por el agua puede ser especialmente crítica, porque se encuentran muy cercanas y su sistema radical sobrepuesto (Franco y Nobel, 1988). Si el sistema radical de la planta nodrizada es superficial, interceptará el agua disponible de la superficie del suelo antes de que penetre a la profundidad a la que se encuentran las raíces de la nodriza; aunque posteriormente pueda estar disponible a las raíces de ésta última, si se presentan en cantidades mayores (Valiente-Banuet y Ezcurra, 1991). En este sentido, Franco y Nobel (1989) mencionan que la distribución de los organismos de *Ferocactus acanthodes* que crecen bajo la copa de la nodriza *Hilaria rigida* puede influir negativamente en el transporte de agua que realizan

Cuando la planta nodriza *Hilaria rigida* y la planta nodrizada *Agave deserti* ocupan la misma área de distribución radical, a menudo se presenta competencia por el agua que se encuentra limitada y puede superarse si su potencial de extracción hídrico es menor al del suelo. La primera es capaz de extraer agua por abajo del potencial hídrico del suelo que es de -3.0 MegaPascuales (MPa) mientras que *A. deserti* opera solamente a -0.5 MPa; siendo entonces *H. rigida* más eficiente en extraer el agua del suelo durante los periodos de sequía (Franco y Nobel, 1988).

### Temperatura

La nodriza facilita el establecimiento de las plántulas tanto por la reducción de las temperaturas máximas y mínimas como por la disminución de ellas en la variación diaria que se presenta en la superficie del suelo bajo su copa (Franco y Nobel, 1988, 1989). Valiente-



Banuet *et al.* (1991a) mencionan que la nodriza *Mimosa luisana* influye sobre la especie nodrizada *Neobuxbaumia tetetzo*, en su sobrevivencia diferencial, al presentarse ésta principalmente en micrositios sombreados (con menor radiación solar directa), con bajas temperaturas durante el día y baja demanda evaporativa

Así también las plántulas de *Carnegiea gigantea* fueron encontradas bajo la copa de *Ambrosia deltoidea* y *Cercidium microphyllum*, que las protegían de las altas temperaturas que se registran en la superficie del suelo, las cuales pueden alcanzar los 71°C en áreas abiertas durante el verano, comparadas con 57°C bajo la nodriza (Franco y Nobel, 1989). No obstante, en la protección hacia los individuos vegetales contra la fuerte radiación e irradiación del suelo y de las temperaturas extremas, se puede presentar competencia por el agua y reducción del crecimiento de las plántulas asociadas, por la sombra que es proporcionada por la nodriza en comparación con las que crecen en áreas desnudas (Franco y Nobel, 1988, 1989)

### Luz

Aunque las zonas áridas y semiáridas se caracterizan por una alta radiación ambiental, la luz limita el CO<sub>2</sub> adquirido por las plántulas del desierto especialmente cuando se encuentran sombreadas por una planta nodriza, la magnitud de la reducción depende del tamaño, la geometría y la localización de la plántula bajo la nodriza; así como de las características de la copa de ésta (Franco y Nobel, 1989).

De esta manera, la luz es un factor importante en el crecimiento de las plántulas de ciertas especies que crecen bajo la copa de otras plantas, como ocurre con las de *Quercus serrata* que se desarrollan bajo la cobertura de pastos (Tang *et al.*, 1992)

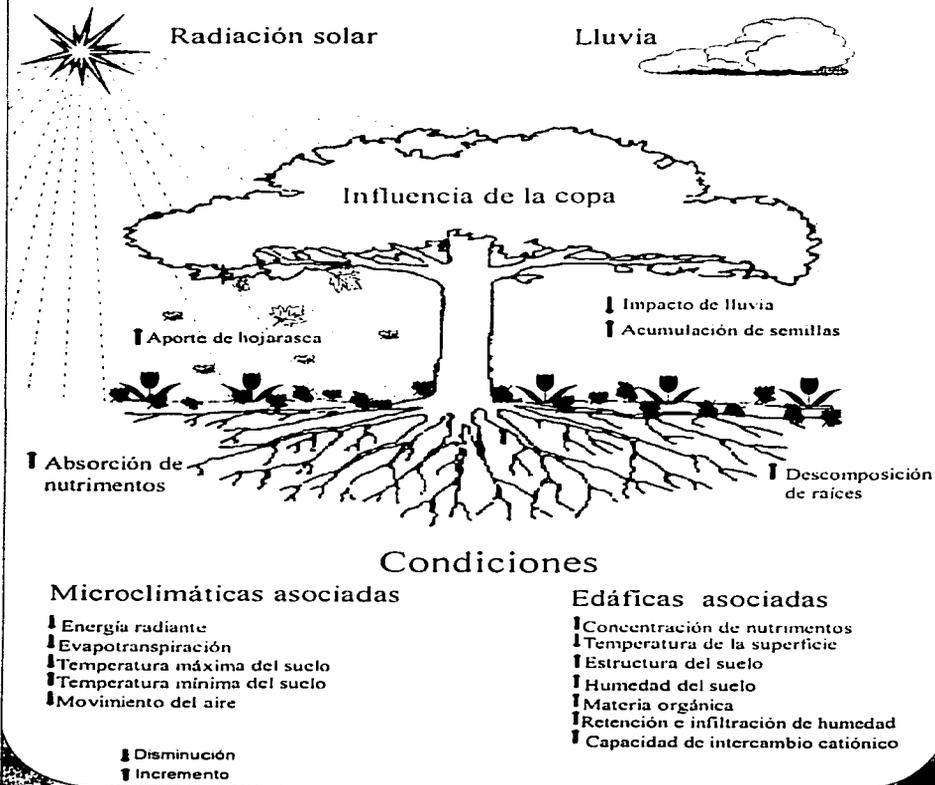
### Orientación

Valiente-Banuet *et al.* (1991b) mencionan que el principal factor que determina el efecto de la planta nodriza, es la protección que provee a otros organismos vegetales contra la fuerte radiación, la cual determina la distribución de ciertas especies bajo su copa con una preferencia hacia el lado norte, donde se recibe menor radiación anual y hacia el lado oeste que generalmente es más frío y recibe radiación principalmente en el atardecer. A mayores latitudes (desiertos del norte), en las que la radiación solar directa incide por el lado sur a lo largo de todo el año, el patrón acimutal no aleatorio alrededor de la planta nodriza debe ser más pronunciado.

De acuerdo a Franco y Nobel (1988), Valiente-Banuet *et al.* (1991b) y Valiente-Banuet y Ezcurra (1991), las plántulas de *Hilaria rigida*, *Coriphanta pallida*, *Agave deserti* y *Mimosa luisana*, presentan una distribución preferencial hacia el lado norte de su respectiva planta nodriza.



**Figura 1.- Influencia de la nodriza vegetal en las condiciones microclimáticas y edáficas**



## Suelo

Un patrón que se observa comúnmente en los arbustos del desierto, es la alta fertilidad del suelo que se registra bajo la copa de las plantas nodrizas en comparación a la que existe fuera de ella (Franco y Nobel, 1988, 1989; Valiente-Banuet *et al.*, 1991a). Las leguminosas son ejemplo de ello y el grado en que modifican las propiedades del suelo está determinada por los factores de la producción en biomasa, distribución de las raíces, calidad y cantidad del mantillo en el suelo y del régimen hídrico. Su sistema radical profundo permite que los nutrimentos de las capas más profundas sean redistribuidos a las capas superficiales del suelo, quedando disponibles para las raíces superficiales de las plantas asociadas (Virginia, 1986).

La acumulación del material vegetal bajo la copa de la nodriza favorece el evento de germinación de las semillas, pues les proporciona un sustrato más adecuado (McAuliffe, 1988; Eldridge *et al.*, 1991) al incrementar la infiltración del agua, la reducción del impacto de la lluvia, de la evaporación y la modificación de algunas condiciones físicas y químicas de la superficie (Noy-Meir, 1973). Sin embargo, en algunas ocasiones la capa del mantillo reduce el establecimiento y sobrevivencia de las plántulas por disminución del área de contacto de la semilla con el suelo (Fowler, 1986).

Así también, la descomposición del mantillo que se acumula bajo las plantas incrementa la disponibilidad del nitrógeno y del fósforo en la superficie del suelo de hasta 10 veces más que en las áreas desnudas (Virginia, 1986). De esta manera, la planta "nodriza" proporciona un microhábitat con altos niveles de nitrógeno en el suelo, que favorece el crecimiento de las plántulas (Franco y Nobel, 1989). La disminución de la radiación ultravioleta y el incremento de la humedad debajo de la planta nodriza favorecen la actividad de los microorganismos y mesoorganismos en la descomposición de la materia orgánica así como en la incorporación de nutrimentos (Montaña *et al.*, 1988 citados por Valiente *et al.*, 1991a).

Sin embargo, de acuerdo al trabajo realizado por Valiente-Banuet *et al.* (1991b) el contenido de nitrógeno del suelo fue más bajo en las diferentes plantas nodrizas, en comparación a los espacios abiertos. Esto indica que la fertilidad del suelo no es un factor importante en la relación planta nodriza-nodrizada en el Valle de Zapotitlán, Puebla, de forma similar Arriaga *et al.* (1993) señalan que el contenido de nitrógeno y las características físicas y químicas del suelo, no determinan la distribución de los parches de vegetación de las plantas perennes.

## Protección

Los efectos causados por organismos patógenos, depredadores y los disturbios locales, contribuyen a la mortandad de las plantas, lo cual ha conducido al reclutamiento de algunas especies bajo la copa de arbustos que le permiten condiciones adecuadas para su sobrevivencia (Nobel, 1980; McAuliffe, 1988). Por ejemplo, la acumulación de espinas bajo *Opuntia fulgida* proveer un refugio efectivo a *Mammillaria sp.* y *Echinocereus sp.*, lo que



representa probablemente uno de los factores más importantes que afectan sus patrones de distribución, de abundancia y demográficos ( McAuliffe, 1984)

## NODRIZAJE EN GRAMÍNEAS

En un estudio realizado por Villa (1975) para el estado de San Luis Potosí, señala que *B. gracilis* se distribuye en el matorral micrófilo y en el cracicale, en el primero se observan macollas del zacate debajo de *Mimosa biuncifera* y en el segundo bajo los nopales.

También se ha reportado en Santiago de Anaya, Hidalgo que las especies *Mimosa biuncifera*, *Cordia mexicana* y *Prosopis laevigata*, por sus características de crecimiento, protegen a las especies, principalmente a las gramíneas *Muhlenbergia repens*, *Leptochloa dubia* y *Bouteloua gracilis* contra el intenso pastoreo y la razón se debe a que presentan una alta ramificación desde su base (Cruz, 1992)

Además, es sustentado que la distribución de las especies no es homogénea bajo la copa de las leñosas ya que tienden a ubicarse bajo aquellas áreas que a lo largo del día resultan protegidas en mayor grado contra la radiación solar. Así el lado norte de las leñosas es la que presenta una vasta cobertura de vegetación o en su defecto aquellas áreas que por la disposición de las ramas presenten una sombra más densa (Cruz, 1992). No obstante, de acuerdo a Shoot y Pieper (1985) esta orientación influye negativamente en el área basal y en la altura que alcanzan las plantas de *B. gracilis*, debido a las condiciones del sombreado y al mantillo presente en esta posición de su planta nodriza

Existe además de este efecto una importante influencia del grado en que modifican las condiciones edáficas, ya que aquellas especies con una vasta acumulación de material orgánico e inorgánico son las que presentan bajo su copa la mayor cantidad de vegetación (Cruz, 1992). Asimismo dicho autor comprobó que la presencia de un sombreado parcial del 75% proporcionado artificialmente favorece el desarrollo de la plántulas de *B. gracilis* al presentar un mejor desarrollo de raíces adventicias

Escalante (1995) explica que la tendencia del micrositio sombra natural a presentar un mayor porcentaje de emergencia de plántulas de *B. gracilis*, se debió posiblemente a que la sombra proyectada sobre la superficie del suelo por *Flourensia resinosa* fue la adecuada. Propone además un modelo de micrositio que puede reunir las condiciones de sitio seguro para la emergencia, establecimiento y crecimiento vigoroso de la especie, y que resulta de la combinación del micrositio originado por una nodriza y por un sustrato rocoso.

En otro estudio, se menciona que se han realizado experimentos preliminares de transplante de cinco especies de gramíneas, donde se encontró que la sobrevivencia de todas las especies *Bouteloua gracilis*, *B. simplex*, *Leptochloa dubia* y *Setaria greisebachii* es favorecida por el micrositio "Mogote de *Opuntia spp.*," en cambio los micrositios "Graminetum" y "Suelo desnudo" resultaron ser poco propicios para el establecimiento de estas especies, en particular el micrositio "Graminetum" donde se encontró la menor sobrevivencia para todas las especies e incluso para *B. gracilis* (García, 1988).



## CARACTERÍSTICAS GENERALES DE *Bouteloua gracilis*

### DESCRIPCIÓN BOTÁNICA Y CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

Zacate Navajita Azul (*Bouteloua gracilis* (H.B.K.) Lag. ex Steud.)

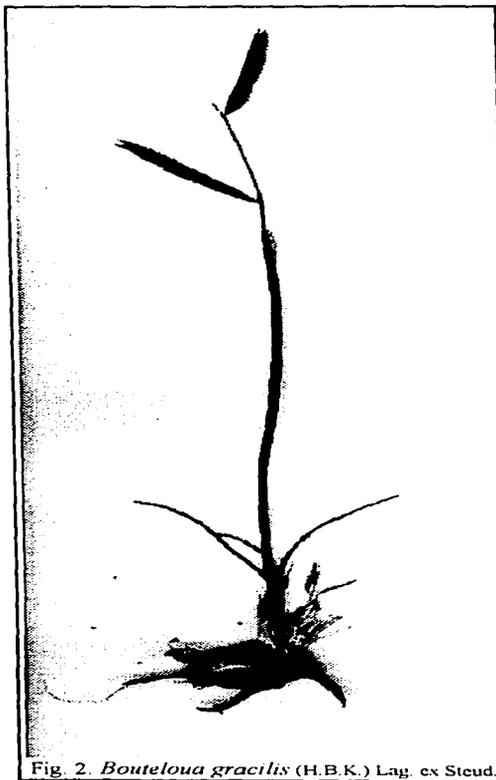


Fig. 2. *Bouteloua gracilis* (H.B.K.) Lag. ex Steud.

Especie perenne, comúnmente conocida como zacate navajita azul, pertenece a la familia Graminae (gramíneas) y a la Subfamilia Panicoideae (Sánchez, 1980), presenta *culmos* de 20-100 cm de alto, ocasionalmente muy cortos, erectos o algunas veces geniculados hacia la base, con 2 a 3 nudos, amacollados o formando un césped, simples, lisos o glabros, *tallos* erectos, delgados y lampiños de 30 a 50 cm de altura, nudos y entrenudos lisos y glabros, *vainas* redondas, glabras, hispidas en el cuello, *limbos* planos o ligeramente enrollados de 2-10 cm de longitud y de 1-2 mm de ancho, involutos al menos cerca del ápice, márgenes lisos o ásperos, o algunas veces levemente pilosos, *ligula* como una membrana de cortos pelos o frecuentemente con penachos marginales de largos pelos; *raíz* perenne.

*Inflorescencia* por lo regular con dos racimos espigados, a veces sólo uno, en ocasiones 3, de 2.5-5 cm de longitud, divergentes, asumiendo una forma falcada (en forma de hoz) con *raquis* sin prolongación mas allá de las *espiguillas*, éstas presentan unos 5 mm de longitud y son numerosas, encontrándose hasta 80, localizadas muy cercanamente y extendidas pectinadamente; *glumas* glabras o escabrosas a hirsutas sobre la nervadura principal con pelos en la base de la papila; *lemas* fértiles, pilosas, mayormente largas de 4-5.5 mm de longitud, pubescentes, con aristas delgadas, lóbulos intermedios agudos; *rudimento* densamente barbado en el ápice de la raquilla, hendido hasta la base, con lóbulos redondeados, aristas delgadas,



más o menos extendiéndose hasta el ápice de la lema fértil; *cariópsis* estrechamente abovada de 2.5-7 mm de longitud y 0.5 mm de ancho (Pohl, 1978; Gould, 1979; Sánchez, 1980; Santos *et al.*, 1981).

#### Clasificación Taxonómica:

División:	Magnoliophyta
Clase:	Liliopsida (monocotiledónea)
Subclase:	Commelinidae
Orden:	Cyperales
Familia:	Graminae
Subfamilia:	Panicoideae
Tribu:	Chlorideae
Género:	<i>Bouteloua</i>
Especie:	<i>Bouteloua gracilis</i> (H.B.K.) Lag. ex Steud.

#### DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA Y CONDICIONES ECOLÓGICAS

El pastizal de *B. gracilis* es conocido como pastizal de navajita azul o pastizal bajo o disperso de zonas semiáridas, usualmente se presentan a elevaciones que van desde los 300 a los 3000 msnm (Gould, 1979) y se localiza en áreas extensas de forma pura o mezclada. En México, se distribuye en los estados de Aguascalientes, Chihuahua, Coahuila, Distrito Federal, Durango, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Sonora, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz y Zacatecas (González *et al.*, 1979; Gould, 1979; Mejía y Dávila, 1992).

Se presenta en suelos con valores de pH de entre 4.6 y 6.0, de color rojizo cuando son derivados de roca ignea o de color gris a café cuando son de origen calcáreo elevando su pH a ligeramente alcalino (7.0 - 8.0) (Gentry, 1957; Rzedowski y McVaugh, 1966 citados por García-Moya y Villa, 1977). Al respecto Hanson y Whitman (1937) indican que es una especie dominante durante el desarrollo de suelos solonchalk y solonetz a suelo normal, mientras Gould (1951) y Weaver y Albertson (1956) establecen que se desarrolla bien en suelos de migajón arenoso-limoso y migajón arenoso, de profundos valles nivelados o pendientes suaves, creciendo en macollas mientras que en bordes rocosos y pendientes gravosas y escarpadas en forma cespitosa.

Respecto a las condiciones climáticas, esta especie es favorecida por temperaturas cálidas, con puntos óptimos para la fotosíntesis neta en los rangos de 25 a 40°C (Kemp y Williams, 1980), sin embargo resiste temperaturas máximas y mínimas de 40°C y -10°C (Durango) respectivamente. En cuanto a la precipitación se localizan en regiones que presentan de 400 a 600 mm anuales de precipitación pluvial. En general las variaciones en los valores de precipitación anual van desde 3111 mm (Sonora) a 800 mm (Chihuahua) (Gentry, 1957 citado por García-Moya y Villa, 1977; Calderón, 1960; Rojas, 1965; Moreno, 1965).



## IMPORTANCIA ECOLÓGICA Y ECONÓMICA

Es una de las especies de mayor importancia agronómica dentro de su género, ya que provee una gran cantidad de forraje nativo que es consumido por todo tipo de ganado y animales domésticos, también es muy resistente a la sequía y al apacentamiento y es excelente para propósitos de conservación de suelos y repoblamiento (González *et al.*, 1979, Gould, 1979, Mejía y Dávila, 1992)

Muchos suelos con uso agrícola, son altamente susceptibles a la erosión eólica cuando se cultivan intensamente bajo condiciones de temporal. Una de las alternativas de mejoramiento ecológico para estas áreas, es el re-establecimiento de vegetación perenne para darle un uso pecuario sustentable, por lo cual debe tomarse en consideración especies resistentes a la sequía y tolerantes al pastoreo; ya que dichas plantas son esenciales para la alimentación del ganado en estas regiones de sequía periódica y en otros ambientes extremosos (Pitman y Jaynes, 1980).

Tiene potencial para producir forraje de alta calidad en zonas semiáridas (*op. cit.*), sin embargo la recolonización es un proceso lento, debido a que la regeneración natural a partir de semilla requiere de condiciones favorables para su establecimiento en pastizales donde estuvo ecológicamente dominante (Riegel, 1941; Hayden *et al.*, 1971; Coffin y Lauenroth, 1988). La recolonización depende de la extensión espacial del "parche de vegetación" y de la presencia de los disturbios en la especie que reducen su cobertura mediante la eliminación de tallos (Coffin y Lauenroth, 1988). Un tipo estolonífero de navajita azul podría ser importante para acelerar el establecimiento y la cubierta vegetal en el suelo (Stubbendieck *et al.*, 1973).

Otra alternativa para realizar la recolonización de áreas degradadas es a través del establecimiento previo de individuos de *B. gracilis* bajo condiciones climáticas controladas, en donde se favorece la germinación, la emergencia y el establecimiento de las plántulas, para que después sean transplantadas a condiciones de campo (Coffin y Lauenroth, 1988).

En campos agrícolas abandonados, por un lapso aproximado de 40 años el zacate navajita no ha llegado a reestablecerse de forma natural, a partir de semilla (Briske y Wilson, 1977). De acuerdo a Dormaar (1985), se requieren de aproximadamente 55 años para la revegetación natural de estas áreas, lo cual constituye el tiempo generacional calculado para la especie y representa la frecuencia promedio (en años) para que se presenten las condiciones climáticas altamente favorables para su establecimiento masivo en estas zonas las cuales presentan condiciones similares a las nativas y que son moderadamente apacentadas después de su abandono. Asimismo según Dormaar y Smoliak (1985) se requieren alrededor de 60 años o más para alcanzar la vegetación climax desarrollada por los procesos de revegetación natural en campos apacentados.

No obstante, cabe señalar que la utilización del zacate a partir de propagación vegetativa tiene un lugar definido en la rápida revegetación de áreas relativamente pequeñas que lo necesitan, siendo utilizado en áreas desnudas o escarpadas y en sitios donde la cubierta vegetal es necesaria para prevenir la erosión (McGinnies y Wilson, 1982).



## PROBLEMÁTICA PARA EL ESTABLECIMIENTO DE LA ESPECIE

### MORFOLOGÍA DE LAS RAÍCES

Las especies de las subfamilias Panicoideae y Eragrostoideae presentan un crecimiento radicular de tipo panicoide en el cual la plántula emerge de un coleóptilo muy corto por elongación de un internudo subcoleoptilar (Boyd y Avery, 1936 citados por Hayder, 1974); este coleóptilo desarrolla las raíces adventicias a sólo 2 mm debajo de la superficie del suelo. De este modo, las raíces adventicias de *B. gracilis* están expuestas a un ambiente generalmente adverso donde las condiciones de humedad rara vez favorecen su desarrollo, por la desecación de la superficie del suelo, disminuyendo con ello las oportunidades de sobrevivencia (Hayder *et al.*, 1971, Hayder, 1974, Wilson *et al.*, 1976, Nason *et al.*, 1987, Coffin y Lauenroth, 1990, Aguilera y Lauenroth, 1993a).

Otro factor limitante que se presenta, es el tiempo en que se lleva a cabo la germinación y el desarrollo de las raíces adventicias, ya que para ambas etapas se requiere de condiciones favorables de humedad en el suelo, pues de lo contrario la especie no alcanza a desarrollar las raíces adventicias y sus posibilidades de sobrevivencia resultan muy bajas (Coffin y Lauenroth, 1990). La germinación de la semilla y la emergencia de la plántula se presentan entre el tercer día y la segunda semana (Riegel, 1941) mientras que el desarrollo de las raíces adventicias ocurre de la segunda a la octava semana después de haber sido sembrada (Wilson y Briske, 1979).

Presenta sólo una raíz seminal, que alcanza una profundidad en el suelo de 6 a 14 cm, tiene una capacidad limitada para proveer a los individuos de 1 a 2 ml de agua y soporta el máximo de área foliar durante 10 semanas aproximadamente (de 4 a 6 semanas comienza a inactivarse) después de la emergencia. Posteriormente esta raíz sucumbe por un incremento en el estrés por transpiración que excede al porcentaje de suministro de agua hacia las hojas, tiempo en el cual los organismos son vulnerables a la sequía atmosférica (Riegel, 1941, Hayder *et al.*, 1971; Wilson *et al.*, 1976, Wilson y Briske, 1978, Fowler, 1986; Nason *et al.*, 1987).

Si la raíz seminal se muere por desecación antes de que las raíces adventicias se establezcan la plántula no sobrevive, no obstante cuando las condiciones son favorables (cuando el suelo y la base de las plántulas se encuentran húmedos por lo menos de 2 a 3 días) se promueve el crecimiento y el desarrollo de las raíces adventicias (éstas proveen de 5 a 10 ml de agua por día a los individuos). Después de que han alcanzado 2 semanas de edad (Hayder, 1974; Wilson *et al.*, 1976; Wilson y Briske, 1979) y las raíces adventicias no se han elongado antes del desarrollo de la tercera hoja (Coffin y Lauenroth, 1990) influiría en su sobrevivencia (Hayder, 1974).

## CONDICIONES AMBIENTALES

### Humedad

El éxito en el establecimiento de los organismos depende de la tasa de elongación de las raíces adventicias, que debe ser suficiente para que una porción de la raíz alcance la capa húmeda del suelo cuando la capa en donde se extiende se encuentra seca. Aquellas que presentan una baja tasa de elongación radical probablemente no lleguen a establecerse, debido a que el rápido porcentaje de desecación de la superficie del suelo no permite el desarrollo de las raíces adventicias (Wilson y Briske, 1979)

Cuando la raíz seminal crece en el suelo húmedo, las plántulas pueden iniciar el crecimiento de las raíces adventicias, pero bajo diferentes condiciones de sequía en la superficie del suelo se desarrollan a potenciales hidricos del suelo muy bajos. El crecimiento adecuado de las raíces adventicias para el establecimiento de la especie muy probablemente no se presente si las condiciones de humedad y temperatura del suelo, son menores a -50 bars y 15° C respectivamente (Briske y Wilson, 1978)

La sequía afecta su capacidad para desarrollar las raíces adventicias, reduce el área foliar y causa daños directos en el primordio radical y en otros tejidos, sin embargo, si las condiciones de humedad son favorables durante un periodo de 10 días la especie puede desarrollar hojas y raíces adventicias (Briske y Wilson, 1980). Durante este periodo, muchos de los individuos con área foliar desarrollado mueren, porque no hay una disminución de esta lo suficientemente rápido como para compensar el incremento en el estrés transpiracional (Wilson y Briske, 1978, Fowler, 1986).

*B. gracilis* es una planta quiescente por lo que responde rápidamente a un evento de precipitación, al incrementar el potencial hidrico foliar a pesar del estrés previo causado por la sequía. Esta respuesta, es debido a la presencia de raíces adventicias sobrevivientes, y si la disponibilidad del agua en el suelo se mantiene, permite el desarrollo de nuevas raíces, incrementando con ello la tasa de absorción y de expansión del sistema radical y de la superficie de contacto con el suelo (Lauenroth *et al.*, 1987, Wilson y Briske, 1978)

Los individuos que presentan sólo una raíz seminal, tienen porcentajes de agua foliar del 12%, las que tienen una raíz adventicia del 24% y las que desarrollan 5 raíces adventicias del 70%; en los dos primeros casos, si la sequía es muy intensa la plántula no logra producir nuevos tallos y hojas; en cambio en la tercera, esto si es posible y ésta logra recuperarse. De esta manera, el establecimiento de los organismos de la especie depende del desarrollo de las raíces adventicias y de su capacidad para transportar el agua después de un periodo de quiescencia inducido por la sequía (Wilson y Briske, 1978).

### Temperatura

Las respuestas del crecimiento del zacate oscila entre los 5 y 35°C, exhibiendo diferentes temperaturas óptimas. Al incrementar la temperatura por arriba de los 30°C y el potencial



hídrico del suelo a minimamente -15 bars, se incrementa la tasa de elongación radical a 1.22 cm/día, se eleva el número promedio de raíces adventicias a 3 por plántula y el peso de los retoños y de las hojas también aumenta durante el periodo. Sin embargo, una disminución del potencial hídrico del suelo a -50 bars y de la temperatura a 15°C conduce a la disminución de la longitud de las raíces más largas, así como de la tasa de elongación radical por día (0.28 cm/día) (Wilson *et al.*, 1976, Briske y Wilson, 1977)

Considerando las probabilidades de precipitación y de la tasa de crecimiento de las raíces adventicias a temperaturas constantes surgen dos posibles alternativas para el establecimiento de *B. gracilis*: A) realizar la siembra a principios de mayo cuando las temperaturas para el crecimiento de las raíces son marginales y las probabilidades de que se presenten 2 ó más días húmedos consecutivos son relativamente más altos y B) sembrar a mediados del verano cuando las temperaturas son favorables para la emergencia y el desarrollo de las raíces y la presencia de una tendencia estacional en el estrés transpiracional de las plántulas son bajas, aunque en este periodo las probabilidades de 2 ó más días húmedos consecutivos son muy bajos y la tasa de evaporación de la superficie del suelo son altas (Briske y Wilson, 1977, Wilson *et al.*, 1976).

### Luz

El zacate requiere que el nudo entre el subcoleóptilo y el coleóptilo se exponga a la luz cuando haya desarrollado 3 hojas, de este modo la formación de las raíces adventicias se presentará solamente en o cerca de la superficie del suelo. Si bien la exposición de las plántulas a la luz por un lapso de 96 hrs no modifica su desarrollo, cuando estas no se exponen a la luz durante el desarrollo de la tercera hoja las raíces adventicias del zacate no se forman (Roohi *et al.*, 1991).

La especie es indiferente a la duración del día con tendencia general a los días largos, ya que una disminución de la luz natural reduce la proporción de plantas que florecen (Evans *et al.*, 1964). En latitudes medias, las plantas del sur son más hojosas, más grandes, más vigorosas y adoptan un hábito amacollado grande, mientras que las del norte, son menos hojosas, más cortas y los macollos más pequeños tienden a formar un césped, lo cual tiene que ver con la incidencia de la radiación solar (Weaver y Albertson, 1956).

### Viento

Los organismos que tienen una alta capacidad para mantener verde el área foliar cuando se presentan los vientos cálidos secos, tienen mayor probabilidad de sobrevivencia bajo condiciones climáticas que favorezcan el desarrollo de las raíces adventicias. Cuando estos no están expuestas a dichas condiciones, la cantidad de agua en el perfil del suelo y la profundidad de las raíces determina si sobreviven hasta condiciones ambientales favorables para el desarrollo de las raíces adventicias (Wilson y Briske, 1978)



## COMPETENCIA

La competencia de las plántulas del zacate con sus vecinos adultos, influye negativamente en su sobrevivencia, ya que las raíces de los vecinos disminuyen la calidad del ambiente del suelo para el desarrollo de las raíces adventicias de las plántulas (Aguilera y Lauenroth, 1993a, 1993b, 1995). Sin embargo, las raíces de la especie en competencia con pastos, se extiende en los últimos 30 cm de la orilla de la planta y a una profundidad de 90 cm (Coffin y Lauenroth, 1991), teniendo una capacidad limitada para explotar los recursos que se encuentran más allá de la orilla de la copa (mayor a 10 cm) (Coffin y Lauenroth, 1990)

Cuando no se encuentran plantas vecinas a *B. gracilis*, las numerosas raíces adventicias favorecen la explotación de los recursos del suelo (Aguilera y Lauenroth, 1993a, 1995). La extensión espacial y la profundidad de las raíces puede ser afectada por factores relacionados al tipo de suelo como la densidad aparente, la textura y otros (Fox *et al.*, 1953 citados por Coffin y Lauenroth, 1991; Lauenroth *et al.*, 1994)

## PROFUNDIDAD DE SIEMBRA

En el zacate navajita azul la emergencia y el establecimiento puede lograrse al seleccionar una amplia variedad de semillas con un alto peso de la cariopsis que permitan una siembra más profunda. Al realizarla a 1 cm de profundidad, el suelo se seca rápidamente y detiene la emergencia de la plántula (Hayder, 1974, Carren *et al.*, 1987a, 1987b), mientras que a una profundidad de 2 y 2.5 cm el coleótilo no excede su potencial de elongación, pero a profundidades mayores a 3 cm las plantas sobrepasan dicho potencial, por lo que no logran emerger. Aunque la siembra a 2 cm no presenta una alta emergencia como la que se registra a 1 cm, ésta al cabo de un año muestra menor sobrevivencia aún bajo condiciones favorables de humedad (Carren *et al.*, 1987a)

## REQUERIMIENTOS PARA EL ESTABLECIMIENTO DE LA ESPECIE

Briske y Wilson (1977, 1978, 1980) y Wilson y Briske (1978, 1979) señalan las condiciones que requiere *B. gracilis* para su establecimiento a partir de semilla:

### *Fase de Emergencia*

- 1) Temperatura del suelo menor o igual a los 15°C y suficiente humedad (-0.15 MPa) en los primeros 4 cm de profundidad del suelo, que permitan la germinación y emergencia.

### *Fase de Establecimiento*

- 2) Suficiente humedad en la capa del suelo de los 0-30 cm que permita el crecimiento de la raíz seminal.
- 3) También se requiere de humedad en la superficie del suelo de 2 a 4 días en y a través del perfil del suelo para promover el desarrollo y extensión de las raíces adventicias.

La definición de humedad suficiente que se requiere para la emergencia de las plántulas en la superficie del suelo es alrededor de  $-0.15$  MPa por un periodo de 3 días consecutivos como mínimo, dentro de los 10 días posteriores a la emergencia (Lauenroth *et al.*, 1994)

## CRITERIOS DE SOBREVIVENCIA Y DE ESTABLECIMIENTO

De acuerdo a Fenner (1985), una plántula es considerada completamente establecida cuando es totalmente independiente de las reservas de la semilla, aunque es probable que en muchos casos ésta etapa sea alcanzada antes de haber agotado las reservas de la semilla

De forma similar, Walley *et al.* (1966 citados por Orozco, 1993), consideran que una plántula debe ser completamente autotrófica, es decir, que ya no dependa de las reservas de la semilla para que se considere establecida. De esta manera, se reconocen tres etapas de desarrollo para llegar al establecimiento:

- 1) La etapa heterotrófica: ocurre desde la hidratación de la semilla hasta la iniciación de la fotosíntesis.
- 2) La etapa de transición: durante la cual la plántula obtiene compuestos orgánicos complejos tanto de la fotosíntesis como de los remanentes del endospermo.
- 3) La etapa autotrófica: ocurre a partir de que la plántula agota las reservas del endospermo y es completamente dependiente de sus fotosintatos.

Evans (1976 citado por Flores 1994) define el establecimiento de una pradera como el periodo comprendido entre la siembra y el desarrollo temprano de la plántula, la cual se divide en cuatro fases: siembra, germinación, emergencia y crecimiento postemergente. Menciona también que los factores climáticos, edáficos y bióticos afectan cada etapa del proceso de establecimiento

Con base a lo que menciona Mckell (1972), el establecimiento de un nuevo individuo inicia con la activación del embrión y otras partes de la semilla, siguiendo un rápido crecimiento de la plántula y llegando al final de la fase de madurez cuando el organismo ya se ha establecido. El mismo autor considera que el establecimiento de una planta no ocurre hasta que la misma ha desarrollado un sistema radical adecuado y un índice foliar capaz de proporcionar una alta tasa de crecimiento.

En otro caso, una planta establecida es aquella que posee su primera hoja verdadera; o ha completado un ciclo anual a partir de la fecha de siembra; o bien, cuando ha sobrevivido a los efectos de un periodo crítico, tales como heladas, sequía, etc. (Ortiz, 1977).

De manera más particular, las plántulas de los zacates perennes no son consideradas establecidas hasta el inicio de la siguiente estación de crecimiento, puesto que el desarrollo de la raíz y coleóptilo deben haber tenido las suficientes reservas como para mantener las plantas a través de las estaciones secas y frías del año (Mckell, 1972).

El criterio empleado por McCarthy y Bailey (1992) para evaluar la sobrevivencia de *B. gracilis*, fue la presencia de retoños aéreos (tallos), aunque sólo es válido bajo condiciones específicas y no siempre refleja la verdadera sobrevivencia de una especie que crece rápidamente y que pierde la parte aérea mientras mantiene funcional el sistema radical. El tiempo requerido para la emergencia y el desarrollo de las raíces adventicias, hojas y tallos varía bajo otras condiciones ambientales por lo que no es extrapolable

## PROBLEMÁTICA

En las zonas áridas y semiáridas, la escasez del recurso hídrico y las temperaturas extremas que se presentan a lo largo del día, son los principales factores que limitan el establecimiento de los organismos vegetales. Sin embargo, aquéllos individuos (principalmente árboles y arbustos) que han logrado establecerse modifican bajo su copa los factores ambientales, proporcionando condiciones favorables para la germinación, emergencia y establecimiento de individuos de otras especies que se localizan bajo su cobertura.

En este sentido, el proceso de nodrizaje vegetal se puede emplear para facilitar el desarrollo de la vegetación en zonas deterioradas e inducir el establecimiento de *B. gracilis* que es una especie útil para estos fines, ya que es una gramínea nativa del país, apetecible para el ganado, resistente a la sequía y de alto valor forrajero y ecológico; que por el sobrepastoreo se ha restringido notablemente su población. Por ello, para lograr establecerla a partir de semilla es necesario que en etapas iniciales cuente con humedad suficiente para que germine y desarrolle las raíces adventicias, las cuales crecen muy cerca de la superficie del suelo que es normalmente la zona edáfica que más rápidamente se deseca.

Las interrogantes que se buscaron responder con la realización de este estudio son las siguientes.

- \* ¿Las 5 especies vegetales utilizadas pueden ser consideradas nodrizas?
- \* ¿Con cuál especie o especies de nodrizas vegetales se incrementa la emergencia, sobrevivencia, establecimiento y desarrollo vegetal de *B. gracilis*?
- \* ¿Las condiciones microclimáticas y edáficas generadas por las plantas nodrizas influyen en las diferentes etapas de desarrollo de la especie a partir de semilla, procedente de dos regiones diferentes (California, U.S.A. y Texcoco, Estado de México)?

## IV.- HIPÓTESIS :

El nodrizaje vegetal en las zonas áridas y semiáridas permite incrementar la germinación, emergencia y establecimiento de otros organismos vegetales, ya que estos abaten las temperaturas extremas, elevan el porcentaje de humedad, mejoran las propiedades físicas y químicas del suelo y proporcionan protección contra la herbivoría.

Es posible que 5 especies vegetales que se encuentran en la zona de estudio generan condiciones de nodrizaje vegetal que permitirán elevar la emergencia, sobrevivencia y el establecimiento de *B. gracilis* a partir de semilla.

Con la semilla de procedencia nacional del lote de Texcoco, se incrementará el número de individuos en comparación al lote de California, para cada una de las etapas de desarrollo de la especie.

## V.- OBJETIVOS :

### OBJETIVO GENERAL:

Evaluar el establecimiento del zacate navajita azul (*Bouteloua gracilis* (H.B.K.) Lag. ex Steud.) a partir de semilla, bajo condiciones de nodrizaje vegetal proporcionado por diferentes especies vegetales, en un agostadero semiárido del Municipio Santiago de Anaya, en el Valle de Actopan, Estado de Hidalgo.

### OBJETIVOS PARTICULARES:

Establecer de 5 especies vegetales, aquellas que cumplen con condiciones del nodricismo y evaluar la emergencia, sobrevivencia, establecimiento y desarrollo vegetal del zacate navajita azul, a partir de semilla proveniente de California, E.U.A. bajo dichas especies durante un ciclo anual.

Determinar de las 5 especies vegetales, las que presenten mayor influencia en el establecimiento de *B. gracilis*, y evaluar sus condiciones de nodrizaje al emplear semilla de dos procedencias.

Evaluar la emergencia, sobrevivencia, establecimiento y desarrollo vegetal de *B. gracilis* proveniente de California, E.U.A. y Texcoco, México, en las 3 condiciones de nodrizaje vegetal.

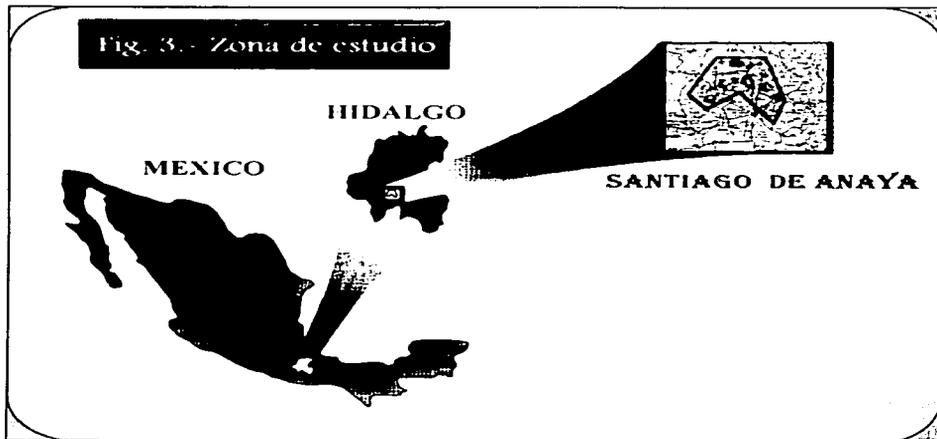


## VI.- MATERIAL Y MÉTODO

### DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

El estudio se llevó a cabo en un agostadero semiárido que pertenece al municipio de Santiago de Anaya ubicado en el Valle de Actopan, Estado de Hidalgo. Dicho municipio se localiza entre los paralelos 20° 21' y 20° 25' latitud norte y 98° 11' y 98° 54' longitud oeste, a una altitud de 2059 msnm, al norte limita con los municipios de El Cardonal, Ixmiquilpan y Mezitlán, al sur con San Salvador y Actopan, al oeste con Chilcuautla, Ixmiquilpan y San Salvador y al este con la Sierra de Actopan

La zona presenta un clima semiárido seco, con lluvias en verano,  $BS_1Kw''(i)g$  cuya precipitación anual promedio es de 550 mm, que se concentra entre los meses de mayo a septiembre, con temperaturas medias anuales entre 16 y 20°C (García, 1981) Los suelos del fondo del Valle de Actopan son profundos, casi sin rocas superficiales, pobres en materia orgánica y deficientes en varios elementos, su textura es migajón-arenosa y migajón-arcillosa (Mayagoitia, 1959 citado por Cruz, 1992)



El trabajo se realizó en un terreno con un área de 2,500 m<sup>2</sup> (50 m x 50 m), situado a 1.5 km hacia el noroeste del poblado de Santiago de Anaya; el lugar abarca la ladera del cerro que tiene una pendiente de 4.5° y esta abierto al pastoreo de ovinos y caprinos.

La vegetación presente en el lugar se caracteriza por una cubierta vegetal de matorral xerófilo (Rzedowski, 1994), que incluye al matorral micrófilo (representado por los géneros *Mimosa*, *Prosopis*, *Flourensia*, *Condalia*), al matorral crasicale (representado por el género *Opuntia*) y al matorral rosetófilo (representado por el género *Agave*). Entre estos matorrales existe además la presencia de líquenes, musgos y especies de gramíneas (Escalante, 1995).

## FASES EXPERIMENTALES

Para cumplir con los objetivos planteados, el estudio se dividió en dos fases que se evaluaron de forma independiente y los resultados de la primera fase se emplearon para el diseño experimental de la segunda.

La primera fase incluyó la evaluación de la emergencia, sobrevivencia, establecimiento y desarrollo vegetal de *B. gracilis* con semilla proveniente de California, E.U.A., bajo condiciones microclimáticas proporcionadas por las especies *F. resinosa*, *M. biuncifera*, *O. imbricata*, *O. cantabrigiensis* y *P. laevigata* durante un ciclo anual; esto permitió seleccionar las especies de nodrizas *F. resinosa*, *M. biuncifera* y *O. cantabrigiensis* con las que se obtienen resultados favorables en el establecimiento del zacate.

En la segunda fase se evaluó la respuesta de la especie al emplear semilla proveniente de California, E.U.A. y de Texcoco, México, ante la influencia de las condiciones del nodrizaje proporcionado por las especies *F. resinosa*, *M. biuncifera* y *O. cantabrigiensis*. El periodo de observación fue de 8 meses de acuerdo a los resultados obtenidos en la fase uno.

## PRIMERA FASE EXPERIMENTAL

### FASE DE LABORATORIO

#### Material biológico

Las semillas empleada perteneció al lote comercial procedente de California, E.U.A., adquirido en 1994 y se emplearon sin glumas (cariópsis desnuda) (Flores, 1994; Escalante, 1995) para elevar el porcentaje de germinación y tener a su vez, un mayor control en el número de plantas que se evaluaron para las dos fases experimentales.

#### Pruebas de germinación

La prueba consistió del remojo en agua de las semillas durante un lapso de 24 horas (Flores, 1994), a partir de este tratamiento se estableció el tratamiento con un tiempo de 48 horas y el testigo (sin remojo), realizándose para cada uno 3 repeticiones con 100 semillas.

Las semillas se colocaron en remojo por 24 y 48 horas en agua de la llave a temperatura ambiente, más el testigo. Posteriormente se trasladaron a cajas Petri con papel filtro, saturado con agua de la llave también a temperatura ambiente. En cada tratamiento se determinó el

porcentaje de germinación por conteo diario de las semillas que presentaron plúmula y radícula, así como el tiempo promedio de velocidad de germinación, calculado con la siguiente fórmula:

$$\text{Tiempo promedio de velocidad de germinación} = \left( \frac{n1T1 + n2T2 \dots N}{ntotal} \right)$$

Donde: n = número de semillas germinadas en el tiempo 1

T = tiempo inicial

n total = número total de semillas germinadas (Hartmann, 1982).

Los resultados obtenidos del porcentaje de germinación, bajo condiciones de laboratorio, se emplearon para calcular el porcentaje de emergencia en condiciones de campo, al tomar como base no el número total de semillas sembradas sino el número de semillas que germinaron como el 100%.

## FASE DE CAMPO

### Selección de especies vegetales

Con base en un recorrido realizado en la zona, y junto con los resultados presentados por Cruz (1992) y Escalante (1995) se determinaron las especies vegetales *F. resinosa*, *M. biuncifera*, *O. imbricata*, *O. cantabrigiensis* y *P. laevigata* como posibles nodrizas, al tomar como indicador aquellas que fueron más representativas de la zona y que estuvieron asociadas con herbáceas dispuestas bajo su cobertura.

Por medio de la apreciación visual, se eligieron 4 individuos por especie, que presentaron tamaño, cobertura y forma biológica similar, asimismo se estableció un testigo de referencia con 4 repeticiones que consistió del suelo desnudo sin planta.

### Siembra

Se situaron 3 lotes experimentales con un área de 400 cm<sup>2</sup> (20x20 cm<sup>2</sup>) cada uno, en la base de cada una de las especies vegetales orientados hacia su lado norte, siendo el lado que durante la mayor parte del día permanece sombreado; tomando en cuenta su posición latitudinal. (Shoot y Pieper, 1985; Franco y Nobel, 1988; Valiente-Banuet y Ezcurra, 1991; Valiente-Banuet *et al.*, 1991b; Cruz, 1992).

En cada lote se sembraron 100 semillas (Gross, 1984; Carren *et al.*, 1987a; Johnson y Fryer, 1992) de *B. gracilis*, previamente remojadas en agua por 24 horas -de acuerdo a la prueba de germinación-, a una profundidad de 1 cm (Wilson y Briske, 1978, 1979; Hartgerink y Bazzaz, 1984; Carren *et al.*, 1987a, 1987b; Orozco, 1993). Posterior a la siembra se realizó un riego de 40 mm que proporciona una reserva hídrica a la semilla (Briske y Wilson, 1977, 1978, 1980; Wilson y Briske, 1978, 1979; Flores, 1994; Escalante, 1995), que sumada a la sombra de la planta permite mantener condiciones climáticas favorables para la germinación y emergencia de la plántula.

### Registro de parámetros vegetales

La evaluación comprendió el lapso de un año y como respuesta de *B. gracilis* a las condiciones microclimáticas que se presentan en cada especie vegetal y el testigo, se realizó el registro de las siguientes variables.

- a) Emergencia: se contaron las plántulas emergidas en cada semana durante un mes.
- b) Supervivencia: se registró el número de individuos desarrollados en cada especie vegetal y el testigo, durante cada mes en el ciclo anual.
- c) Establecimiento: se cuantificaron las plantas presentes en cada especie vegetal y el testigo, al concluir el ciclo
- d) Desarrollo vegetal: al tomar en cuenta que la especie en estudio es una planta quiescente y efímera (Noy-Meir, 1973; Wilson y Briske, 1978; Lauenroth *et al.*, 1987) se registraron los siguientes datos en las etapas anteriores:

Altura máxima: se midió la planta desde la base hasta la porción terminal de la lámina foliar más desarrollada (Gonzalez *et al.*, 1979; Collins, 1990)

Número de hojas: se contaron las hojas verdes presentes por planta (Collins, 1990; McCarthy y Bailey, 1992).

- e) Observaciones: los factores ambientales restringen el establecimiento de las plántulas por lo que se registraron los daños ocurridos, incluyendo la herbivoría realizada por animales (McAuliffe, 1988; Valiente-Banuet, 1991b; Winsa y Bergsten, 1994).

### Registro de parámetros climáticos

Los registros de temperatura y humedad relativa se realizaron a las 13:00 horas del día bajo la copa de las especies vegetales y el testigo, considerada la hora de máxima radiación; a 5 cm de altura del nivel del suelo, que es la altura del medio circundante a las plántulas, mediante un termo-higrómetro Lutron HT-3004 (Noy-Meir, 1973; Franco y Nobel, 1988, 1989; Valiente-Banuet y Ezcurra, 1991; Valiente-Banuet *et al.*, 1991b; Barik *et al.*, 1992; Cody, 1993).

También se realizó la lectura de las variables de precipitación pluvial y temperatura máxima y mínima ambiental ocurrida en la zona, cada fin de mes durante el ciclo anual. Para ello, en la zona de estudio se colocó un pluviómetro y un termómetro de máximas y mínimas, ubicados al ras del suelo. La medición de estas variables fue observar su comportamiento durante el ciclo, y determinar la relación entre la temperatura y la humedad relativa registrada en las especies vegetales y el testigo, así como en el desarrollo y establecimiento de la especie.

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO

En esta fase el diseño experimental fue unifactorial, el cual consistió de un factor que fue la especie vegetal con 6 niveles que fueron las 5 especies vegetales y el testigo (suelo desnudo sin planta). Se realizaron análisis de varianza con respecto al número de plantas de *B. gracilis* al principio (emergidas), para cada mes del periodo (sobrevivencia) y al final (establecidas) de la estación para discernir diferencias estadísticas entre las 5 especies y el testigo.

De igual forma, para los datos de número de hojas verdes y longitud de la planta correspondientes al crecimiento de cada etapa de desarrollo de la especie antes mencionadas, se analizaron utilizando el diseño unifactorial con 5 especies y el testigo.

Con respecto a las variables climáticas temperatura y humedad relativa el diseño fue unifactorial donde el factor fue la especie vegetal que consistió de 6 niveles (5 especies y un testigo).

Los análisis requeridos se realizaron con el paquete estadístico StatGraphics, versión 4 (1984 a 1989).

## DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS ESPECIES VEGETALES EMPLEADAS COMO NODRIZAS

### *Flourensia resinosa* (T. S. Brandeg.)



Figura 4 - *Flourensia resinosa* (T. S. Brandeg.)

Planta arbustiva con exudado resinoso mas o menos abundante, escamas del vilano angostas y agudas, páleas caducas con los aquenios, estos vellosos, sin alas, al menos en los margenes, hojas alternas, flores generalmente amarillas, cabezuelas con mas de 8 flores y generalmente de menos de 5 cm de diametro, vilano de 2 a 3 aristas, aquenios de las flores del disco con vilano, vilano persistente (Rzedowski, 1986)

Los matorrales de *F. resinosa* se distribuyen exclusivamente en el Valle del Mezquital, debido a que es una especie endémica, marcándose aparentemente el extremo meridional de la distribución de la comunidad que se desarrolla entre las altitudes de los 1000-1890 msnm y se ha registrado entre las precipitaciones de 150 a 500 mm (Rzedowski, 1994)

La especie se clasifica taxonomicamente como

Diviston	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida (dicotiledoneas)
Subclase	Asteriadae
Orden	Asterales
Familia	Compositae
Subfamilia	Asteracea
Tribu.	Heliantheae
Género:	<i>Flourensia</i>
Especie:	<i>Flourensia resinosa</i> (T. S. Brandeg.)



### *Mimosa biuncifera* Benth.

Arbusto de 0.5 a 2m de altura, a menudo bajo, postrado o con tallos erectos, ramificados desde su base, ramas anguladas en zig-zag, más o menos pubescente. (Estrada y Marroquin, 1992, Espinosa, 1979) las ramas secundarias con espinas infraestipulares de dos en dos, duras comprimidas, recurvadas, hojas la mayoría de 1 a 4 cm de longitud, alternas bipinadas de 2 a 9 cm de largo, flores blanquecinas o amarillentas, en ocasiones con tonalidades rosa, sesiles, en cabezas globosas o hemisféricas de 1-1.5 cm de ancho, sobre pedúnculos axiales solitarios o fasciculados de 3 a 10 mm de longitud, fruto una legumbre linear u oblonga, curvada o recta glabra o pubescente, mide de 2 a 7 cm de largo por 3 a 4 mm de ancho, que se desprende en la madurez, la vaina contiene de 6 a 8 semillas longitudinales comprimidas, oblongas, negras 5 mm de longitud (C. August, 1981, McVaugh, 1987). Se desarrolla en pendientes rocosas o en zonas con mucha tierra, pastos, ruderales, posiblemente en bosques de encinos y pastizales contiguos a menudo en habitats perturbados con *Eysenhardtia*, *Forstneria*, *Quercus*, *Ficus*, *Opuntia* e *Ipomoea* arborecente o en pastizales sobrepastoreados (McVaugh, 1987).

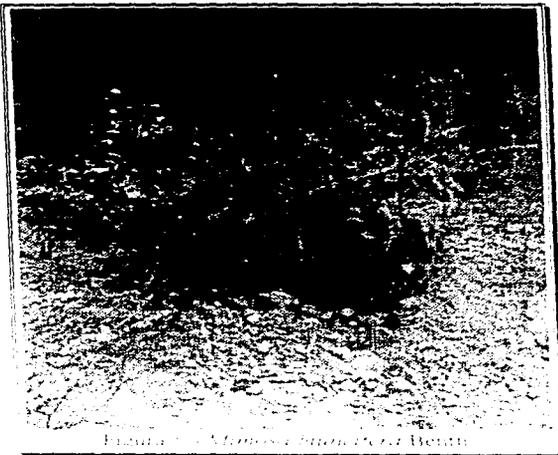


Figura 1. *Mimosa biuncifera* Benth.

Con respecto a su fenología, es un arbusto caducifolio, que pierde su follaje de noviembre a marzo (invierno), persistiendo solo los ramales. Los primeros brotes del proceso de foliación se presentan a fines de marzo y se prolongan durante todo el verano y otoño. La floración inicia a principios de abril y dura hasta julio dependiendo del inicio de la estación de lluvias. La fructificación comienza en mayo y el fruto persiste todo el invierno, que ayuda a una mejor dispersión de la especie (Grether, 1974, 1982).

Se distribuye del oeste de Texas en los E.U.A., hasta el sur del estado de México, Puebla y Oaxaca, esta distribución indica una gran adaptabilidad a diversas condiciones ecológicas de zonas templadas, áridas y semáridas y se localiza entre los 600 y 2650 msnm (Espinosa, 1979, Estrada y Marroquin, 1992). Además crece en suelos con texturas que van de ligeras a arcillosas, y de ácidos a ligeramente alcalinos, con un contenido de materia orgánica del 2% en las laderas y del 4% en las planicies, en lomeríos pedregosos poco profundos se observa

un incremento en su abundancia lo mismo que en áreas sumamente erosionadas con grandes cárcavas y afloramientos de roca madre (Grether, 1982).

Con respecto a los estados sucesionales, entre las familias que dominan en cuanto al número de especies en la sucesión secundaria se colocan primeramente a las Leguminosae y después a las Compositae y Graminae. La sucesión en comunidades desérticas incluye varias etapas, la primera semejante a un zacatal, después a un matorral arbustivo y finalmente a la composición arbórea (Grether, 1974).

*M. biuncifera* es un componente de la vegetación primaria o secundaria, que puede establecerse en condiciones de disturbio producidas por actividades humanas y juega un papel importante en la formación y retención del suelo, asimismo puede ser un indicador de disturbio. Gentry (1957 citado por Grether, 1974) incluye a esta especie como principal componente en la comunidad de transición pastizal-matorral. Guzmán y Villa (1960 citados por Grether, 1974) analizan la vegetación de Zacatecas y encuentran que el matorral árido de *M. biuncifera* se asocia con *Prosopis laevigata*, *Opuntia sp.* y *Bouteloua gracilis*.

La especie se clasifica taxonómicamente como

División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Subclase:	Rosidae
Orden:	Fabales
Familia:	Leguminosae
Subfamilia:	Mimosoideae
Género:	<i>Mimosa</i>
Especie:	<i>Mimosa biuncifera</i> Benth.

***Opuntia cantabrigiensis* var. *cuija* (Griff. y Hare) Britton y Rose, Smiths.**

Figura 6 - *Opuntia cantabrigiensis* var. *cuija* (Griff. y Hare) Britton y Rose, Smiths, Tomada de Bravo-Hollis, 1978

Arbustos redondeados, de 1 a 2 m de altura; artículos orbiculares hasta obovados, de 12 a 20 cm de longitud, de color verde azulado pálido, hojas de color verde claro, areolas distantes, grandes, con fieltro moreno, espinas generalmente 3 a 6 pero a veces más, algo extendidas, aciculares, amarillas con la base rojiza, de 1.5 a 5 cm de longitud, flores de 5 a 6 cm de longitud, amarillentas con centros rojizos, areolas superiores del ovario provistas de numerosas glóquidas y de largas cerdas amarillentas, lóbulos del estigma verdes, fruto globoso, de 4 cm de diámetro, de color púrpura y pulpa carmesi, semillas numerosas, pequeñas, de 4 mm de diámetro (Bravo-Hollis, 1978)

La especie se distribuye mejor entre los 800 y 2500 msnm en lugares donde la precipitación media anual oscila entre 116 y 1805 mm, aunque puede llegar a desarrollarse en condiciones de mayor aridez y tiende a formar asociaciones con *Acacia* y principalmente con el

género *Prosopis*, ya que estas son leguminosas que fijan biológicamente el nitrógeno. El sistema radical de las cactáceas es superficial y particularmente denso, las raíces muertas proporcionan gran cantidad de materia orgánica al grado de cambiar el color de los horizontes superficiales de las plantaciones viejas (Granados y Castañeda, 1991)

La especie se clasifica taxonómicamente como

División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida (dicotiledoneas)
Orden	Cactales
Familia:	Cactaceae
Subfamilia:	Opuntioideae
Tribu:	Opuntieae
Género:	<i>Opuntia</i>
Subgénero:	<i>Opuntia</i>
Especie:	<i>Opuntia cantabrigiensis</i> var. <i>cuija</i> (Griff. y Hare) Britton y Rose, Smiths.



### *Opuntia imbricata* (Haworth) De Candolle (*Cylindropuntia*).

Planta arbustiva de hasta 5 m de altura con ramas mas o menos abundantes, tronco corto, leñoso, bien definido, crasos, de unos 10 cm de diámetro, del que parten ramas primarias escasas, muy largas, casi tan gruesas como el tronco, que a su vez producen varias series de articulos dispuestos en seudoverteicios, hojas sublobuladas de 1 a 2.5 cm de largo, caducas, espinas numerosas extendidas en todas direcciones, rectas de color rojizo moreno hasta rosadas, casi aciculares, flores numerosas y dispuestas hacia la extremidad de las ramas de 5 a 7 cm de diámetro de color púrpura a púrpura rosado. Fruto tuberculado, amarillo carnoso cuando madura, sin espinas, persistente en el invierno (Bravo-Hollis, 1978, Rzedowski 1985).



Figura 7. *Opuntia imbricata* (Haworth) De Candolle. Tomada de Bravo-Hollis, 1978.

Distribuida ampliamente en los matorrales serotinos y pastizales y en el Valle del Mezquital a una altitud de 2250-2270 msnm. Las plantulas son abundantes, pero las probabilidades que tienen de sobrevivir son escasas, por lo cual la propagacion se hace por los articulos de las ramas que caen en la epoca de sequia y enraizan en la temporada de lluvias. La planta se denomina popularmente como "Cardon" y su fruto como "Xoconostle", son acidos y se usan como condimento en los "moles de olla". La poblacion rural emplea las ramas secas como combustible y las plantas vivas son usadas como setos vivos y tambien como forraje. Esta es una de las especies que singulariza el paisaje desertico del altiplano (Bravo-Hollis, 1978).

La especie se clasifica taxonomicamente como

División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida (dicotiledóneas)
Orden	Cactales
Familia	Cactaceae
Subfamilia	Opuntioideae
Tribu	Opuntieae
Género	<i>Opuntia</i>
Subgénero	<i>Cylindropuntia</i>
Especie:	<i>Opuntia imbricata</i> (Haworth) De Candolle



### *Prosopis laevigata* (Willd.)



Figura 8 - *Prosopis laevigata* (Willd.)

cultivadas, en bosques espinosos donde algunas veces codomina con *Cercidium*, en pastizales perturbados con *Pithecolobium dulce*, *Opuntia* y *Leurococcus*, colinas cubiertas por maleza y pastizales en depresiones, 300 a 350 msnm en el valle del Río Tepalcatepec, 900-2400 m en los valles y sobre la Altiplanicie Central, florece de enero a julio (McVaugh, *op. cit.*)

El género se encuentra distribuido entre los 1850-2160 msnm y puede presentarse en forma arbustiva o arborea, asociada con gramíneas dominantes como *Bouteloua filiformis* y *B. simplex* y en menor proporción en forma dispersa con *B. gracilis*, *Muhlenbergia tenuifolia* y *Aristida divaricata* (Grether, 1974)

La especie se clasifica taxonómicamente como

División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida (dicotiledoneas)
Subclase	Rosidae
Orden	Fabales
Familia	Leguminosae
Subfamilia	Mimosoideae
Género	<i>Prosopis</i>
Especie	<i>Prosopis laevigata</i> (Willd.)

Usualmente es un árbol de 5 a 10 m de altura, más de 50 cm de diámetro, florece a menudo cuando más pequeño, rama escasamente pubescente, espigas de 0.3 a 4 cm de longitud, vigorosas, divergentes, pinas de uno a dos pares, folíolos de 1 a 2 mm de ancho, lineal, espigas de 3 a 9 cm de longitud, corola de 2.5 a 4 mm de longitud, fruto comprimido o hinchado, junto con las semillas, estipulas de 5 a 10 mm (McVaugh, 1987)

Se desarrolla en cauces,

plancieros, colinas, a menudo en

suelos profundos, a la orilla de

caminos y bordes de tierras

cubiertas por maleza y pastizales

en depresiones, 300 a 350 msnm

en el valle del Río Tepalcatepec,

900-2400 m en los valles y sobre

la Altiplanicie Central, florece de

enero a julio (McVaugh, *op. cit.*)



## SEGUNDA FASE EXPERIMENTAL

En esta fase se evaluaron las condiciones de nodrizaje vegetal de las especies *F. resinosa*, *M. biuncifera* y *O. cantabrigiensis* que presentaron mayor influencia en la emergencia, sobrevivencia, establecimiento y desarrollo vegetal de *B. gracilis* a partir de semilla procedente de dos sitios

### FASE DE LABORATORIO

#### Material biológico

En esta fase experimental, se utilizó semilla procedente de dos sitios:

- La primera pertenece al lote comercial de la fase experimental anterior.
- La segunda colectada de la localidad Molino de las Flores, Texcoco, Estado de México, en noviembre de 1994. El empleo de este lote, fue debido a la cercanía latitudinal existente a la zona de estudio, además se conocen las condiciones ambientales en que se desarrolla la especie de Texcoco y su colecta fue reciente. Las semillas se utilizaron sin glumas.

#### Pruebas de germinación

Se emplearon los mismos tratamientos que en la primera fase, incluyéndose en esta el tratamiento de remojo por 12 hrs por la capacidad de respuesta de la semilla de Texcoco ante condiciones húmedas. De esta manera, se colocaron 20 semillas en remojo por 12, 24 y 48 hrs en agua de la llave a temperatura ambiente que posteriormente se trasladaron a cajas Petri que contenían papel filtro saturado con agua de la llave, también a temperatura ambiente. Se realizaron 4 repeticiones por cada tratamiento y el testigo

### FASE DE CAMPO

Con base en los resultados obtenidos en la primera fase se eligieron las especies de nodrizas *F. resinosa*, *M. biuncifera* y *O. cantabrigiensis*, que hasta el inicio de esta fase presentaron el mayor porcentaje de sobrevivencia de *B. gracilis*, para evaluar la influencia de las condiciones de nodrizaje.

#### Selección de nodrizas

Se eligieron 8 individuos por especie de nodriza, que presentaron tamaño, cobertura y forma biológica similar, realizado por medio de una estimación visual y se utilizó un testigo con 8 repeticiones, igual que en la primera fase. El número de individuos se incrementó, ya que en cada nodriza se dispusieron sólo 2 lotes experimentales bajo su copa de los tres que se manejaron en la fase anterior; en uno se destinó la semilla procedente de California, E.U.A. y en el otro la de Texcoco, México.



### Siembra

Se situaron 2 lotes experimentales con una área de 100 cm<sup>2</sup> (10x10 cm<sup>2</sup>) cada uno, orientados hacia el lado norte de la planta nodriza

Debido a las diferencias en el porcentaje de germinación entre las dos procedencias y con la finalidad de ajustar el número de plántulas que emergerían, se sembraron 200 semillas (Wilson y Briske, 1979) de California y 100 semillas (Carren *et al.*, 1987a) de Texcoco a 1 cm de profundidad con la aplicación previa del tratamiento de remojo en agua por 24 hrs y sin remojo respectivamente. Posterior a la siembra se realizó un riego de 40 mm.

### Registro de parámetros vegetales

La evaluación comprendió un lapso de 8 meses y como respuesta de *B. gracilis* a las condiciones proporcionadas por la nodriza vegetal y el testigo se realizó el registro de las siguientes variables:

- a) Emergencia: se contaron las plántulas emergidas en cada semana durante un mes.
- b) Supervivencia: se registraron los organismos de la especie en cada nodriza y el testigo cada mes durante el tiempo de evaluación
- c) Establecimiento: se cuantificaron los individuos presentes del zacate en cada nodriza y el testigo, al concluir el experimento
- d) Desarrollo vegetal: se registraron los siguientes datos en las etapas anteriores con la misma frecuencia
  - Altura máxima: se midió la planta de la base hasta la porción terminal de la lámina foliar más desarrollada (Gonzalez *et al.*, 1979; Collins, 1990).
  - Número de hojas: se contaron las hojas verdes presentes por planta (Collins, 1990; McCarthy y Bailey, 1992)
- e) Observaciones: de igual forma que en la primera fase, se registraron los daños ocurridos por la herbivoría realizada por animales (McAuliffe, 1988; Valiente-Banuet, 1991b; Winsa y Bergsten, 1994).

### Registro de parámetros climáticos

En esta fase el registro de la temperatura y la humedad bajo la copa de las nodrizas y el testigo, se hizo a las 13 hrs (Franco y Nobel, 1989) y a las 16 hrs. Se incluyó el segundo horario para apreciar el comportamiento de ambos parámetros durante una hora del día en que la radiación disminuye (16 horas). Las mediciones se realizaron a 5 cm de altura del nivel del suelo mediante un termo-higrómetro (Barik *et al.*, 1992)

## Registro de parámetros edáficos

La planta nodriza también influye en parámetros físicos, químicos y biológicos del suelo (Noy-Meir, 1973; Tiedemann y Klemmedson, 1977; Virginia, 1986; McAuliffe, 1988; Franco y Nobel, 1988, 1989; Coffin y Lauenroth, 1989; Eldridge *et al.*, 1991), por lo que se tomó una muestra del suelo a una profundidad de hasta 15 cm (Franco y Nobel, 1988, 1989; Valiente-Banuet *et al.*, 1991a, 1991b) de cada lado (derecho e izquierdo) de los dos lotes al concluir el experimento, esto permitió conocer la condición edáfica en la que se encontraron los individuos establecidos del zacate navajita azul y se realizaron los siguientes análisis:

**Análisis físicos**

pH real (1:10 suelo:agua)  
Densidad Aparente  
Densidad Real  
Textura  
Conductividad eléctrica

**Método**

Potenciométrico  
Método de la probeta.  
Método del picnómetro.  
Hidrómetro de Bouyoucos  
Conductímetro

**Análisis químicos**

Materia orgánica  
Nitrógeno Total  
Fósforo disponible

Método Walkley-Black por combustión vía humedad.  
Micro-Kjeldahl  
Método de Olsen

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO

En lo que corresponde al análisis estadístico para esta fase el diseño experimental fue multifactorial, consistiendo de dos factores, el primero la procedencia de la semilla con dos niveles que fueron la semilla del lote de Texcoco y de California el segundo factor corresponde a la nodriza vegetal que tuvo 4 niveles, 3 correspondiendo a las especies vegetales y uno al testigo (suelo desnudo sin planta).

Los análisis empleados consistieron de varianzas para determinar diferencias significativas entre la combinación de los dos factores procedencia y especie de nodriza vegetal con respecto a los valores de hojas verdes y longitud de la planta y al número de plantas de *B. gracilis* al principio (emergidas), para cada mes del periodo (sobrevivencia) y al final (establecidas) de la estación para discernir diferencias estadísticas entre las 3 especies de nodrizas y el testigo. Así mismo, se incluyeron los resultados obtenidos del análisis físico-químico del suelo, realizado con respecto a las nodrizas

Con respecto a las variables climáticas temperatura y humedad relativa el diseño fue multifactorial al fundamentarse en dos factores, el primero que consistió de 3 especies de nodrizas vegetales y el testigo, el segundo factor fue la variable climática con dos niveles al ser registrada en dos horarios a las 13 00 y 16 00 hrs. El análisis requerido se realizó con el paquete estadístico Stat Graphics, versión 4 (1984 a 1989)



## VII.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LA PRIMERA FASE EXPERIMENTAL

### CONDICIONES DE NODRIZAJE VEGETAL

A lo largo del ciclo anual, las condiciones microclimáticas generadas por las especies vegetales estudiadas presentaron diferencias significativas, así como una variación de la especie que proporcionó las condiciones de humedad más elevada y de temperatura (máximas y mínimas) menos severa

De manera general se aprecia en el cuadro 1 que la especie vegetal que presentó las más altas temperaturas no siempre corresponde a la que registra la humedad relativa más baja. En este sentido, los porcentajes registrados de humedad relativa tendieron a ser los más elevados durante el ciclo anual en *P. laevigata*, que estuvo seguido por *O. imbricata*; en cambio, los menores porcentajes correspondieron a *M. biuncifera*. Asimismo en un estudio realizado por Yeaton y Romero-Manzanares (1986) en el estado de Zacatecas encontraron que dentro de los mosaicos de vegetación, *M. biuncifera* y *O. cantabrigiensis* se distribuyen principalmente en la zona seca, lo que equivale a presentar altas temperaturas y bajas humedades en relación con aquellas especies localizadas en las zonas húmedas

Estos resultados fueron contrastantes en relación al parámetro de temperatura, ya que en los cuatro primeros meses (cuadro 1) los registros más altos correspondieron a *M. biuncifera* y *F. resinosa*, especies caducifolias que proporcionaron la menor área de cobertura foliar tomando en cuenta la época de retoño de dichas especies. En la cual no coinciden cronológicamente, ya que *P. laevigata* inicia primero el proceso de foliación, seguida por *M. biuncifera* y después *F. resinosa*, por lo que en septiembre las dos primeras presentan una mayor área foliar respecto a *F. resinosa*, pero posteriormente las primeras pierden su follaje y aumenta en la segunda

Contrario a lo esperado, el hecho de que las temperaturas más elevadas se presentaran en las especies caducifolias y no en aquellas que proporcionaron el sombreado mínimo (*O. imbricata*) se debió posiblemente a un incremento en la tasa de evaporación de la superficie del suelo bajo la copa de ellas que se presentó de septiembre a diciembre

Posterior a los primeros cuatro meses de la evaluación, siguió un periodo de dos meses correspondientes a enero y febrero, en los que se registraron las temperaturas ambientales más bajas de la estación invernal, donde la condición microclimática que proporcionó los niveles de temperatura más bajos (25.1°C a 28.6°C) y el porcentaje de humedad relativa más elevado (34.2 a 27.7%) correspondió a *P. laevigata*. De manera semejante, para fines de la estación de primavera se registró la temperatura ambiental más alta del ciclo anual y en la que no hubo aporte de humedad proveniente de la precipitación pluvial, de nueva cuenta *P. laevigata* fue la especie vegetal que proporcionó los mayores niveles de humedad relativa y las temperaturas más bajas respecto de las otras especies empleadas al registrar 33.6 % y 30.6°C respectivamente

Cuadro 1. Temperatura y humedad relativa registrada bajo 5 especies vegetales durante la sobrevivencia de *B. gracilis* de 1994-1995, en Santiago de Anaya, Hgo.

Especie vegetal	Humedad relativa (%)											
	septiembre	octubre	noviembre	diciembre	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	septiembre
<i>Flourensia resinosa</i>	34.6 d	16.4 bc	10.5 c	36.2 cd	28.5 bc	26.8 ab	11.7 c	16.3 b	29.3 b	48.8 b	51.9 b	47.3 c
<i>Mimosa biuncifera</i>	36.2 cd	14.6 c	10.4 bc	35.5 d	27.8 bc	24.1 bc	10.8 c	17.7 ab	29.1 b	49.1 ab	54.0 ab	50.0 ab
<i>Opuntia imbricata</i>	40.4 ab	18.5 ab	14.0 a	39.2 b	33.8 a	27.7 a	14.4 a	18.2 a	32.7 a	51.1 a	52.7 ab	50.0 ab
<i>Opuntia cantabrigensis</i>	36.1 cd	16.0 c	11.4 bc	41.7 a	26.9 c	22.3 c	11.3 c	18.8 a	28.7 b	49.2 ab	52.4 ab	48.6 bc
<i>Prosopis laevigata</i>	42.2 ab	18.5 a	13.4 ab	40.6 ab	34.2 a	27.7 a	13.2 b	18.2 a	33.6 a	50.9 a	52.9 ab	51.2 a
Suelo desnudo	38.5 bc	18.2 ab	11.1 bc	37.5 c	30.3 b	26.1 ab	13.1 b	17.8 ab	30.2 b	51.1 a	54.6 a	48.8 abc
Especie vegetal	Temperatura (°C)											
<i>Flourensia resinosa</i>	31.8 a	32.5 b	32.3 ab	29.8 a	27.5 b	30.2 ab	39.1 a	33.4 ab	32.1 ab	29.2 ab	24.9 bc	27.8 ab
<i>Mimosa biuncifera</i>	31.6 a	33.8 a	32.29 b	29.8 a	28.4 ab	32.6 a	38.6 ab	33.8 a	31.8 b	29.1 ab	26.2 a	28.0 a
<i>Opuntia imbricata</i>	29.5 ab	30.4 c	30.6 c	27.0 bc	26.2 cd	29.9 b	35.6 d	32.1 b	32.0 ab	29.5 a	26.1 a	27.1 ab
<i>Opuntia cantabrigensis</i>	28.9 bc	30.2 c	31.8 bc	25.2 c	26.6 cd	29.4 b	37.1 bc	32.4 ab	31.8 b	28.0 bc	24.2 c	26.8 b
<i>Prosopis laevigata</i>	30.6 ab	30.1 c	33.6 a	26.1 c	25.1 d	28.6 b	35.9 cd	33.6 a	30.6 c	27.2 c	24.5 bc	26.0 b
Suelo desnudo	31.7 a	32.6 b	32.6 a	28.5 ab	29.1 a	32.7 a	38.4 ab	32.7 ab	32.7 a	29.6 a	25.3 b	28.9 ab

Columna con literales negritas diferentes, indica análisis estadístico significativo ( $\alpha = 0.05$ ).



En el mes de julio, la temperatura ambiental registrada en la zona fue menor respecto al mes anterior, pero en cuanto a la humedad proporcionada por la precipitación pluvial fue nula nuevamente (fig. 12), esto sin embargo, para los mismos parámetros evaluados bajo la copa de todas las especies y el testigo presentaron los valores más altos de humedad relativa y los más bajos de temperatura de todo el ciclo que osciló de 51.9 a 54.6% en el primer caso, y de 24.2 a 26.2 °C en el segundo. Esto seguramente responde a las características climáticas de la estación de verano, aunque posiblemente los parámetros que debían reflejarlo no fueron correctamente registrados.

Al final del ciclo anual, la especie que proporcionó las condiciones con mayor porcentaje de humedad relativa (51.2%) y que coincide con la que registró la temperatura más baja (26°C) correspondió a *P. laevigata*. En cambio, la temperatura más alta se registró en el Suelo desnudo, determinado en gran parte por las condiciones cálidas de la estación de verano; mientras que la humedad relativa más baja la presentó *P. resinosa*, a causa probablemente de una mínima protección de su follaje contra la radiación solar registrada a las 13:00 horas para el mes de septiembre.

En el transcurso del ciclo anual, descartando solo los meses de marzo y abril, se apreció que la temperatura registrada bajo la copa de todas las especies empleadas la modificaron al abatir su efecto negativo en comparación a la registrada en el Suelo desnudo.

## GERMINACIÓN

El porcentaje y la velocidad de germinación que se alcanzó con los tratamientos aplicados a las semillas de *B. gracilis* procedentes de California, presentaron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre sí para cada parámetro determinado. En la figura 9 se ilustra que con el tratamiento de remojo en agua por 48 hrs se obtiene el porcentaje de germinación más elevado (58%), mientras que la prueba de remojo por 24 hrs alcanza un porcentaje menor (52%) con una diferencia mínima, pero presenta una velocidad más rápida para que brote la radícula en 1.73 días (Cuadro 2).

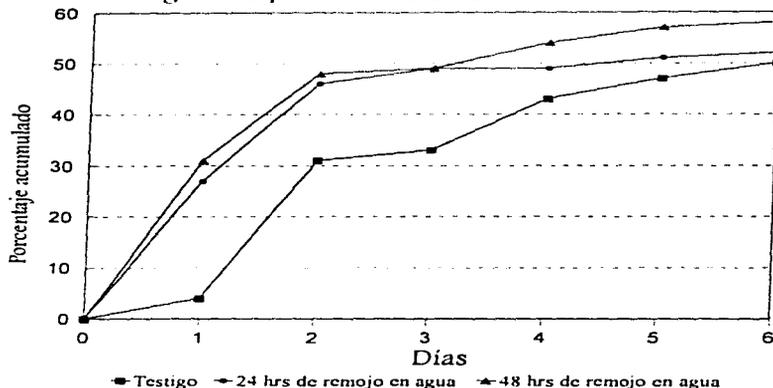
Por otro lado, este bajo resultado de germinación en general, fue consecuencia posible de una baja viabilidad de la semilla por su tiempo de almacenamiento no definido claramente ya que procedía de un lote comercial, contando entonces solo con la fecha de adquisición del lote más no el de colecta.

Aunque no se ha detectado el factor que determina la latencia en la especie, la aplicación de remojo en agua es uno de los tratamientos pregerminativos que la mejoran como en el trabajo realizado por Flores (1994), sin embargo, es probable que no se haya obtenido un porcentaje de germinación más alto en este estudio porque, como lo mencionan López y Ramírez (1996) es factible que las semillas de *B. gracilis* requieran un mayor tiempo de lavado, o bien la latencia no se debe únicamente a la presencia de inhibidores sino a factores internos que promueven la de una latencia mixta dada por inhibidores o embriones poco diferenciados.



Besnier (1989) señala que cuando la prueba de germinación se realiza bajo condiciones controladas y con tratamientos continuos de remojo en agua, permiten que las semillas se hidraten en forma regular y se eleve el porcentaje de germinación, al acelerar el proceso de transformación de las propiedades coloidales de esta y la permeabilidad de su membrana para iniciar el desarrollo de la plántula. En contraste, en condiciones de campo las semillas que se encuentran enterradas someramente están expuestas a ciclos de hidratación y deshidratación y ciclos de altas y bajas temperaturas que influyen negativamente en el porcentaje de germinación

Figura 9. Porcentaje de germinación de semillas de *Bouteloua gracilis* procedentes de California, E.U.A.



Prueba realizada en agosto de 1994.

Referente al aprovisionamiento hídrico para las semillas, Hartmann (1982) y Bidwell (1990) manifiestan que es de primordial importancia, ya que están en forma deshidratada cuando se encuentran almacenadas por un año o más y el remojo en ella por un tiempo determinado (12 y 24 hrs) acelera la velocidad del brote de la radícula y de igual manera aumenta el porcentaje de germinación como se muestra en los resultados de este trabajo, donde los dos tratamientos de remojo resultaron ser diferentes estadísticamente en comparación al testigo para ambos parámetros evaluados (ver figura 9).

Asimismo, Hartmann (1982), Gillet (1983) y Besnier (1989) establecen que las condiciones ambientales representadas por ciclos de altas y bajas temperaturas durante el día y la noche respectivamente que se presentaron durante la aplicación de los tratamientos y con una intensidad de radiación solar alta, permite que la velocidad y la germinación se acelere, como



se aprecia en la figura 9 con los resultados obtenidos de los tratamientos, por su parte Besnier (1989) señala que el 83 % de las especies de gramíneas forrajeras requieren de temperaturas alternas para poder romper el letargo de la semilla si lo presentaran.

Puntualizando en la velocidad de emergencia, Loomis y Connor (1992) establecen que las semillas que germinan en un lapso de tiempo corto se establecerán más rápidamente y tendrán mayor éxito que aquéllas que germinan en periodos más prolongados, asimismo en las zonas semiáridas las condiciones ambientales favorables para la germinación de las semillas y la emergencia de las plántulas son mantenidas por periodos más bien cortos que por periodos largos.

Para el caso del testigo donde la semilla se dispuso en forma seca, la hidratación de ella por el agua se da en ciclos más o menos lentos e intermitentes, por lo que la respuesta en la germinación y en la velocidad fueron menores y más retardados (ver cuadro 2).

Finalmente la prueba de germinación concluyó 6 días después de su inicio con un porcentaje máximo del 58%, mientras que Flores (1994) reporta un 30% para un lapso de 30 días, la diferencia de tiempo y de porcentaje se atribuye a la semilla que procede de lotes distintos y al tiempo de almacenamiento de la misma, a lo que McKell (1972) señala que si las semillas son viejas tienden a germinar y a crecer más lentamente, en cambio una tasa de crecimiento rápida de la plántula y de la raíz son características obvias del vigor de una semilla de colecta reciente que puede representar una ventaja distintiva en su establecimiento.

<b>Cuadro 2.- Porcentaje de germinación y velocidad promedio del brote de la radícula de semillas de <i>Bouteloua gracilis</i> procedentes de California, U.S.A.</b>		
<i>Tratamiento pregerminativo</i>	<i>Germinación (%)</i>	<i>Velocidad (días)</i>
Testigo ( 0 hrs)	50.0 c	1.14 a
24 hrs	52.0 b	1.73 c
48 hrs	58.0 a	1.87 b

Prueba realizada a mediados de 1994. Columna con literal negrita diferente, indica diferencia significativa a ( $\alpha=0.05$ ).  
 ■ valor máximo y ■ valor mínimo

Las consideraciones que se hicieron para determinar el tratamiento pregerminativo que se aplicó a las semillas de *B. gracilis* fueron un alto porcentaje de germinación con una rápida velocidad del brote de la radícula, en función de las óptimas condiciones de humedad que prevalecieron en la zona de estudio durante la fecha de siembra (figura 12). De este modo, el tratamiento de 24 hrs en remojo con un 52% de germinación a una velocidad de 1.73, cubrió las expectativas como se ilustra en la cuadro 2.



## EMERGENCIA

La siembra se realizó a finales de agosto de 1994, en condiciones hídricas del suelo favorables para satisfacer los requerimientos de esta especie, tomándose en cuenta que el periodo de lluvias estaba iniciado para la fecha en que se sembró, ya que los registros de precipitación pluvial fueron de 200, 75 y 80 mm para los meses de junio, julio y agosto respectivamente, como se aprecia en la figura 12 que hace referencia al climograma de la zona de estudio.

Durante el proceso de emergencia, el rápido crecimiento y extensión del sistema radical provocado por la hidratación previa de las semillas durante 24 hrs, que de acuerdo a Harper (1977 citado por Johnson y Asay, 1993), es un mecanismo que ayuda a las plántulas a evadir la sequía causada por la pérdida evaporativa del agua de las capas superficiales del suelo, cuando se alcanzan temperaturas por arriba de los 30°C, en este aspecto los registros se mantuvieron favorablemente en un rango de 22 a 32°C durante las tres primeras semanas junto con una alta humedad relativa que se aprecia en el cuadro 4, lo que se traduce en una menor demanda evaporativa del suelo y se reflejó en un mayor crecimiento de la parte radical y foliar de las plántulas

La emergencia de las plántulas registrada en las 5 especies vegetales y el testigo se presentó en la primera semana con un incremento significativo para la segunda obteniéndose en ella los máximos registros de emergencia (ver figura 10), lo cual concuerda con lo reportado por Riegel (1941) quien señala que la emergencia de la especie del suelo a partir de semilla, se presenta entre el tercer día y la segunda semana después de haber sido sembrada y que posteriormente el número de individuos que emergen disminuye.

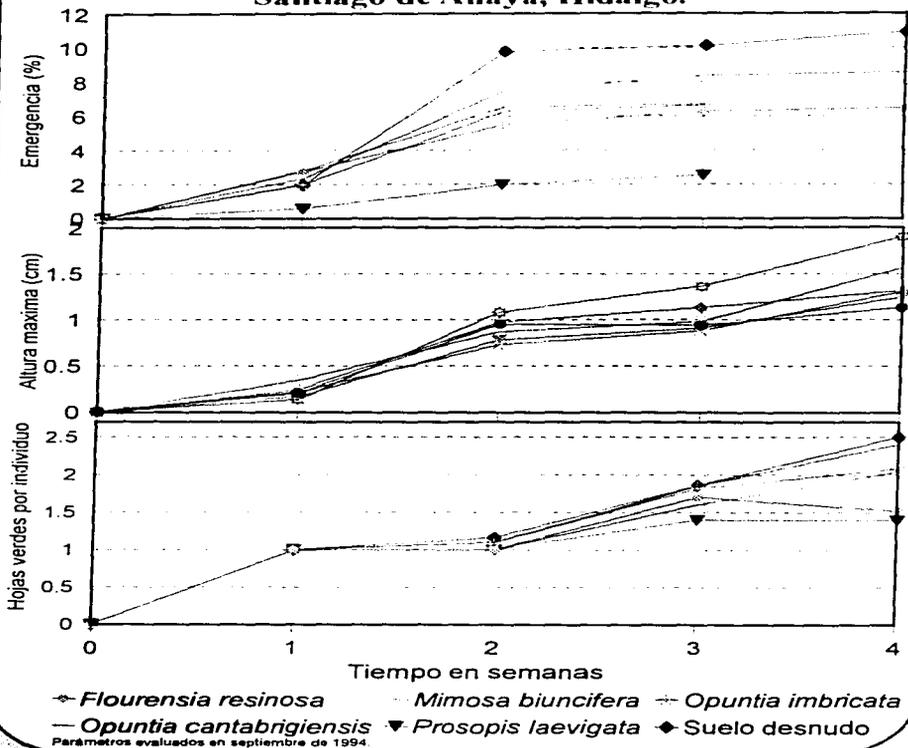
En el Suelo desnudo se presentó el porcentaje más alto de plántulas con un 10.93% y el más bajo en *P. laevigata* con un 2.52% ( $P < 0.05$ ) siendo diferentes estadísticamente entre ellos, en cambio los porcentajes que presentaron las demás especies fue muy parecido. Si bien en el Suelo desnudo, *O. cantabrigiensis*, *F. resinosa* y *P. laevigata* se registró su máximo porcentaje de emergencia para la tercera semana, en la segunda emergió el mayor número de plántulas en todas las especies vegetales y el suelo desnudo.

La forma de microdepresión que presentó el Suelo desnudo generó un área de captación de escorrentías de las precipitaciones pluviales, incrementada por la pendiente de la zona de estudio (4.5°), que probablemente favoreció la retención inicial de humedad que junto con las condiciones lumínicas fueron el factor determinante en esta etapa inicial de desarrollo de *B. gracilis*.

La capacidad de *B. gracilis* para crecer rápido durante la etapa de plántula es definido como el vigor de la misma que por medio del cual se incrementaría el establecimiento (Kneebone, 1972 citado por Johnson y Asay, 1993), dicho vigor se encuentra relacionado con su altura máxima y número de hojas verdes que corresponden al desarrollo vegetal. Respecto al primer parámetro, las máximas alturas registradas ocurrieron en *M. biuncifera* en las tres últimas semanas siendo estadísticamente diferente a *O. imbricata* en la segunda y tercera



**Fig. 10.- Emergencia y desarrollo vegetal de *B. gracilis* procedente de California bajo 5 especies vegetales en Santiago de Anaya, Hidalgo.**





semana y con *F. resinosa* en la última, mientras las demás fueron homogéneas (cuadro 3)

Referente al segundo parámetro (hojas verdes) del vigor, en las tres primeras semanas no se presentaron diferencias estadísticas, sin embargo y de forma similar que en la altura máxima en la última semana *M. huicifera* fue estadísticamente diferente a *P. resinosa* y *P. laevigata*, en esta última debido a las bajas condiciones de luz que proporcionó, afectaron el desarrollo del zacate manteniendo un número similar de hojas verdes entre la tercera y cuarta semana (cuadro 3)

**Cuadro 3.- Emergencia y desarrollo vegetal de *B. gracilis* procedente de California bajo 5 especies vegetales en Santiago de Anaya, Hidalgo.**

Especie Vegetal	Emergencia (%)			
	1 semana	2 semana	3 semana	4 semana
<i>Flourensia resinosa</i>	7.4 a	5.47 ab	6.25	*6.45 ab
<i>Mimosa huicifera</i>	7.7 a	6.52 ab	*6.70 ab	
<i>Opuntia imbricata</i>	1.96 a	6.26 ab	*6.66 ab	
<i>Opuntia cantabrigiensis</i>	2.31 a	7.47 ab	8.37	*8.55 ab
<i>Prosopis laevigata</i>	<b>0.56 a</b>	1.96 b	*2.52 b	
Suelo desnudo	1.95 a	9.77 a	10.1	10.93 a
Especie Vegetal	Altura máxima promedio por individuo (cm)			
<i>Flourensia resinosa</i>	0.21 ab	0.95 ab	0.94 ab	<b>1.13 b</b>
<i>Mimosa huicifera</i>	<b>0.14 b</b>	1.08 a	1.36 a	<b>1.90 a</b>
<i>Opuntia imbricata</i>	<b>0.22 ab</b>	0.73 b	0.88 b	1.30 ab
<i>Opuntia cantabrigiensis</i>	<b>0.34 a</b>	0.87 ab	0.98 ab	1.56 ab
<i>Prosopis laevigata</i>	0.17 ab	0.78 ab	0.91 ab	1.24 ab
Suelo desnudo	0.24 ab	0.97 ab	1.13 ab	1.31 ab
Especie Vegetal	Hojas Verdes promedio por individuo			
<i>Flourensia resinosa</i>	1.0 a	1.0 a	1.70 a	<b>1.52 b</b>
<i>Mimosa huicifera</i>	1.0 a	1.1 a	1.85 a	<b>2.40 a</b>
<i>Opuntia imbricata</i>	1.0 a	1.1 a	1.82 a	<b>2.08 ab</b>
<i>Opuntia cantabrigiensis</i>	1.0 a	1.0 a	1.60 a	<b>2.04 ab</b>
<i>Prosopis laevigata</i>	1.0 a	1.0 a	1.40 a	<b>1.40 b</b>
Suelo desnudo	1.0 a	1.16 a	1.86 a	<b>2.80 a</b>

Columna con literal negrita diferente indica diferencias estadísticas ( $\alpha=0.05$ ) \* indica la fecha donde se registró el máximo porcentaje de emergencia. **valor máximo** y **valor mínimo**

El mejor desarrollo vegetal del zacate presentado en *M. huicifera* se interpreta como señalan Virginia (1986), Valiente-Banuet *et al.* (1991b) y Franco y Nobel (1988) a que dicha planta es una leguminosa que se asocia con bacterias fijadoras de nitrógeno y que permiten incrementar la concentración de este nutrimento en la base de la misma y de manera importante le proporciona al zacate un sombreado no muy denso como el que desarrolla *P. laevigata* que también es una leguminosa. Asimismo Watson (1952 citado por Whyte *et al.*, 1975) afirma que al presentarse un alto contenido de nitrógeno en el suelo, permite incrementar el número de hojas y vástagos del zacate



**Cuadro 4. Temperatura y humedad relativa registrada bajo 5 especies vegetales durante la emergencia de *B. gracilis* en Santiago de Anaya, Hgo.**

Especie Vegetal	Temperatura (°C)			
	1 semana	2 semanas	3 semanas	4 semana
<i>Flourensia resinosa</i>	---	32.13 a	22.30 b	31.80 a
<i>Mimosa biuncifera</i>	25.18 a	26.21 d	22.17 b	31.35 a
<i>Opuntia imbricata</i>	25.57 a	29.40 bc	23.92 a	29.51 bc
<i>Opuntia cantabrigiensis</i>	25.50 a	31.76 ab	22.15 b	30.65 ab
<i>Prosopis laevigata</i>	25.92 a	27.50 cd	22.81 b	29.10 c
Suelo desnudo	25.92 a	26.89 d	22.69 b	31.69 a
Especie Vegetal	Humedad Relativa (%)			
<i>Flourensia resinosa</i>	---	38.20 b	72.50 a	34.60 c
<i>Mimosa biuncifera</i>	55.50 a	53.78 a	72.60 a	36.65 bc
<i>Opuntia imbricata</i>	53.19 c	46.50 a	69.37 b	46.42 a
<i>Opuntia cantabrigiensis</i>	54.05 bc	29.40 b	72.80 a	35.40 bc
<i>Prosopis laevigata</i>	53.70 bc	50.40 a	68.93 b	41.38 a
Suelo desnudo	54.75 ab	51.75 a	72.90 a	38.16 ab

Columna con literal negra diferente, indica análisis estadístico significativo ( $\alpha=0.05$ ) --- no se registró

*P. laevigata* fue la menos adecuada para la especie por el bajo número de individuos que emergieron y el raquítico desarrollo foliar registrado, de este resultado y en base a lo que reporta Cable (1969) se descartó la competencia radical entre ellas dado que el sistema radical de las plántulas por su reducido tamaño no permite que se traslapen, sino más bien interactuó la condición lumínica que constituyó el factor determinante durante la emergencia debido a que su denso follaje provocó una disminución de la radiación solar y por consiguiente de la cantidad de luz que se infiltra debajo de ella, lo que limitó el desarrollo inicial del zacate que presenta una vía fotosintética  $C_4$  insaturable, esto es señalado también por Miller y Werner (1987) y Fowler (1986) quienes trabajaron con gramíneas y arbustivas.

En general, las temperaturas registradas bajo cada especie vegetal apreciadas en el cuadro 4 se encuentran dentro del rango que establecen Wilson *et al.* (1976) y Briske y Wilson (1977) para el crecimiento favorable del zacate, cabe destacar que el incremento de la temperatura que se dio en la cuarta semana supone una influencia positiva en el crecimiento radical de las plántulas en 1.22 cm/día, incrementándose el número de raíces por individuo como señalan dichos autores; por lo tanto estas temperaturas junto con las condiciones de alta humedad promueven el desarrollo de las raíces adventicias a una mayor velocidad de crecimiento

En la cuarta semana existió una gran variabilidad entre la temperatura y humedad relativa registrada en cada especie vegetal como se muestra en el cuadro 4 debido a la sensibilidad del termohigrómetro empleado, ya que una disminución de la radiación solar fue provocada entre otros factores, por la presencia de nubosidad que resultó en una reducción de la temperatura del suelo, de forma similar Nobel y Geller (1987) señalan en su estudio que las nubes influyen en las condiciones microclimáticas al disminuir la temperatura y aumentar la humedad relativa.



De esta manera la humedad contenida en el suelo debida a la precipitación pluvial y a la aplicación del riego de 40 mm, proporcionaron las condiciones necesarias que requiere *B. gracilis* para la germinación y emergencia, así como para el desarrollo y sostenimiento de la raíz seminal y adventicia, que de acuerdo a lo reportado por Wilson y Briske (1978 y 1979) esta última se sitúa muy cercanamente a la superficie del suelo donde queda expuesta a la rápida desecación y severas condiciones del medio

Durante esta etapa no existió una influencia de la especie vegetal hacia las condiciones microclimáticas registradas bajo la copa, ya que dichas condiciones estuvieron influenciadas fuertemente por las ambientales (debido a las condiciones de nublado que provocaron descensos en la temperatura) y que se reflejaron en el desarrollo del zacate

## SOBREVIVENCIA

En el cuadro 5, el porcentaje de sobrevivencia del zacate registrado en las diferentes especies vegetales muestra que en septiembre no hubo diferencias estadísticas entre sí, sin embargo el valor máximo se registró en el Suelo desnudo con el 93% seguido por *O. cantabrigiensis* y *F. resinosa* que presentaron 91.5% y 90.7% respectivamente mientras que el mínimo correspondió a *O. imbricata* alcanzando 78.9%, y finalmente en un punto intermedio se encontraron *M. biuncifera* y *P. laevigata* con 82.5% y 80% respectivamente.

Aunque la diferencia observada entre las dos primeras especies y el Suelo desnudo fue mínima, en este último el porcentaje fue ligeramente mayor debido a las condiciones lumínicas y térmicas generadas por una radiación directa y a que no existieron limitantes hídricas; bajo estas condiciones Hyder *et al* (1971), Whyte *et al* (1975) y Briske y Wilson (1978) establecen que un aumento en la temperatura permite incrementar el número de plántulas, tallos y crecimiento foliar de *B. gracilis* y de igual manera se incrementa la velocidad de producción de hojas

Sin embargo, las condiciones registradas en el Suelo desnudo fueron contrarias a las precedidas, ya que en los espacios abiertos la radiación solar directa calienta la superficie y reduce la humedad del suelo a los niveles requeridos para la germinación resultando en una alta mortalidad en relación a la proporcionada por las especies vegetales (Valiente-Banuet y Ezcurra, 1991) pero no ocurrió así. Porque aún y cuando en el Suelo desnudo se registró una temperatura significativamente elevada de 31.7°C, también lo fue en *F. resinosa* y *M. biuncifera* que mantuvieron temperaturas de 31.8 °C y 31.6°C respectivamente que se refleja en la disminución de la humedad relativa registrada (cuadro 1) cuando el periodo de lluvias ya se había establecido

La diferencia casi nula observada en la sobrevivencia del zacate en el primer mes entre las distintas especies vegetales y el Suelo desnudo que se presentan en la figura 11 hace suponer que el desarrollo inicial de *B. gracilis* bajo las condiciones generadas por las distintas especies no influyen significativamente



Cabe mencionar que la humedad no fue un factor limitante en el primer mes de desarrollo, debido a que la siembra se realizó a mediados del periodo de lluvias de 1994 y concluyó a finales de octubre, permitiendo que el lapso de aprovisionamiento hídrico que tuvieron las plantas para su desarrollo durara dos meses, asimismo estuvo reforzado por una reserva hídrica en el suelo muy favorable ya que se presentaron registros superiores a los 65 mm en los tres meses anteriores a la siembra junto con el riego de 40 mm

En lo que se refiere al desarrollo vegetal del zacate (figura 11), mostró que la longitud de las plántulas en el primer mes no fue beneficiada preferencialmente por alguna de las especies vegetales o el testigo, aunque cabe mencionar que en *M. biuncifera* se registró el valor máximo con 1.88 cm y el mínimo en *P. laevigata* con 1.24 cm. En cuanto al número de hojas verdes desarrolladas por individuo, aquéllos que crecieron bajo la cobertura de esta última especie desarrollaron la menor área foliar con 1.4 hojas verdes promedio en comparación al Suelo desnudo que fue significativamente mayor con 2.56.

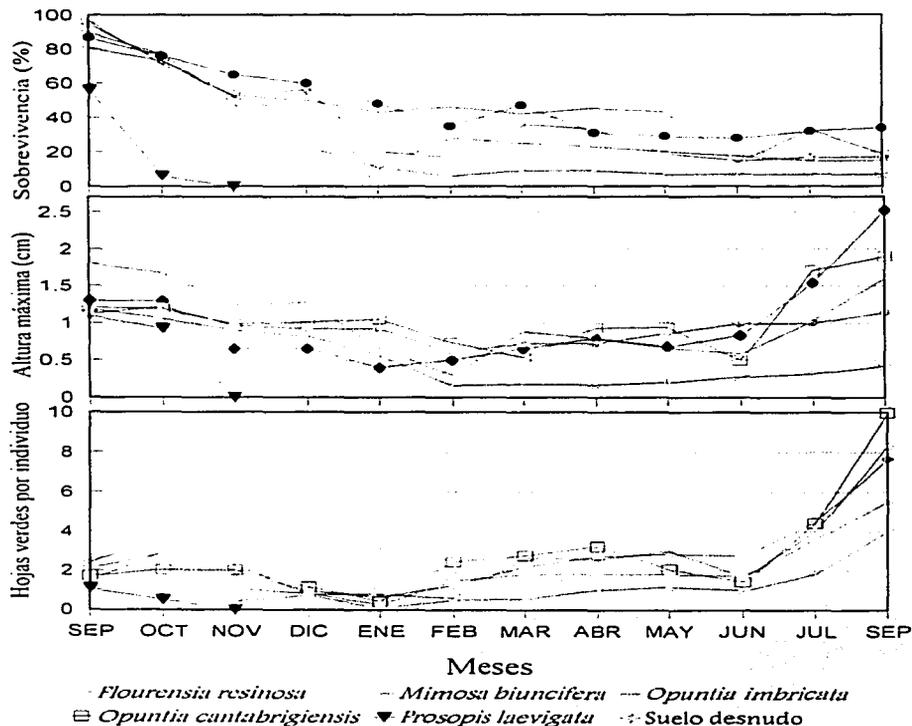
En el transcurso del mes de noviembre se apreció que la sobrevivencia y el raquitico desarrollo del zacate bajo *P. laevigata* decreció drásticamente debido al denso sombreado generado por su follaje que no permitió la incidencia de la radiación solar a ninguna hora del día, a la intensa herbivoría presentada por insectos y al pisoteo del ganado caprino y ovino que apacenta libremente en la zona, lo que ocasionó el deceso de todas las plántulas.

Al conjuntar los resultados de sobrevivencia y desarrollo vegetal (altura promedio y número de hojas verdes) de *B. gracilis* para el primer mes, pone de manifiesto que los individuos tuvieron una mejor respuesta en el Suelo desnudo y en *M. biuncifera* siendo mejor el primero para el crecimiento foliar y la segunda para el desarrollo foliar del zacate; una y otra condición coinciden en que en ellas se registraron las temperaturas más elevadas bajo su cobertura que se aprecian en el cuadro 1.

Después del primer mes de desarrollo, en *F. resinosa* los registros de sobrevivencia de *B. gracilis* fueron los más altos durante todo el periodo y en segundo término *O. cantabrigiensis* con valores muy próximos y que sólo en los meses de abril y julio fue mayor a todas las demás (figura 11).

La sobrevivencia de *B. gracilis* muestra una tendencia de presentar en las diferentes especies y en distintas épocas del año valores mayores en relación a los que se registraron en el mes anterior que son apreciadas en la figura 11, lo cual se debe a que tiene un carácter quiescente perdiendo la parte aérea durante los periodos de bajas temperatura y de sequía pero que mantiene latente la parte radical, lo cual dificulta registrar su sobrevivencia, pero cuando las condiciones hídricas le fueron favorables, rebrotó y fue posible advertir su presencia. La especie responde de igual manera ante los efectos de herbivoría, que en muchas ocasiones el corte de la parte aérea fue desde su base mostrando su capacidad de regeneración para reponerse a la presión de dicho factor.

**Fig. 11. Supervivencia y desarrollo vegetal de *B. gracilis* procedente de California bajo 5 especies vegetales en Santiago de Anaya, Hidalgo.**



La supervivencia se evaluó sólo con la presencia de tallos. Los parámetros fueron registrados de septiembre de 1994 a septiembre de 1995.



En el trimestre comprendido de noviembre a enero de la figura 11, la longitud máxima del zacate y su mayor desarrollo foliar se alcanzó en *O. cantabrigiensis* con valores que oscilaron de 1.13 a 1.32 cm y de 2.37 a 3.2 hojas verdes promedio con diferencias significativas sólo en noviembre, para ambos parámetros los valores disminuyeron durante el transcurso del trimestre bajo dicha especie aún y a pesar de que en diciembre la humedad se elevó a 41.7% en relación al 11.4 % registrado en el mes anterior del cuadro 1, lo cual fue influenciado por la precipitación pluvial ocurrida en ese mes que fue de 10 mm como se aprecia en la figura 12 y consecuencia lógica de la mortalidad natural que se presenta en dicho periodo por las severas condiciones características del periodo invernal, que se mencionaron anteriormente

El beneficio de *O. cantabrigiensis* en este periodo del desarrollo del zacate se atribuye al sombreado total proporcionado exclusivamente a las 13 00 hrs, ya que microclimáticamente presentó las temperaturas y humedades más bajas junto con *O. imbricata* en relación a las demás especies, otro factor que probablemente también influyó fueron las condiciones edáficas que son modificadas por dicha nodriza.

Además, desde el punto de vista metodológico la cobertura proporcionada en algunos de los individuos de las especies vegetales no cubrían totalmente los tres lotes dispuestos en la base de los mismos, por lo que generalmente los del lado derecho e izquierdo fueron afectados en mayor grado por las condiciones adversas del medio

Asimismo, las plantas de *B. gracilis* que desarrollaron las alturas mínimas se registraron en el Suelo desnudo, pero no sólo en este periodo sino para casi todo el ciclo anual excepto marzo y abril, en cambio los individuos desarrollados en la especie *F. resinosa* presentaron el menor desarrollo foliar (ver cuadro 5). Así, es posible afirmar que durante el periodo de sequía las especies vegetales influyeron en la sobrevivencia y desarrollo vegetal de la planta con base en que el porcentaje, la altura y el número de hojas verdes no disminuyen.

En los meses subsiguientes, de febrero a mayo, la eficiencia de las especies en cuanto al desarrollo vegetal en longitud y follaje del zacate navajita cambió respecto al trimestre anterior, puesto que los individuos con mayor longitud se desarrollaron en *M. buncifera* y los de menor desarrollo foliar en *O. imbricata* y Suelo desnudo

Respecto a la cilindropuntia *O. imbricata* que presentó una cobertura irregular con escasa ramificación, proyectó una sombra mínima durante gran parte del día por lo que no cubrió los 3 lotes experimentales establecidos, aunque el tamaño de la planta (excepto en *P. laevigata*) es mayor que las otras dos especies (1 a 2 metros de altura), afectó el desarrollo vegetal de la especie.

En cambio, en el Suelo desnudo se incrementó la tasa de mortalidad de *B. gracilis* durante la estación invernal, atribuido de igual manera como lo señala Winsa y Bergsten (1994) a las heladas que dañan a las plantas al no presentar una cubierta vegetal que amortiguara su efecto nocivo, en contraste, durante la estación de primavera se registraron temperaturas alrededor de los 50°C que de acuerdo a Whyte *et al.* (1975) suele ser un factor restrictivo

Cuadro 5. Sobrevivencia y desarrollo vegetal de *B. gracilis* procedente de California bajo 5 especies vegetales de 1994-1995, en Santiago de Anaya, Hgo.

Especie vegetal	Sobrevivencia (%)											
	septiembre	octubre	noviembre	diciembre	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	septiembre
<i>Flourensia resinosa</i>	90.7 a	82.5 a	70.5 a	65.9 a	58.1 a	56.4 a	63.8 a	46.2 a	44.4 a	29.6 a	33.3 a	37.9 a
<i>Mimosa biuncifera</i>	82.5 a	68.9 a	55.3 a	62.1 a	33.5 ab	24.4 ab	47.0 abc	33.0 a	29.8 ab	27.0 a	26.6 a	26.6 a
<i>Opuntia imbricata</i>	78.9 a	73.4 a	35.6 ab	14.7 b	12.4 b	8.8 b	10.1 cd	10.1 a	8.8 b	8.8 a	8.8 a	8.8 a
<i>Opuntia cantabrigiensis</i>	91.5 a	91.7 a	64.3 a	58.5 b	53.3 a	53.7 a	51.3 ab	48.7 a	34.6 ab	21.6 a	39.4 a	26.4 a
<i>Prosopis laevigata</i>	80.0 a	40.0 a	0.0 b	0.0 b	0.0 b	0.0 b	0.0 d	0.0 a	0.0 b	0.0 a	0.0 a	0.0 a
Suelo desnudo	93.0 a	72.2 a	54.3 a	42.1 ab	9.85 b	28.0 ab	23.5 abd	23.0 a	20.4 ab	16.3 a	16.3 a	16.3 a
Especie vegetal	Altura máxima promedio por individuo (cm)											
<i>Flourensia resinosa</i>	1.31 a	1.17 bc	0.91 ab	0.87 a	0.82 a	0.85 a	0.77 a	0.88 a	1.07 a	1.16 a	1.27 a	1.5 b
<i>Mimosa biuncifera</i>	1.88 a	1.71 ab	1.31 ab	1.31 a	0.83 a	1.59 a	1.86 a	1.28 a	1.84 a	0.77 a	1.42 a	2.4 ab
<i>Opuntia imbricata</i>	1.28 a	1.06 a	0.87 ab	0.95 a	0.91 a	1.56 a	1.73 a	0.68 a	0.83 a	1.13 a	1.30 a	1.66 ab
<i>Opuntia cantabrigiensis</i>	1.45 a	1.67 ab	1.30 a	1.32 a	1.13 a	0.99 a	0.82 a	1.16 a	1.18 a	1.15 a	1.92 a	2.32 ab
<i>Prosopis laevigata</i>	1.24 a	2.0 a	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Suelo desnudo	1.30 a	1.19 ba	0.84 b	0.85 a	0.78 a	0.71 a	0.89 a	0.97 a	0.85 a	1.11 a	2.05 a	3.25 a
Especie vegetal	Número de Hojas Verdes promedio por individuo											
<i>Flourensia resinosa</i>	1.52 b	3.0 bc	1.9 a	1.6 a	1.15 b	1.75 a	2.6 a	2.1 a	2.8 a	2.1 a	3.2 a	6.7 a
<i>Mimosa biuncifera</i>	2.33 a	4.2 a	2.6 a	2.4 a	1.27 b	1.56 a	3.7 a	3.7 a	3.3 a	3.7 a	4.7 a	10.2 a
<i>Opuntia imbricata</i>	2.24 a	2.8 ba	1.9 a	2.8 a	1.87 ab	2.80 a	3.7 a	4.1 a	4.6 a	4.0 a	7.3 a	16.0 a
<i>Opuntia cantabrigiensis</i>	2.2 ab	3.7 ab	3.2 a	2.6 a	2.37 a	2.90 a	3.3 a	4.0 a	3.0 a	2.9 a	5.6 a	10.7 a
<i>Prosopis laevigata</i>	1.4 b	1.6 c	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Suelo desnudo	2.86 a	3.45 ab	2.9 a	2.3 a	1.25 b	1.82 a	3.7 a	4.2 a	3.5 a	3.4 a	6.4 a	11.1 a

Columna con literales negritas diferentes indican diferencias estadísticas significativas ( $\alpha=0.05$ ) -- ausencia de individuos ■ valor máximo □ valor mínimo



durante gran parte del año, y la mayoría de las gramíneas perennes se marchitan hasta el nivel del suelo durante la estación seca. Wilson y Briske (1978) mencionan que bajo estas condiciones se genera en consecuencia, un aumento en la tasa de transpiración de las plántulas lo que significó un crecimiento raquítico en un periodo donde no se presentaron eventos de precipitación pluvial.

En este sentido, cabe señalar también que los resultados sugieren que es posible maximizar el aprovechamiento de la humedad contenida en el suelo al realizar la siembra desde el inicio del periodo de lluvias, de tal manera que los individuos cuenten con un mayor tiempo bajo condiciones favorables de humedad para el desarrollo y crecimiento de la especie en estudio.

En el cuadro 5 que hace referencia al climograma de la zona de estudio, se aprecia que para el trimestre de febrero a mayo las condiciones térmicas e hídricas corresponden a la estación más seca en la cual se registraron las temperaturas máximas y la correspondiente humedad relativa mínima, que se atribuyó a los cambios inherentes de la estación de primavera donde las condiciones climáticas se hacen más cálidas y secas. Sin embargo las condiciones hídricas y térmicas que en ese mismo periodo se generaron bajo la copa de las nodrizas fueron las más extremosas del ciclo causadas por la estacionalidad que incrementa la radiación e irradiación de la energía solar recibida.

De esta forma, se considera que la estación invernal es de singular importancia debido a las bajas temperaturas que se presentan, pues el follaje comienza a secarse iniciando un estado de quiescencia según es mencionado por Riegel (1941), en el cual el pasto puede permanecer sin que presente daños serios, siempre y cuando sea vigoroso y este provisto de abundante reserva alimenticia, de lo contrario, la especie podría permanecer en quiescencia sólo un breve tiempo. Wilson y Briske (1979) y Winsa y Bergsten (1994) señalan que la plántula debe desarrollar las raíces adventicias antes de finalizar la estación de crecimiento para que durante el invierno sea capaz de proveer agua al sistema radical, o de otra forma perecerá.

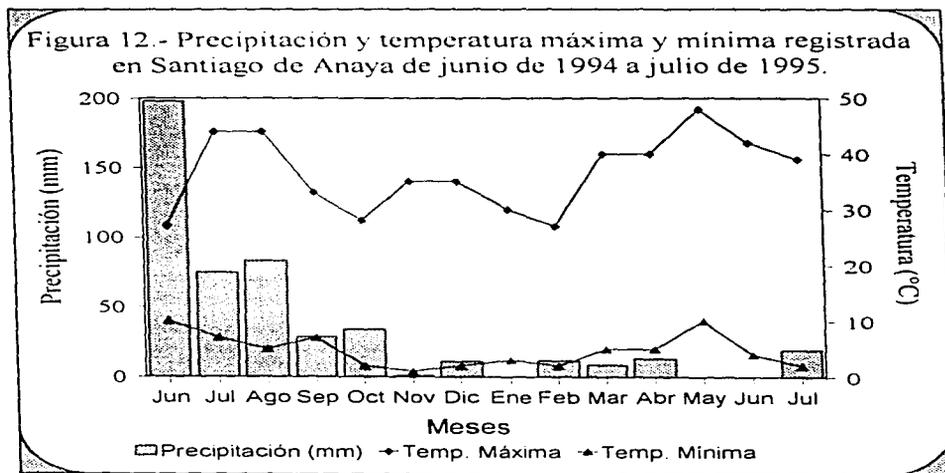
Posteriormente, en el mes de junio no se apreció alguna condición que favoreciera el desarrollo longitudinal de *B. gracilis*, en cambio para los meses de julio y septiembre el punto máximo de este parámetro se manifiesta en el Suelo desnudo y el mínimo en *F. resinosa*; cuando las condiciones climáticas aquí evaluadas son menos drásticas en comparación al periodo anterior que se refleja en las condiciones microclimáticas evaluadas bajo las nodrizas.

Aún y cuando la dinámica descrita en las condiciones climáticas generadas bajo la cobertura de las nodrizas a lo largo del año puso de manifiesto varios periodos bien definidos donde las especies vegetales favorecieron en mayor o menor grado las etapas de desarrollo de la especie, se observó que a lo largo del ciclo anual las condiciones de temperatura y humedad relativa tendieron a ser mejores en *P. taevigata* al haber registrado los valores mínimos y máximos respectivamente, respecto de cualquier otra condición durante el lapso comprendido de enero a septiembre, con excepción de los meses de marzo y abril.



En primera instancia, el sombreado proporcionado por el mezquite que indujo una influencia en la reducción de las temperaturas durante el ciclo anual se debió haber traducido según Vandenberg y Williams (1992) en un beneficio para la germinación y emergencia que contribuye a un mejor desarrollo de las plantas bajo la copa, sin embargo la baja intensidad de luz recibida bajo la copa de *P. laevigata* provocó un bajo número de individuos emergidos del zacate y que eventualmente fueron disminuyendo hasta hacerse nulo para el mes de noviembre como se aprecia en la figura 4

Aunque el mezquite presenta un marcado incremento en las concentraciones de nitrógeno debido a la descomposición del mantillo que se acumula debajo de su copa (Virginia, 1986) en relación al Suelo desnudo, permite el crecimiento de otras plantas bajo su copa conceptualizándose por ello como "islas de fertilidad", sin embargo la principal limitante para el desarrollo del zacate navajita fue la luz, quedando demostrado que el denso sombreado proporcionado por *P. laevigata* tuvo una influencia negativa sobre el crecimiento de la especie, lo cual coincide con lo obtenido por Shoot y Pieper (1985) y Fowler (1986).



En lo que respecta al desarrollo foliar de *B. gracilis* para marzo y abril en la condición de Suelo desnudo desarrolló la mayor área foliar, mientras que para el mes de mayo a julio se registró en *O. cantabrigiensis*, finalizando el periodo en el Suelo desnudo nuevamente. Su contraparte, el desarrollo mínimo se presentó en *F. resinosa* desde marzo hasta finales del ciclo.

Retomando la influencia de las especies vegetales sobre el microclima creado bajo su copa durante el ciclo anual, se hace evidente que en los periodos húmedos generados por las precipitaciones pluviales las especies no influyen determinadamente sobre su microambiente desde el punto de vista de la modificación del ambiente físico y de la protección de las plántulas contra la radiación y la pérdida excesiva de agua debido a que en este periodo no son los factores determinantes, en cambio, al encontrarse bajo condiciones de sequía constituyen el factor fundamental para la sobrevivencia de las plántulas

Reader y Bonser (1993) establecen que cuando los factores abióticos son favorables permiten una mayor producción de tallos, que se incrementan con el ramoneo moderado, además dichos autores ubican en forma primordial a los factores abióticos y en segundo término a los bióticos.

Es factible que la etapa de emergencia de *B. gracilis* no haya sido afectada por ninguna de las especies vegetales empleadas ya que el crecimiento está sustentado por las reservas de la semilla, sin embargo la sobrevivencia de la especie durante la temporada de sequía que se presenta en invierno y primavera sólo se puede lograr en un micrositio favorable en el que las nodrizas vegetales cumplen un papel determinante. No obstante si no hay un mínimo de luz incidente sobre la misma no se desarrollará como en el caso de *P. laevigata*, debido a que el zacate presenta una vía fotosintética  $C_4$  lo cual promueve un mayor crecimiento y capacidad para competir bajo condiciones ambientales de altas temperaturas y luz, según es mencionado por Percy y Ehleringer (1984 citados por Bowman y Turner, 1993). Además, Torquebiau y Akyeampong (1994) mencionan que cuando la humedad y fertilidad del suelo son adecuadas, las individuos (árboles y cultivos) asociados compiten por otro factor que más comúnmente llega a ser limitante como la luz.

La influencia del sombreado en el desarrollo de la especie en el presente estudio marca diferencias respecto al realizado por Cruz (1992), donde establece que con un sombreado del 75% proporcionado de manera artificial se logra un mejor desarrollo de las plantas en una relación directamente proporcional al incremento del sombreado, esto sugiere que la dinámica generada por el factor biótico, especies vegetales, además de la temperatura y humedad esta implicado en su sobrevivencia



## ESTABLECIMIENTO

En esta última fase del desarrollo del zacate, la especie vegetal donde se mantuvo el mayor porcentaje de individuos correspondió a *F. vesmosa* (37.9%), considerándose establecidas por haber superado condiciones adversas durante la estación invernal que fue registrada entre los meses de noviembre a enero, en el cual se presentaron los cambios más drásticos en la sobrevivencia, disminuyendo el porcentaje para el mes de enero en *M. biuncifera*, *O. imbricata* y Suelo desnudo, sin embargo *F. vesmosa* y *O. cantabrigiensis* fueron las que proporcionaron una mayor protección ya que no tuvieron cambios considerables (cuadro 5).

De igual forma, este comportamiento se observa en el desarrollo vegetal de los individuos reflejado principalmente en el número de hojas verdes por planta que disminuyó, sin apreciarse influencia o protección de las nodrizas vegetales debido a que se registran valores similares con el Suelo desnudo, aunque posteriormente se incrementa por las ligeras precipitaciones ocurridas en los meses de febrero, marzo y abril para todas las especies vegetales.

Para la última fecha las condiciones de humedad son favorables para el desarrollo del zacate lo que permitió mantener el porcentaje de sobrevivencia, sin embargo esto no sucede con el desarrollo vegetal de las plantas que aumentan considerablemente su altura y número de hojas verdes; las alturas máximas correspondieron al Suelo desnudo debido a las condiciones lumínicas directas y al área de captación de escorrentías que permite acumular mayor humedad. En cuanto al desarrollo foliar, este fue registrado en mayor proporción en *O. cantabrigiensis* que se atribuye a las condiciones edáficas favorables que permiten un mejor desarrollo radical y aéreo del zacate.

El estudio se llevó a cabo en una zona abierta al pastoreo del ganado caprino y ovino, que junto con la herbivoría de insectos, constituyeron un factor importante en los resultados obtenidos de sobrevivencia y desarrollo vegetal entre cada una de las especies a lo largo del ciclo anual, la estimación de plantas afectadas por herbivoría fue de un 25% del total de plantas supervivientes.

Finalmente, en el cuadro 6 se resumen las etapas de desarrollo de la especie con los parámetros evaluados en esta fase experimental los cuales permiten apreciar las condiciones más favorables de cada especie vegetal, es decir, donde se obtuvieron los más altos porcentajes de sobrevivencia del zacate, así como el mayor desarrollo foliar y longitudinal.

De igual manera, se presentan las condiciones microclimáticas de temperatura y de humedad relativa con los registros mínimos y máximos respectivamente, que fueron medidos bajo la copa de las nodrizas y el Suelo desnudo durante todo el ciclo anual de evaluación y son indicados en el cuadro 7.

Cuadro 6.- Comparación de la influencia de 5 especies vegetales en las diferentes etapas de desarrollo de *B. gracilis* procedente de California en Santiago de Anaya, Hgo.

Etapa de desarrollo Periodo 1994-1995 Parámetro	Emergencia			Sobrevivencia												Establecimiento			
	septiembre			septiembre-noviembre			diciembre-febrero			marzo-mayo			junio-septiembre			septiembre			
	%	A m	No H V	%	A m	No H V	%	A m	No H V	%	A m	No H V	%	A m	No H V	%	A m	No H V	
<b>Especie vegetal</b>																			
<i>Flourenstia resinosa</i>				*			**			**			**					*	
<i>Mimosa bucnifera</i>		*	*		*			**		*		*							
<i>Opuntia imbricata</i>									*			*			**				
<i>Opuntia cantabrigiensis</i>				*	*	*	*	*	*	*	*	*	*						
<i>Prosopis laevigata</i>					*						*								
Suelo desnudo	*		*	*	*	*							*	*	*	*	*	*	

\*. Porcentaje de sobrevivencia, A m: Altura máxima en cm No H V: Numero de Hojas Verdes  
 \*\* La especie vegetal que más favoreció el parámetro indicado \* La segunda mejor especie vegetal respecto al parámetro indicado

Cuadro 7.- Comparación de la influencia de 5 especies vegetales en los parámetros microclimáticos registrados de 1994 a 1995 en Santiago de Anaya, Hgo.

Periodo 1994-1995 Parámetro	septiembre		septiembre-noviembre		diciembre-febrero		marzo-mayo		junio-septiembre				
	Temp (°C)	HR (%)	Temp (°C)	HR (%)	Temp (°C)	HR (%)	Temp (°C)	HR (%)	Temp (°C)	HR (%)	Temp (°C)	HR (%)	
	<b>Especie vegetal</b>												
<i>Flourenstia resinosa</i>													
<i>Mimosa bucnifera</i>													
<i>Opuntia imbricata</i>	*	*	**	**	*	**	*	**		*		*	
<i>Opuntia cantabrigiensis</i>	*		**		*	*				*			
<i>Prosopis laevigata</i>		*	*	**	*	**	*	*	*	*	*	*	*
Suelo desnudo				*						*		*	

Temp: Temperatura en °C, HR: Humedad relativa en porcentaje  
 \*\* La especie vegetal que más favoreció el parámetro indicado \* La segunda mejor especie vegetal respecto al parámetro indicado



## VIII.- CONCLUSIONES DE LA PRIMERA FASE EXPERIMENTAL

Las semillas de *B. gracilis* remojadas en agua por 24 horas, corresponde al tratamiento más recomendable por los resultados obtenidos en el porcentaje de germinación (52%) y en la velocidad promedio para el brote de la radícula de la plántula (1 73 días )

Durante la etapa de emergencia de las plántulas del zacate las especies vegetales no presentaron una influencia significativa en su desarrollo. Asimismo la herbivoría presentada de alrededor de un 25 % afectó severamente su sobrevivencia posterior.

Las especies vegetales como *F. resinosa*, *M. huicifera* y *O. cantabrigiensis* donde se registró el mayor porcentaje de sobrevivencia del zacate (37.9, 26.6 y 26.4 respectivamente) al final del ciclo, no fueron las más propicias para el desarrollo vegetal de la especie.

La relación entre la temperatura y humedad relativa registrada en las diferentes especies vegetales no mantuvieron rigurosamente una relación inversamente proporcional.

La arquitectura y altura presentada por *O. imbricata* y *P. laevigata* fueron determinantes en el raquitico desarrollo vegetal y el bajo -o nulo- establecimiento del zacate.

*P. laevigata* mantuvo las menores temperaturas y mayores humedades durante casi todo el ciclo, siendo diferente estadísticamente al suelo desnudo en la mayoría de los meses; dichas condiciones serían favorables para el establecimiento de otras especies vegetales.

La temperatura y humedad relativa generadas por las especies vegetales juegan un papel importante en el desarrollo del zacate en sus diferentes etapas de desarrollo, sin embargo las condiciones edáficas generadas por ellas podrían influir en su desarrollo.

Para *B. gracilis*, las especies vegetales adquieren importancia funcional cuando las condiciones ambientales son adversas para su sobrevivencia, de esta manera en la estación de invierno y primavera, las especies *O. cantabrigiensis* y *F. resinosa* se reafirman como las que proveen la mayor protección contra las temperaturas extremas y las bajas humedades, al presentar los mayores porcentajes de sobrevivencia y desarrollo vegetal.

*F. resinosa* es una especie endémica y dominante en la zona de estudio por lo que presenta altas posibilidades de incrementar la cobertura vegetal de las gramíneas de la zona, lo que permitiría revertir el efecto de la erosión y la degradación de los agostaderos semiáridos.

Es así como se comprueba que al menos de las especies vegetales estudiadas de la zona, algunas resultaron ser nodrizas de *B. gracilis*, con la cual se puede dar una alternativa digna de consideración para la rehabilitación de los agostaderos áridos y semiáridos del Altiplano Mexicano.



## IX.- FUNDAMENTO DE LA SEGUNDA FASE EXPERIMENTAL A PARTIR DE LOS RESULTADOS DE LA PRIMERA FASE

Con base en los resultados obtenidos de la primera fase se decidió retomar como nodrizas vegetales a *F. resinosa*, *O. cantabrigiensis* y *M. huicifera*, asimismo, se reconsideró la fecha de siembra y la utilización de otra procedencia de semilla

La siembra se realizó a principios de la estación de lluvias con el fin de que los individuos tuvieran un período húmedo más prolongado y les permitiera tener un mayor desarrollo vegetal y radical

En cuanto a la semilla empleada, debido a que el lote comercial proviene sin lugar y fecha precisa de colecta, se empleó semilla cuya procedencia nacional presentaba lugar y fecha de colecta conocida, para este caso de la localidad Molino de las Flores, Texcoco, en el Estado de México, donde se adquirió el material biológico

Tomando en cuenta la rápida capacidad de respuesta de la semilla del lote de Texcoco ante las condiciones de humedad para llevar a cabo el proceso de germinación, por ser un mecanismo acorde al hábitat templado al que pertenece donde el recurso hídrico no es limitado como en la zona de estudio, se realizó otro tratamiento pregerminativo con menor tiempo de remojo, que consistió de solo 12 00 horas

En la siembra se redujo el tamaño y el número de los lotes, quedando solo 2 por especie con un área de 100 cm<sup>2</sup> cada uno (10x10 cm), ya que el área que ocupan las plántulas es reducido y no germina o emerge el 100 % de las semillas y plántulas. En consecuencia el número de repeticiones también se incrementó a 8 por cada especie y el testigo.

La especie *F. resinosa* evidentemente fue considerada para emplearla en la segunda fase porque registró los máximos valores de establecimiento al concluir el ciclo, asimismo presenta una alta densidad poblacional en la zona de estudio. También se consideró que esta especie no fue la más adecuada para el desarrollo vegetal del zacate, por lo que se empleó a *O. cantabrigiensis*, condición donde los individuos alcanzaron el máximo desarrollo vegetal.

Con respecto a *M. huicifera* la arquitectura y altura que presenta es menos cerrada lo que favorece la infiltración de una mayor radiación solar, que determina el desarrollo y establecimiento del zacate, a diferencia de *P. luevigata*

El estudio de las condiciones edáficas del suelo colectado bajo la copa de las especies vegetales puede aportar elementos como la concentración de nutrientes, contenido de sales y materia orgánica entre otros, así como el registró de los parámetros microclimáticos se realizó a las 16:00 hrs para dilucidar más ampliamente el proceso de nodrizaje vegetal y obtener un mejor aprovechamiento para el establecimiento de *B. gracilis*, así como de otras especies vegetales de importancia ecológica y económica.



## X.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LA SEGUNDA FASE EXPERIMENTAL

### CONDICIONES DE NODRIZAJE VEGETAL

En forma general, el comportamiento microclimático (que considera los resultados obtenidos en ambos horarios) registrado bajo las nodrizas a lo largo del estudio, mostraron periodos bien definidos que señalan a los meses de agosto y octubre los más cálidos, mientras en diciembre se alcanza la máxima humedad relativa bajo las nodrizas

Sin embargo, en la mayoría de las fechas en que se evaluó la temperatura y humedad bajo las nodrizas en ambos horarios, hubo diferencias significativas de ambos parámetros entre el horario de las 13.00 hrs y las 16.00 hrs, y entre los mismos parámetros generados por las nodrizas para cada horario

En el mes de julio, las condiciones hídricas y térmicas propiciadas por las nodrizas alcanzaron niveles medios en relación a los obtenidos en meses posteriores, en esta fecha la temperatura registrada en *O. cantabrigiensis* para ambos horarios fueron las más bajas en comparación a las demás nodrizas, en contraste, para la humedad relativa la condición de Suelo desnudo presentó los porcentajes más altos para los dos horarios.

En los meses de agosto y octubre los micrositiros estudiados presentaron rangos de temperatura que variaron en forma mínima (aproximadamente 1 o 2°C) entre ambos horarios y ciertamente fueron los más elevados de todo el periodo (ver cuadro 8), de modo que las condiciones proporcionadas fueron las más calurosas, debido a la incidencia de los rayos solares directos y a la irradiación del suelo que elevó su tasa de evaporación como mencionan Nobel y Geller (1987), sin embargo se puede destacar que *O. cantabrigiensis* fue la nodriza que registró las temperaturas más bajas y humedades relativas más alta para dichos meses en el horario de las 16.00 hrs

Respecto a la humedad relativa, el incremento fue moderado entre un horario y otro, al presentar diferencias que fluctuaron entre 5 y 7%, cabe mencionar que solamente para el mes de julio éste parámetro bajo todas las nodrizas y el Suelo desnudo fue significativamente mayor en el horario de las 13.00 hrs que a las 16.00 hrs, manteniendo un comportamiento inverso en el transcurso de la evaluación (ver cuadro 8)

En el cuadro 8 se aprecia que las diferencias que se presentaron en los porcentajes de humedad relativa en función del horario fueron significativamente más evidente en los dos últimos meses, ya que para el mes de diciembre se registraron las temperaturas más bajas en un rango que osciló de 15.6 a 20.5°C con un aumento considerable en la humedad relativa de 57.9 a 72.6%, sin embargo, para el mes de febrero se incrementa ligeramente la temperatura y se registran porcentajes de 10.5 a 27.8% de humedad disminuyendo drásticamente

Cuadro 8.- Temperatura y humedad relativa registrada en dos horarios durante la sobrevivencia de *B. gracilis* bajo 3 especies de nodrizas vegetales en Santiago de Anaya, Hgo.

	Temperatura (°C)											
	julio		agosto		septiembre		octubre		diciembre		febrero	
Nodrizas Vegetales	13 hrs	16 hrs	13 hrs	16 hrs	13 hrs	16 hrs	13 hrs	16 hrs	13 hrs	16 hrs	13 hrs	16 hrs
<i>Flourensia resmosa</i>	27.5 b	31.5 a	31.4 ab	32.9 a	25.2 ab	24.8 abc	30.9 ab	31.9 a	20.3 a	15.8 c	30.2 a	23.9 cde
<i>Mimosa biuncifera</i>	28.3 b	31.6 a	31.4 ab	32.1 ab	25.2 ab	23.4 c	31.4 ab	31.2 ab	19.9 a	15.8 c	29.9 ab	23.2 c
<i>Opuntia cantabrigensis</i>	26.3 b	27.7 b	31.8 ab	30.9 b	24.4 abc	23.9 bc	31.0 ab	30.3 b	18.8 b	15.6 c	28.9 abd	26.8 bcd
Suelo desnudo	27.0 b	28.9 ab	31.9 ab	32.8 ab	25.7 a	24.8 abc	32.3 a	31.3 ab	20.5 a	15.8 c	30.7 a	23.4 de
Nodrizas Vegetales	Humedad Relativa (%)											
<i>Flourensia resmosa</i>	52.3 a	44.5 b	36.5 bc	38.7 ab	54.3 b	56.3 ab	26.8 a	22.6 b	57.9 c	71.1 a	12.5 c	27.8 a
<i>Mimosa biuncifera</i>	51.0 a	44.4 b	36.3 bc	38.7 ab	56.8 ab	61.1 a	25.2 ab	24.0 ab	58.1 c	71.6 a	11.9 cd	25.9 b
<i>Opuntia cantabrigensis</i>	51.6 a	44.0 b	34.8 c	41.1 a	57.6 ab	59.6 a	23.9 ab	27.3 a	61.8 b	72.6 a	10.5 d	27.3 ab
Suelo desnudo	54.8 a	45.6 b	36.4 bc	39.4 ab	57.6 ab	59.8 a	26.7 a	26.3 ab	58.6 c	72.6 a	12.0 cd	27.5 ab

Datos registrados de julio de 1996 a febrero de 1996. Los valores registrados difieren estadísticamente (P < 0.05) entre colonias y días de cada mes en cada parámetro.

Cuadro 9.- Propiedades físicas y químicas del suelo colectado bajo las 3 especies de nodrizas vegetales, en Santiago de Anaya, Hgo.

Nodrizas Vegetales	<sup>1</sup> C.E.	<sup>2</sup> D.A.	<sup>3</sup> M.O.	<sup>4</sup> N-Total	<sup>5</sup> Fósforo	<sup>6</sup> pH	<sup>7</sup> Textura		
	(µS/cm) (25°C)	(g/cm <sup>3</sup> )	(%)	(%)	(ppm)	(0-14)	Argila (%)	arena (%)	
<i>Flourensia resmosa</i>	296.75 a	1.07 a	6.03 a	0.547 a	1.00 a	7.88 a	30.21 b	11.54 a	58.25 a
<i>Mimosa biuncifera</i>	210.31 ab	1.04 a	6.59 a	0.53 a	0.913 a	7.87 a	30.22 b	10.52 a	59.12 a
<i>Opuntia cantabrigensis</i>	286.25 a	1.05 a	4.05 a	0.445 ab	0.907 a	7.89 a	35.04 a	11.95 a	53.44 a
Suelo desnudo	166.75 b	1.09 a	4.31 a	0.302 b	0.86 a	7.91 a	30.22 b	11.08 a	58.69 a

Suelo colectado en febrero de 1996. 1. C.E. conductividad eléctrica, conductometría; 2. D.A. densidad aparente, método de la probeta; 3. M.O. materia orgánica, método de oxidación con dicromato súa húmeda; 4. N-Total nitrógeno total, digestión-trazado Macro Kjeldahl; 5. Método de Olsen; 6. Potencial hidrógeno; 7. Método de Boussingault. Los valores registrados difieren estadísticamente (P < 0.05) para cada parámetro. ■ valor máximo y □ valor mínimo.



Estas altas humedades registradas en el mes de diciembre pueden ser originadas por las heladas y corrientes de aire frío que vienen cargados de humedad en forma de neblina, más que la aportada por las precipitaciones pluviales que en este periodo son poco frecuentes, en cambio, para el mes de febrero la dinámica de ambos parámetros fueron modificados por la influencia de las condiciones ambientales de la estación, que provocaron la disminución de la humedad relativa con un ligero incremento en la radiación solar que no afectó de manera importante la pérdida de humedad del suelo ya que la evaporación de este disminuye durante la estación de invierno según lo establece Cable (1969) y Winsa y Bergsten (1994).

Asimismo, para inicios del invierno a las 13:00 hrs la nodriza que presentó los porcentajes más altos de humedad (61.8 %) correspondió a *O. cantabrigiensis*, la cual coincide para los meses más cálidos en mantener las condiciones microclimáticas más favorables, con bajas temperaturas y altos porcentajes de humedad relativa generados bajo su copa.

En el último mes que corresponde a febrero las condiciones microclimáticas en general (que incluye a todas las nodrizas y el testigo) fueron de temperaturas medias y humedad relativa baja, en comparación a las generadas durante los meses anteriores, para dicho mes la nodriza *O. cantabrigiensis* registró la temperatura y humedad relativa más baja en el horario de las 13:00 hrs, y la más cálida a las 16:00 hrs.

Por otra parte, en lo que a las características edáficas se refiere, en el cuadro 9 se observa que la mayoría de los parámetros fisicoquímicos evaluados señalan a *F. resinosa* y *M. biuncifera* como las especies con mejores condiciones edáficas en comparación a *O. cantabrigiensis* y el Suelo desnudo, ya que presentan -aunque por décimas- los niveles más bajos de pH con los más altos porcentajes de materia orgánica que oscilan alrededor del 6%, lo cual incrementa ligeramente la concentración de fósforo y el porcentaje de nitrógeno total, y de acuerdo a la densidad parecen indicar que el grado de compactación fue menor.

De esta manera se observa, que desde el punto de vista microclimático, *O. cantabrigiensis* es la nodriza que genera las mejores condiciones de temperatura y humedad relativa durante los periodos en los que la deficiencia hídrica y las temperaturas extremas se acentúan, en contraste, desde el punto de vista edáfico, las nodrizas que presentan las mejores condiciones correspondieron a *F. resinosa* y *M. biuncifera*.

## GERMINACIÓN

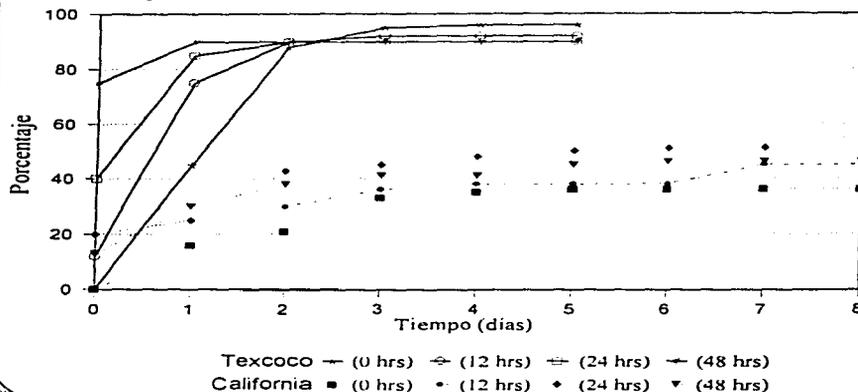
Los porcentajes de germinación obtenidos de los distintos tratamientos aplicados a las semillas de *B. gracilis* no presentaron diferencias estadísticas entre ellos para ninguna de las dos procedencias, sin embargo al comparar los resultados de acuerdo a las procedencias existieron diferencias significativas que se muestran en el cuadro 10.

En relación a lo anterior, se aprecia que la semilla del lote de Texcoco osciló entre el 90 y 96.67%, superando casi por el doble al lote de California que fue del 36.67 al 56.67%. Hartmann (1982) y Besnier (1989) señalan que los requerimientos específicos para la



germinación de la semilla se encuentran relacionados con las estrategias que posee la especie vegetal y con las condiciones ambientales en que se encuentra sometida.

**Figura 13. - Germinación de semillas de *B. gracilis* de dos procedencias con 4 tratamientos pregerminativos.**



De modo particular, el lote de Texcoco presentó un comportamiento inverso entre el porcentaje de germinación y el periodo de hidratación, manteniéndose dicha relación a su vez en la velocidad promedio de germinación donde las diferencias fueron significativas (cuadro 10), de esta manera el porcentaje máximo se alcanzó en el testigo con 96.67% y se obtuvo el mayor tiempo para germinar pues registró la velocidad más lenta con 1.58 días promedio para que brotara la radícula. En cambio para el lote de California la máxima germinación fue registrada en el pretratamiento de 24 hrs con la velocidad más lenta de 1.18 días para que brote la radícula.

Esta diferencia se atribuye a la fecha de colecta y a las condiciones ambientales de las cuales proviene el primer lote, donde la regularidad de las precipitaciones pluviales propician bajas temperaturas y altos porcentajes de humedad, favoreciendo en un mayor porcentaje de humedad de la semilla.

En relación al segundo lote, presentó velocidades de germinación más lentas, debido al tiempo y condición de almacenamiento que fue de alrededor de dos años y a su fecha y lugar de colecta que son inciertos, asimismo este lote requirió de mayor tiempo para su rehidratación por las condiciones de origen que se suponen se encuentra afectado por



severas limitaciones de humedad, generada por eventos de precipitación irregulares y escasos que condicionan a la semilla a asegurar la germinación bajo condiciones hídricas favorables para evitar la muerte por desecación y que solamente se presentan cuando el periodo de lluvias está bien establecido.

**Cuadro 10. Germinación y velocidad promedio del brote de la radícula de semillas de *B. gracilis* de dos procedencias, con 4 tratamientos pregerminativos.**

Tratamiento/Procedencia	% Germinación		Velocidad de Germinación	
	Texcoco	California	Texcoco	California
0 hrs (testigo)	96.67 a	36.67 b	1.58 a	0.76 abc
12 hrs	91.67 a	45.00 b	1.1 abc	1.13 ab
24 hrs	90.00 a	56.67 b	0.55 bc	1.18 ab
48 hrs	90.00 a	46.67 b	0.15 c	0.7 abc

Realizado en mayo de 1995. Literales negritas diferentes indican diferencias significativas ( $\alpha=0.05$ ) entre columnas y filas de cada parámetro. ■ valor máximo y ■ valor mínimo.

Un aspecto importante de resaltar en los tratamientos pregerminativos que se aprecia en la figura 13, es que un gran número de semillas de ambas procedencias desarrollaron la plúmula y radícula durante la aplicación de los mismos, lo que significa que las semillas germinaron antes de iniciar la prueba de germinación, por lo que en el tiempo cero que se marcó como el inicio fueron registradas para el lote de Texcoco 12, 40 y 75% de semillas germinadas con el tratamiento de 12, 24 y 48 hrs respectivamente, en cambio para el lote de California se registró el 20 y 13% con el remojo de 24 y 48 hrs. De esta manera el lote de Texcoco necesitó de menor tiempo de remojo en relación a California.

La selección del tratamiento pregerminativo estuvo sujeto a las condiciones climáticas hídricas prevalentes en campo bajo las cuales se realizó la siembra, la cual fue planeada para inicios del periodo de lluvias (junio de 1995), por lo que se consideró la velocidad más lenta y el tratamiento con el máximo porcentaje de germinación que junto con lo que establece Hartmann (1982) permite tener un proceso lento en la germinación que le concede a la plántula depender el mayor tiempo posible de las reservas del endospermo durante un lapso mayor de 2 a 3 días, ya que las lluvias ocurridas al inicio de la estación son irregulares y en periodos espaciados de tiempo (Besnier, 1989).

Fue así que el tratamiento aplicado al lote de California consistió en el remojo durante 24 hrs (igual que en la primera fase experimental) y para la semilla de Texcoco el tratamiento testigo que consistió en la ausencia de remojo, ya que germinó casi el 100% y aplicando el criterio de Hartmann (1982) las semillas se encuentran en forma quiescente y sólo necesitan de condiciones ambientales favorables para germinar, estos tratamientos aplicados permitieron que las semillas germinaran y emergieran lentamente mientras la humedad se incrementaba con la aportación de la precipitación.

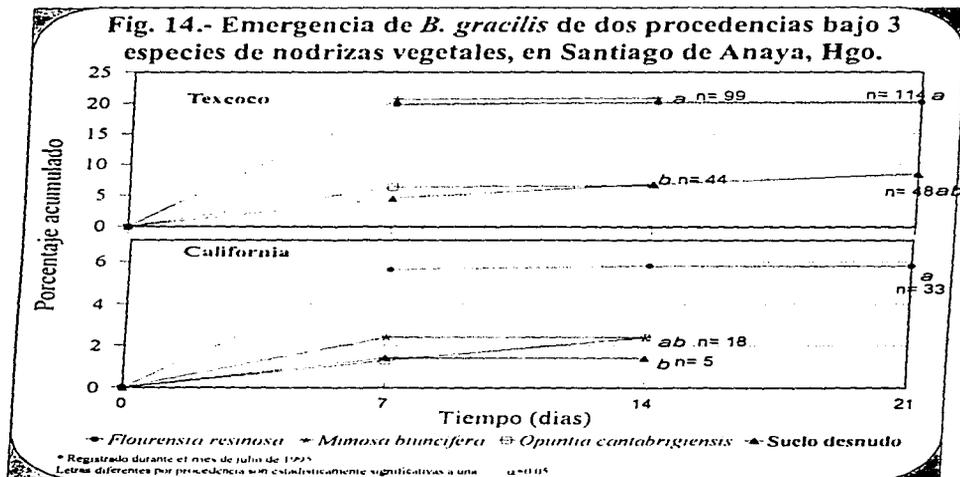
En relación a los resultados obtenidos en la primera fase experimental, dado que se empleó el mismo lote comercial para la semilla de California se apreció que la capacidad germinativa del lote disminuyó en el transcurso del tiempo, ya que para el año de 1994 presentaba un porcentaje de germinación en promedio del 53.3%, para 1995 fue del 46.2%. Esto se



atribuye al tiempo de almacenamiento y a las condiciones del mismo que provocaron cambios en las condiciones internas de la semilla conforme transcurre el tiempo, que se traduce en la disminución de su resistencia ante condiciones adversas en comparación a aquellas semillas totalmente viables, incrementándose con ello el lapso de remojo en agua necesario para alcanzar porcentajes de germinación más elevados (Hartmann, 1982).

## EMERGENCIA

La apreciación de la emergencia de *B. gracilis* en su conjunto (cuadro 11), mostró que los porcentajes obtenidos con el lote de Texcoco fueron superiores en relación al de California en todas las nodrizas vegetales y el Suelo desnudo. Aunque cabe aclarar que en el primer lote, de las tres especies de nodrizas empleadas y el testigo, en dos de ellas que fueron *F. resinosa* y *M. huicifera* presentaron porcentajes más altos de aproximadamente 20% respecto de *O. cantabrigiensis* y el Suelo desnudo en los que se registraron porcentajes de entre 6 y 8%.



El contraste obtenido en el porcentaje de emergencia de acuerdo a la procedencia fue similar a los registrados en las pruebas de germinación, aunque se duplicó la cantidad de semilla del lote de California en relación a la de Texcoco para evitar esta diferencia en la emergencia y obtener un porcentaje similar entre ambas para comparar el desarrollo vegetal, la



sobrevivencia y establecimiento de la especie, se observó que la procedencia influyó substancialmente en dichas diferencias

Cabe destacar por otro lado, que la emergencia que alcanzó la especie en ambas procedencias se mantuvo muy por debajo del porcentaje obtenido en las pruebas de germinación, causados por las condiciones diferenciales bajo las cuales se llevó a cabo cada una de las pruebas, ya que en la germinación las variables de humedad y luz estuvieron semicontroladas y la emergencia estuvo afectada por las deficiencias de humedad en el suelo, así como a la presión que este mismo ejerció sobre los individuos para emerger, aunado a la disminución de la radiación lumínica y de la aireación

La deficiencia hídrica, en el suelo (Johnson y Aguirre, 1991) y la profundidad de siembra (Redmann y Qi, 1992, Roundy *et al.*, 1993) fueron de fundamental importancia en esta etapa, porque contrario a lo planeado, los eventos pluviales no se presentaron con regularidad después de realizada la siembra y la profundidad a la que ésta se llevó a cabo (2 a 2.5 cm), fue ligeramente mayor de la recomendada por Orozco (1993), por lo que la emergencia de las plántulas del zacate fue severamente afectada

Y aunque la humedad inicial proporcionada por las precipitaciones ocurridas y por el riego de 40 mm que se aplicó les permitió a las semillas de Texcoco germinar y emerger, no fue lo suficiente ni se mantuvo el tiempo necesario para que emergieran los individuos de *B. gracilis* procedentes de California que demandaron de mayor tiempo para la rehidratación de las semillas, así como para la elongación y crecimiento de la plúmula y la radícula; también se atribuyó la baja tasa de emergencia como lo discute Van Haveren (1983), a la influencia de la presión y la textura pedregosa del suelo que aumenta las dificultades en la emergencia de los individuos y puedan alcanzar la superficie del suelo

Los resultados también fueron afectados por la diferencia en el tiempo de almacenamiento y por las condiciones a las que se sometieron las semillas, ya que las de California duraron aproximadamente dos años en bolsas de plástico transparente, a la obscuridad y en condiciones de laboratorio no controladas, lo cual disminuyó la capacidad germinativa en comparación a las de Texcoco que fueron colectadas a menos de un año de haberse empleado y guardado en condiciones semicontroladas. En relación a esto Thomson (1979) establece que durante la fase de almacenamiento la capacidad germinativa original sufre algún deterioro que se manifiesta en una proporción de respiración baja, pérdida de la actividad enzimática, lixiviación de solutos durante la hidratación de la semilla y vigor decreciente en el desarrollo de la plántula. De modo que el embrión pierde su capacidad para desarrollarse en una plántula normal

De igual forma Singh y Ambawatia (1989) establecen que una reducción en la germinación bajo estrés hídrico, es resultado de una baja hidratación, una disminución del transporte de agua y una restringida actividad metabólica, debido posiblemente a la edad de almacenamiento del lote, que como señalan McKell (1972) y Gutiérrez *et al.*, (1987) el vigor de la semilla disminuye conforme pasa el tiempo si no está almacenada en condiciones apropiadas; asimismo tiende a germinar más lentamente y se obtienen plantas con un

Cuadro 11.- Emergencia y desarrollo vegetal de *B. gracilis* de dos procedencias bajo 3 especies de nodrizas vegetales en Santiago de Anaya, Hgo.

Nodrizas Vegetal /Procedencia	Porcentaje de emergencia							
	1 semana		2 semana		3 semana		4 semana	
	Texcoco	California	Texcoco	California	Texcoco	California	Texcoco	California
<i>Flourensia resinosa</i>	19.8 a	5.64 a	2.16 a	5.8 a				
<i>Mimosa biuncifera</i>	20.63 a	2.4 a	2.8 a	* 2.4 a				
<i>Opuntia cantabrigiensis</i>	6.31 a	1.28 a	* 6.61 a	* 2.4 a				
Suelo desnudo	4.56 a	* 1.41 a	6.84 a		* 8.42 a			
Nodrizas Vegetal /Procedencia	altura máxima promedio por individuo (cm)							
<i>Flourensia resinosa</i>	0.25 bc	0.19 c	0.72 a	0.81 a	1.01 a	1.23 a	1.28 a	1.75 a
<i>Mimosa biuncifera</i>	0.2 bc	0.22 bc	0.73 a	0.59 a	1.04 a	1.0 a	1.16 a	0.96 a
<i>Opuntia cantabrigiensis</i>	0.6 a	0.52 a	0.93 a	0.94 a	1.13 a	1.16 a	1.2 a	1.36 a
Suelo desnudo	0.49 a	0.44 ab	0.95 a	0.9 a	1.16 a	1.2 a	1.24 a	1.3 a
Nodrizas Vegetal /Procedencia	Número de Hojas Verdes promedio por individuo							
<i>Flourensia resinosa</i>	1.0 a	1.0 a	1.0 a	1.0 a	2.04 ad	1.8 abd	2.23 a	1.72 a
<i>Mimosa biuncifera</i>	1.0 a	1.0 a	1.0 a	1.0 a	1.62 abcde	1.37 bcde	1.66 a	1.33 a
<i>Opuntia cantabrigiensis</i>	1.0 a	1.0 a	1.0 a	1.0 a	1.15 cde	1.0 e	1.23 a	1.43 a
Suelo desnudo	1.0 a	1.0 a	1.0 a	1.0 a	1.1 cde	1.0 de	1.4 a	1.0 a

Literales negritas indican diferencias significativas ( $\alpha=0.05$ ) entre columnas y filas de cada semana \* señala la semana donde se registró el máximo porcentaje de emergencia

■ valor máximo y ■ valor mínimo

crecimiento lento y que no son capaces de resistir condiciones ambientales desfavorables como las apreciadas para la procedencia de California

En la mayoría de las nodrizas la emergencia ocurrió durante la primera semana como se aprecia en el cuadro 11, y posteriormente el incremento se hizo mínimo, lo cual coincidió con los resultados de Riegel (1941) Mientras que el máximo porcentaje de emergencia acumulado se registró en la segunda semana en la nodriza vegetal *F. resinosa* con los individuos de ambas procedencias como se presenta en la figura 14

Para las plántulas emergidas a partir del lote de Texcoco las condiciones de *M. huicifera* también le fueron favorables debido en gran medida a la capacidad de respuesta que presentaron, debido posiblemente a las condiciones de radiación que le impone el lugar de procedencia, lo cual le permite tolerar el sombreado proporcionado por la nodriza, o bien, por una disminución en las sales presentes en el suelo con respecto de *F. resinosa* como se observa en el cuadro 9 de análisis de suelo

Cabe mencionar también que los altos porcentajes de emergencia correspondieron a las nodrizas que presentaron follaje decíduo, es decir, que durante la estación lluviosa fueron frondosos por lo que la sombra que proyectaron aumentó, mientras en el periodo de sequía se incrementa el aporte de materia orgánica al suelo con su propio follaje año tras año

**Cuadro 12.- Temperatura y humedad relativa registrada en dos horarios durante la emergencia de *B. gracilis* bajo 3 especies de nodrizas vegetales en Santiago de Anaya, Hgo.**

Nodriza / Horario	Temperatura (°C)							
	1 semana		2 semana		3 semana		4 semana	
	13 hrs	16 hrs	13 hrs	16 hrs	13 hrs	16 hrs	13 hrs	16 hrs
<i>Flourensia resinosa</i>	27.5 b	31.7 a	24.6 ab	21.5 c	31.3 a	28.3 b	23.9 a	20.4 c
<i>Mimosa huicifera</i>	28.3 b	31.6 a	24.8 a	22.0 c	32.0 a	29.0 b	23.4 ab	20.7 c
<i>Opuntia cantabrigensis</i>	26.3 b	27.7 b	23.9 ab	24.0 ab	31.9 a	28.2 b	22.7 b	20.5 c
Suelo desnudo	27.0 b	28.9 ab	25.1 a	23.1 bc	32.6 a	28.2 b	23.1 ab	20.8 c
Nodriza / Horario	Humedad Relativa (%)							
<i>Flourensia resinosa</i>	52.3 a	44.5 b	53.6 b	60.3 a	43.9 b	52.5 a	59.2 d	73.9 a
<i>Mimosa huicifera</i>	51.0 a	44.4 b	53.6 b	59.6 a	43.5 b	49.1 a	60.0 d	72.2 ab
<i>Opuntia cantabrigensis</i>	51.6 a	44.0 b	53.9 b	55.7 b	42.8 b	49.9 a	59.7 d	69.4 c
Suelo desnudo	54.8 a	45.8 b	53.9 b	59.1 a	44.3 b	51.7 a	61.1 d	71.1 bc

Columna con literal negrita indica diferencias significativas ( $\alpha=0.05$ ) entre columna x fila para cada semana

Respecto a este aporte de materia orgánica, Nobel *et al.* (1991), Vandenbeldt y Williams (1992) y Ann Vinton y Burke (1995) señalan que trae consigo un aumento en las concentraciones de nitrógeno total y de fósforo presentes en el suelo de las nodrizas con follaje decíduo en comparación con *O. cantabrigensis* y el Suelo desnudo, en consecuencia Van Haveren (1983) y Ann Vinton y Burke (1995) indican que este aporte de materia proveniente de las nodrizas genera un incremento en la humedad y su retención en el suelo así como un equilibrio en la variación térmica, además promueve condiciones favorables para el desarrollo de microorganismos que facilitan y aceleran la descomposición de la



materia orgánica, liberando los nutrimentos al suelo y dejándolos disponibles para las demás plantas que se establecen bajo la nodriza y asimismo tiene importantes implicaciones al reducir la compactación del suelo que influye a su vez en la tasa de infiltración al favorecer con ello el crecimiento de las plantas

En relación a los datos de temperatura y humedad relativa registrados a las 13:00 hrs y 16:00 hrs que se aprecian en el cuadro 12, en todo el periodo de emergencia -excepto la primera semana- arrojaron diferencias significativas al presentar temperaturas bajas y humedades relativas altas para el segundo horario, debido más que a la influencia existente por la nodriza vegetal a la dinámica de las condiciones de la luz y la radiación durante el transcurso del día, las cuales son sensiblemente menores al atardecer y que en los trabajos realizados con nodrizas vegetales por Valiente-Banuet *et al.* (1991a), Vandenbeldt y Williams (1992) y Arriaga *et al.* (1993) también es reportado. Cabe destacar que para la primera semana el comportamiento de las condiciones hídricas y térmicas generadas bajo las nodrizas estuvieron influenciadas por el riego aplicado al inicio del experimento y por las condiciones climáticas de nublado a medio nublado en las que se realizó la lectura de los parámetros, de igual manera como concluyen Nobel y Geller (1987) y Vandenbeldt y Williams (1992).

En lo que respecta al desarrollo vegetal de los individuos de *B. gracilis*, la altura se incrementó de forma similar a la emergencia, y aunque no hubo diferencias significativas, los datos máximos se presentaron en *O. camabriguensis* y el Suelo desnudo con un aumento progresivo en el transcurso de las siguientes dos semanas como se observa en el cuadro 11, mientras que el número de hojas fue completamente el mismo al presentar una hoja verde en promedio para todas las nodrizas y las dos procedencias, hacia la tercera semana hubo una diferenciación significativa en el desarrollo foliar que coincide de nueva cuenta para ambas procedencias con la nodriza *F. resinosa* con un promedio de 1.18 hojas para California y 2.04 para Texcoco, aunque con un desarrollo longitudinal mínimo sin haber diferencias significativas

Este comportamiento en el desarrollo vegetal de los organismos puede deberse a la asignación energética diferencial que realizan los individuos de *B. gracilis* principalmente hacia el crecimiento del sistema radical, que de acuerdo a lo reportado por Frésquez *et al.* (1990) y Dormaar *et al.* (1994) se extiende en los primeros 20 cm del suelo con un 85% en funcionalidad, principalmente para la absorción de agua, con capacidad de tolerar potenciales hídricos considerablemente bajos (-8.0 MPa), lo cual les permite sostener una mayor área foliar y aumentar así su actividad fotosintética para continuar su desarrollo (McKell, 1972).

Para la tercera fecha ni la temperatura que osciló entre los 28.2 °C y 32.6 °C, ni la humedad de 42.8 y 52.5 % que se refieren en el cuadro 12, fueron distintas entre las nodrizas y los horarios, apreciándose que estos registros fueron los más desfavorables de los que se registraron en las 4 semanas que duró la emergencia.



Para la cuarta semana, la diferenciación microclimática internodrizas fue significativa y manifestada sólo en la temperatura registrada a las 13 00 hrs y en la humedad relativa de las 16:00 hrs, en ambos parámetros los datos máximos se presentaron bajo la misma condición vegetal que correspondió a *F. resinosa* con 23.9 °C y 73.9 % de humedad. Asimismo estas condiciones climáticas fueron las más favorables del mes con rangos de temperatura que oscilaron escasamente de 22.7 °C a 23.9 °C y de humedad relativa entre 69.4 % y 73.9 %.

Bajo las condiciones hídricas y térmicas de esta fecha, la mayoría de los individuos de la especie que se desarrollaron en las nodrizas vegetales, incrementaron el número de hojas verdes y la longitud, excepto los que se desarrollaron en *M. biuncifera* procedentes de California a causa de la depredación ocurrida en ese período más que a las condiciones proporcionadas por la nodriza. Whyte *et al.* (1975) mencionan que cuando la depredación ocurre posterior a la emergencia del zacate navajita, éste no posee hidratos de carbono almacenados que le permitan reponer la parte aérea de la plántula por lo que hay una alta probabilidad de que perezcan.

## SOBREVIVENCIA

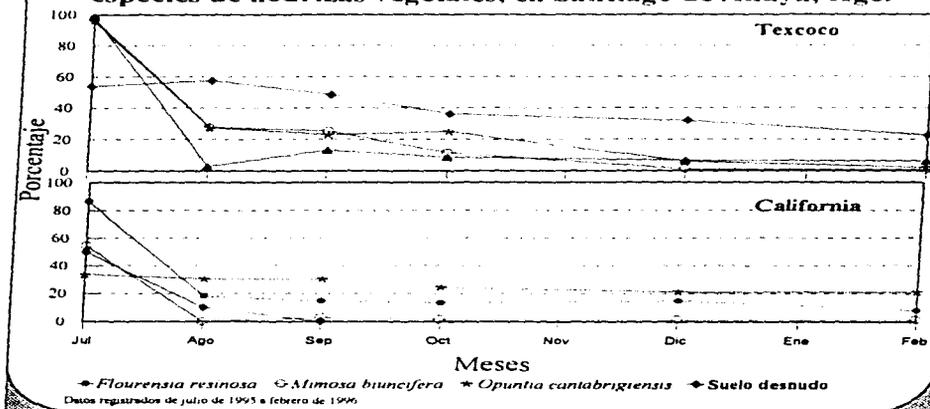
El registro de la sobrevivencia del zacate se muestra en el cuadro 13 y señala que el porcentaje obtenido para Texcoco en el mes de julio fueron casi del 100% con un rango del 95.9% al 99% en todas las nodrizas, mientras que en el testigo sólo se registró el 53.8%; de esta manera se afirma que las condiciones bajo la copa de dichas nodrizas fueron ventajosas para una alta y rápida emergencia, así como para una elevada sobrevivencia inicial. En contraste, la semilla del lote de California presentó porcentajes más bajos en relación al de Texcoco, con un valor máximo del 86.6% en *F. resinosa*, valores alrededor del 50% en *M. biuncifera* y Suelo desnudo, y contrario al resultado de la semilla nacional, el porcentaje mínimo se registró bajo *O. cantabrigiensis* (Ver figura 15).

El hecho de que las plántulas desarrolladas a partir de la semilla Californiana bajo la nodriza *O. cantabrigiensis* y de la semilla de Texcoco en el Suelo desnudo presentaron los porcentajes de sobrevivencia más bajos del primer mes respecto a las demás especies, se atribuyó en parte a que la emergencia máxima de la plántulas en las condiciones mencionadas se alcanzó en semanas posteriores al día en que se registró la sobrevivencia. Riegel (1941) señala que el tiempo que le toma al zacate alcanzar la máxima emergencia es de 7 días (una semana), pero con un incremento en la profundidad de siembra, a la plántula le tomó mayor tiempo llegar a la superficie del suelo y por tanto para el registro de la máxima emergencia.

Briske y Wilson (1980) señalan que el desarrollo de las raíces adventicias de las plántulas sembradas a mayor profundidad disminuye los daños provocados por la exposición solar directa y la rápida desecación del perfil del suelo, que son los principales factores que ocasionan una alta mortalidad de *B. gracilis* que se desarrolla a una escasa profundidad de la superficie del suelo, y se infiere que debido a ello el número de individuos en el testigo de California disminuyó gradualmente hasta hacerse nulo para el mes de septiembre como se señala en la figura 15.



**Fig. 15.- Sobrevivencia de *B. gracilis* de dos procedencias bajo 3 especies de nodrizas vegetales, en Santiago de Anaya, Hgo.**



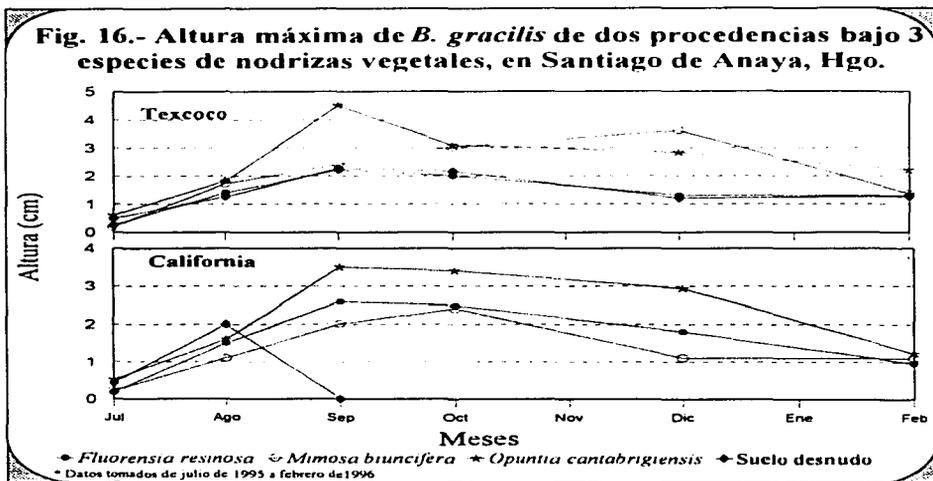
Además, es probable que la siembra a una mayor profundidad le haya conferido cierta ventaja en cuanto al desarrollo de la especie, ya que en el trabajo de García-Moya y Villa (1977) observaron plantas más vigorosas en suelos profundos que en someros, y esto se atribuye a una mayor disponibilidad de humedad edáfica.

Asimismo, las nodrizas que en el mes de julio presentaron los porcentajes mínimos de sobrevivencia para ambas procedencias fueron los únicos que no sufrieron cambios drásticos en el mes siguiente mostrados en la figura 15, como sucedió en los demás tratamientos, el cual ya había alcanzado su desarrollo máximo para la primera semana del mes de julio, en comparación *O. cantabrigiensis* y suelo desnudo que registraron la máxima emergencia en las siguientes dos semanas.

En relación a lo anterior, todos los individuos emergidos de ambas procedencias llevaron a cabo dicho proceso bajo condiciones de transición de la estación de sequía a la de humedad, de modo que la presencia de materia vegetal de renuevo de otras especies fue escasa, intensificándose con ello la herbivoría hacia el zacate, ocasionada en su mayor parte por insectos (principalmente hormigas), lo cual coincide con lo reportado por varios autores (Collins, 1990; McAuliffe, 1986; Callaway, 1992; Reader y Bonser, 1993; Winsa y Bergsten, 1994 y Flores-Martínez *et al.*, 1994). Asimismo, Fenner (1985) señala que el tamaño de la plántula tiene una importante relación con aquellos herbívoros de tamaño similar a ellas, como los insectos que muestran una distinción preferencial por las plántulas pequeñas.



Estos resultados contrastan con la primera fase experimental, donde la intensidad del daño en la etapa inicial del desarrollo del zacate fue menor debido a que la emergencia se presentó a mitad de la estación de lluvias y el material vegetal de otras especies ya se había desarrollado, disminuyéndose por tanto el efecto de la herbivoría

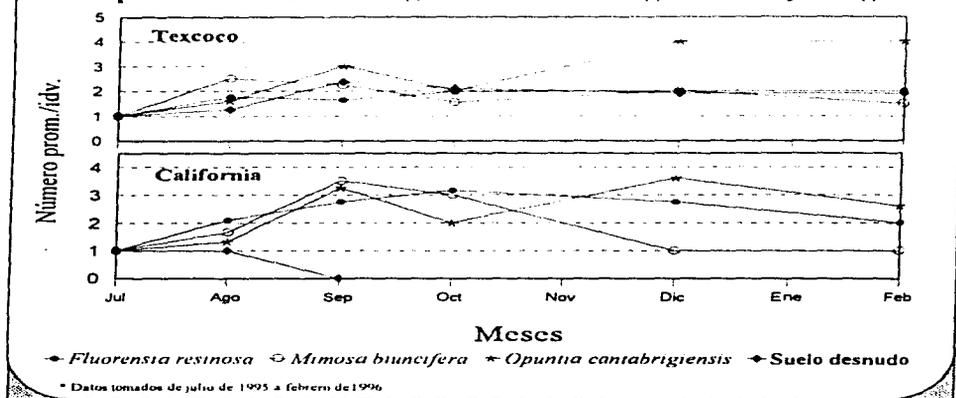


En el transcurso posterior del estudio (figura 15), se aprecia un ligero incremento en el número de individuos de las dos procedencias, que estuvo relacionado a la quiescencia de la especie y a la capacidad de regeneración de las plantas que estuvieron sujetas a la depredación, que en el caso de no haber sido dañada la yema foliar fueron capaces de desarrollarse nuevamente registrándose al mes siguiente.

Oliver (1977) y Whyte *et al.* (1975) reportan que los zacates presentan en la base de cada unión del tallo su zona de crecimiento, que ante condiciones óptimas de humedad y temperatura pueden crecer rápidamente. Los agrostólogos consideran a la mitad superior del zacate (tallos y hojas) como un sobrante que puede ser apacentado por los herbívoros sin que la planta sea dañada, y la mitad inferior (sistema radical) es conocido como reserva metabólica, que al ser dañada provoca la inanición y muerte del sistema radical.



**Fig. 17.- Hojas verdes de *B. gracilis* de dos procedencias bajo 3 especies de nodrizas vegetales, en Santiago de Anaya, Hgo.**



Con respecto a la protección que provee la nodrizca contra la herbivoría, Nobel (1980) y McAuliffe (1984, 1988) señalan que está en función de su altura, de su arquitectura foliar, de la presencia de espinas y principalmente del tamaño del individuo nodrizcado. En esta fase experimental podría afirmarse que las nodrizcas empleadas para *B. gracilis* no generaron las condiciones de seguridad requerida para disminuir o evitar la depredación generada por organismos pequeños.

Esta incidencia fue posible dado que el zacate alcanzó alturas de 1 a 3 cm, mientras la copa de la nodrizca se encontraba a 30 o 50 cm del nivel del suelo, brindándole protección únicamente contra animales de gran tamaño tales como cabras y borregos que apacentan libremente en el área experimental, y constituyen el ganado principal en la zona de estudio. Sin embargo cuando existe una exclusión total de los depredadores permite incrementar la sobrevivencia de las plántulas (Valiente y Ezcurra, 1991).

En lo que corresponde al desarrollo vegetal, a pesar de la diferencia obtenida en el número de individuos en ambas procedencias que se presentaron bajo cada nodrizca y el testigo, el número de hojas verdes que desarrollaron durante el primer mes y que se presentan en la figura 17 fue totalmente homogéneo con la presencia de una hoja verde en promedio por individuo sin presentarse diferencias estadísticas ( $p < 0.05$ ), pero en lo que respecta a la longitud de las plántulas (ver cuadro 13), independientemente de la procedencia las que se desarrollaron en *O. cantabrigiensis* fueron las más favorecidas con 0.6 y 0.52 cm para



Texcoco y California respectivamente, seguida del suelo desnudo con 0.49 y 0.44 cm para cada caso, aunque estadísticamente no hubo diferencias significativas entre esta nodriza y el testigo para las dos procedencias

Otro aspecto relevante posteriormente, fue que del periodo comprendido de septiembre a octubre (figura 15), los individuos de ambas procedencias presentaron una disminución en el porcentaje de sobrevivencia y desarrollo vegetal en la mayoría de las nodrizas, a consecuencia de los cambios registrados en las condiciones microclimáticas para el mes de octubre (cuadro 8), que presentó temperaturas que alcanzaron los 30.3 a 32.3°C y 22.6 a 27.3% humedad relativa en relación a las presentadas en septiembre.

En los meses subsecuentes el valor máximo de desarrollo vegetal de los individuos de los dos lotes fueron registrados en la nodriza *O. cantabrigiensis* (cuadro 13) y aunque las diferencias estadísticas fueron nulas entre la procedencia y las nodrizas, se observó que la variable de longitud (ver figura 16) fue más constante a lo largo del periodo bajo dicha nodriza al mantenerse por arriba de las demás, respecto al desarrollo foliar (ver figura 17). En efecto, la variación fue mínima de septiembre a febrero para la procedencia nacional y con mayores fluctuaciones en la procedencia importada, que solo mantuvo los máximos valores hasta los dos últimos meses del periodo de registro.

Lo anterior se atribuye a la influencia ejercida por la arquitectura de la nodriza *O. cantabrigiensis* en las condiciones microambientales que se registraron bajo su cobertura, por la proyección del sombreado del 100% en los lotes experimentales a las 13.00 hrs disminuyéndose el efecto nocivo de las altas temperaturas que se alcanzan en ese horario, propiciando con ello condiciones ventajosas para promover el desarrollo vegetal de los individuos. Este sombreado proporcionado sólo en la parte media del día, permitió la incidencia de la radiación durante la mañana y tarde y probablemente representa un nodricismo que favorece la retención de la humedad.

Aún y cuando dicha nodriza no aporta materia orgánica superficial, Barrientos (1991) señala que lo hace en capas más profundas del suelo, ya que presenta un sistema radical poco profundo, extenso y conformado de raíces secundarias que durante la estación de sequía perecen por la reducción de la humedad del suelo, y también por el incremento en la tasa de transpiración, lo que genera una cama de materia orgánica de 15 a 25 cm de profundidad.

En un estudio realizado por Castillo *et al.* (1988) señalan que una nopalera tiene un uso más eficiente del agua de lluvia durante todo el año y más aún en la época de secas, debido al contenido de materia orgánica en la capa superficial del suelo y a la cobertura presente, que favorecen la infiltración y aumentan la producción de biomasa por unidad de agua de lluvia, con menor tasa de escurrimiento.

Es necesario señalar también que aquéllos individuos de *B. gracilis* a los que les llevó mayor tiempo alcanzar la emergencia fueron afectados en menor intensidad por las condiciones ambientales de la estación de invierno, presentando mayor resistencia y mejores características de desarrollo vegetal en cuanto altura y número de hojas verdes por individuo

(figuras 16 y 17), que según Jhonson y Aguirre (1991) y Larcher (1983) hace suponer que lograron un sistema radical adventicio bien desarrollado y menos superficial, que les permitió explorar y explotar los frentes hidricos más profundos. Asimismo Carren *et al.* (1987a) establecen que bajo condiciones limitadas de humedad, la siembra a 2 cm de profundidad puede ser la más conveniente, ya que maximiza el establecimiento y reduce la exposición de las raíces adventicias a altas fluctuaciones de las condiciones de humedad del suelo cerca de la superficie del suelo

Por otra parte, durante la estación invernal, las severas condiciones impuestas por las bajas temperaturas y escasez de humedad que se presentan ocasionan una disminución en el ritmo de crecimiento pasando a un estado quiescente (Gillet, 1983, Besnier, 1989), por lo cual se reduce el crecimiento aéreo (superficie foliar) y la tasa de transpiración de los individuos

La resistencia al ambiente físico y biológico puede ser una expresión directa del vigor de la plántula y es el resultado de una alta tasa de crecimiento (McKell, 1972, Winsa y Bergsten, 1994). En el registro de la altura y número de hojas verdes por cada mes, sólo existieron diferencias estadísticas en la altura máxima para el mes de julio, registrándose el mejor desarrollo vegetal de *B. gracilis* en la nodriza *O. cantabrigiensis*.

Como se mencionó anteriormente, en la nodriza vegetal *O. cantabrigiensis* para la procedencia de California y el suelo desnudo para la de Texcoco, fueron los que presentaron el mayor número de individuos con un desarrollo vegetal por arriba de los demás tratamientos. Las propiedades fisicoquímicas del suelo que en los mismos se registraron, fueron muy similares en referencia a las nodrizas, ya que presentaron un porcentaje de materia orgánica de 4.05% en *O. cantabrigiensis* y 4.31% en el Suelo desnudo; estos suelos son considerados ricos en materia orgánica, ya que se encuentran dentro del rango que reporta García-Moya y Villa (1977) que va de 1.3% a 8%, en cuanto a la concentración de fósforo y de nitrógeno total, los valores fueron significativamente más bajos y éste último nutrimento resultó ser significativo en el suelo desnudo con el resultado más bajo (ver cuadro 9).

Aunque en este trabajo los niveles de nitrógeno fueron más altos en las tres especies de nodriza manejadas (cuadro 9), que se reafirma con lo reportado por Franco y Nobel (1989), Ann Vinton y Burke (1995), Nobel *et al.* (1991) y Yeaton y Romero-Manzanares (1986), sin embargo varios autores (Valiente-Banuet *et al.*, 1991a y Arriaga *et al.*, 1993) señalan que la fertilidad del suelo no es un factor determinante en la asociación y distribución de las especies vegetales, debido a que no encontraron diferencias estadísticas en el contenido de nutrientes, especialmente referente al nitrógeno entre el suelo bajo la copa de las plantas nodrizas y el obtenido del suelo desnudo.

**Cuadro 13.- Sobrevivencia y desarrollo vegetal de *B. gracilis* de dos procedencias bajo 3 especies de nodrizas vegetales en Santiago de Anaya, Hgo.**

	Porcentaje de Sobrevivencia											
	julio		agosto		septiembre		octubre		diciembre		febrero	
Nodrizas Vegetal	Tex	Cal.	Tex	Cal	Tex	Cal	Tex	Cal	Tex	Cal	Tex	Cal
<i>Flourensta resinosa</i>	97.6 a	95.9 ab	27.6 ab	18.1 ab	25.3 ab	14.7 ab	11.3 a	13.3 a	1.2 a	14.7 a	0.6 a	8.1 a
<i>Mimosa huicifera</i>	96.0 ab	54.5 ab	2.73 ab	0.0 b	13.2 ab	3.1 b	8.5 a	1.5 a	6.6 a	1.5 a	6.2 a	1.5 a
<i>Opuntia cantabrigiensis</i>	95.9 a	33.6 b	27.4 ab	30.3 ab	22.8 ab	30.3 ab	24.8 a	24.2 a	5.9 a	21.2 a	2.0 a	21.2 a
Suelo desnudo	53.8 ab	50.0 ab	57.5 a	10.0 ab	48.6 a	0.0 b	36.1 a	0.0 a	31.9 a	0.0 a	22.9 a	0.0 a
Nodrizas Vegetal	altura máxima promedio por individuo (cm)											
<i>Flourensta resinosa</i>	0.25 bc	0.18 c	1.4 a	1.5 a	2.2 a	2.59 a	2.0 a	2.48 a	1.3 a	1.8 a	1.3 a	0.96 a
<i>Mimosa huicifera</i>	0.19 c	0.22 bc	1.72 a	1.1 a	2.4 a	2.0 a	3.02 a	2.4 a	3.62 a	1.1 a	1.35 a	1.1 a
<i>Opuntia cantabrigiensis</i>	0.6 a	0.5 a	1.82 a	1.6 a	4.5 a	3.5 a	3.1 a	3.4 a	2.85 a	2.9 a	1.7 a	1.25 a
Suelo desnudo	0.49 a	0.44 ab	1.25 a	2.0 a	2.26 a	---	0.16 a	---	1.2 a	---	1.26 a	---
Nodrizas Vegetal	Número de hojas verdes promedio por individuo											
<i>Flourensta resinosa</i>	1.0 a	1.0 a	1.76 a	2.1 a	1.64 a	2.75 a	1.96 a	3.16 a	2.0 a	2.75 a	2.0 a	2.0 a
<i>Mimosa huicifera</i>	1.0 a	1.0 a	2.5 a	1.66 a	2.23 a	3.5 a	1.55 a	3.0 a	2.0 a	1.0 a	1.5 a	1.0 a
<i>Opuntia cantabrigiensis</i>	1.0 a	1.0 a	1.6 a	1.32 a	3.0 a	3.25 a	2.0 a	2.0 a	4.0 a	3.6 a	4.0 a	2.0 a
Suelo desnudo	1.0 a	1.0 a	1.26 a	1.0 a	2.37 a	---	2.1 a	---	1.9 a	---	1.9 a	---

Tex: Texcoco, Cal: California, --- ausencia de individuos. Litterales negritas diferentes indican diferencias estadísticas significativas ( $\alpha = 0.05$ ) entre columnas y filas de cada mes en cada parámetro.  
  valor máximo y   valor mínimo



Las plantas caducifolias como *M. huicifera* y *F. resinosa* depositan una capa de hojas y ramas en la superficie del suelo que se descomponen gradualmente durante años, que aunado al porcentaje de arcilla presente en el suelo permiten disminuir la pérdida del agua por evaporación en la superficie, especialmente la contenida en los 8 a 10 cm del suelo. Este aporte y descomposición de la materia permite incrementar el suministro de nutrimentos principalmente de nitrógeno y de fósforo bajo la copa de la nodriza que se ilustra en el cuadro 9, ya que como mencionan varios autores (Thompson y Troeh, 1982, Yeaton y Romero-Manzanares, 1986), cerca del 99% del nitrógeno que se encuentra combinado en el suelo proviene de ella. De igual forma que el nitrógeno, Virginia (1986) señala que los niveles de fósforo disponible fueron más altos en la superficie del suelo bajo la planta nodriza, siendo 10 veces mayor que en el suelo no afectado por la copa de los árboles.

De forma contraria, ante la inexistencia de una planta nodriza la cual aporta materia orgánica al suelo que beneficia la concentración de los nutrimentos presentes en él y que las partículas del suelo muy probablemente se contraen ante los ciclos de altas y bajas temperaturas afectando la textura del suelo, el testigo presenta la densidad aparente más alta que como señala Van Haveren (1983) provoca una compactación del suelo que reduce la infiltración del agua y afecta el crecimiento de las plantas con un menor desarrollo vegetal, como se aprecia en el cuadro 9.

En relación a los resultados obtenidos del pH del suelo y en base a lo reportado por Thompson y Troeh (1982), fue clasificado como ligeramente alcalino al presentar valores de 7.5 a 8.0 que se encuentra como lo establece García-Moya y Villa (1977) dentro de los límites donde *B. gracilis* se desarrolla con pH's de 6.5 a 8.4.

Whyte *et al.* (1975) y García-Moya y Villa (1977) señalan que *B. gracilis* es una especie que se encuentra adaptada a los suelos poco profundos (no mayor a 30 cm) con texturas franco-arenosas o franco-arcillosas moderadamente pesados, como el perteneciente a la nodriza *O. cantabrigiensis* que presenta porcentajes significativamente más altos de limo respecto a los demás, que presentaron suelos franco-arenosos apreciados en el cuadro 9.

Coffin y Lauenroth (1991) mencionan que la textura del suelo, la densidad aparente y otros factores físicos del suelo afectan la profundidad y expansión que puede alcanzar el sistema radical de las plantas del zacate, al respecto las propiedades físicas determinadas bajo la nodriza *O. cantabrigiensis* referente a la textura que es de tipo franco permite a las plántulas desarrollar de mejor forma el sistema radical, ya que estos suelos son recomendables por su porosidad, estructura y alto contenido de materia orgánica. De igual manera Sala y Lauenroth (1985 citado por Lauenroth *et al.*, 1994) señalan que la textura y precipitación son determinantes en el establecimiento de la especie, ya que la textura específicamente la arcilla determina la capacidad de disponibilidad de agua hacia la planta.

Al respecto, Villa (1975) reporta que la presencia del zacate en San Luis Potosí está condicionada por características de orden climático y no por situaciones de orden edáfico. Es decir, que un clima semiárido con cociente precipitación/temperatura mayor a 22.9 (Bs1) es el apropiado para que esta especie se pueda establecer y desarrollar.



## ESTABLECIMIENTO

El último mes de registro que correspondió a febrero se dispuso como la fecha de establecimiento de la especie, lo cual estuvo basado en los resultados obtenidos de la primera fase experimental que mostraron que las más altas tasas de mortalidad fueron durante la emergencia y en la estación invernal, posteriormente una vez que las plantas superan estas condiciones son capaces de mantenerse hasta concluir el ciclo

Los individuos que superaron la fase de emergencia y desarrollo del sistema radical advertido por la influencia de las bajas precipitaciones pluviales registradas al inicio del periodo de lluvias, fueron capaces de soportar condiciones de bajas temperaturas presentadas junto con heladas en los meses de noviembre a enero y pueden resistir también condiciones de extrema sequía ocurridas de febrero a mayo. Referente a esto, Briske y Wilson (1980) señalan que las plantas de *B. gracilis* que han logrado establecerse después de haber superado condiciones adversas, su capacidad de tolerancia a dichos factores ambientales se incrementa con un aumento de la edad de la planta.

En general se puede apreciar en el cuadro 13 correspondiente al mes de febrero, el mayor desarrollo foliar y longitudinal de los individuos que se presentó con la semilla del lote de Texcoco y referente al porcentaje de establecimiento se muestran resultados en forma diferencial, ya que para la misma procedencia en la condición de Suelo desnudo se registra un porcentaje de 22.6% y en la nodriza *M. humifera* con 6.2%, mientras que con la semilla de California en la nodriza *O. cantabrigiensis* fue del 21.2% y en *F. resinosa* de 8.1%. Estos resultados contrastan con los obtenidos en sus correspondientes contrapartes que fueron en la *O. cantabrigiensis* lo más bajos para el lote de Texcoco y para California en el Suelo desnudo con valores del 2% y 0% respectivamente

Con la procedencia de California en la condición del Suelo desnudo no se presentaron individuos, lo que se atribuye como señalan McKell (1972) y Gutiérrez *et al.* (1988) al vigor de la semilla que disminuye conforme pasa el tiempo si esta no se encuentra almacenada en condiciones apropiadas, pero una vez cuando las semillas inician el proceso de germinación tienden a germinar más lentamente y se obtienen plantas con un crecimiento lento y que no son capaces de resistir condiciones ambientales desfavorables por lo que perecen como las apreciadas en el Suelo desnudo

Sin embargo, aunque el porcentaje de individuos establecidos de Texcoco en el Suelo desnudo fue ligeramente mayor al de California en la nodriza *O. cantabrigiensis*, la temperatura y humedad relativa generadas en estas favorecieron para ambas procedencias el desarrollo vegetal tanto en altura máxima y número de hojas verdes aunque no se presentaron diferencias estadísticas entre procedencias, siendo estas condiciones las más benéficas para Texcoco con 2.2 cm de longitud y 4.0 hojas verdes promedio, respecto de 1.23 cm de altura y 2.6 hojas verdes promedio registradas para California.

Al realizar el análisis de forma más específica, los porcentajes de establecimiento más altos registrados en el Suelo desnudo y en la nodriza *O. cantabrigiensis* con la semilla de



Texcoco y de California respectivamente, se aprecia que estos resultados se encuentran determinados por las condiciones ocurridas durante la fase de emergencia de las plántulas, ambas fases tanto emergencia como establecimiento coinciden en la nodriza *O. cantabrigiensis* con la semilla de California y el Suelo desnudo con la semilla de Texcoco, condiciones que durante la emergencia fueron las últimas en registrar el máximo porcentaje de emergencia y que no estuvieron influenciadas por la herbivoría presentada con anterioridad, por lo que el porcentaje de sobrevivencia se mantuvo, favoreciendo con ello el número de plantas establecidas en comparación a las demás nodrizas.

Por lo tanto, la eficiencia entre la nodriza *O. cantabrigiensis* y el Suelo desnudo con base en el porcentaje de emergencia y establecimiento y a las condiciones térmicas e hídricas generadas de julio a febrero, permite resaltar a la nodriza ya que el desarrollo foliar también fue beneficiado debido a la forma de la copa, a la densidad del sombreado proporcionado y a las condiciones edáficas. Con estas características se visualiza a esta nodriza con ventajas favorables para *B. gracilis* sobre todas las demás.

En relación al comportamiento de la temperatura y la humedad relativa registrada en las nodrizas y el testigo en la última fecha del periodo del cuadro 8, señala que aún y cuando las temperaturas de ambos horarios oscilaron de 23.2 a 30.7 °C, estas se mantuvieron dentro del promedio en relación al resto del periodo, mientras que la humedad relativa disminuyó drásticamente en el horario de las 13:00 hrs con valores de 10.5 a 12.5% en relación a los meses anteriores, éstas bajas humedades influyen en la reducción del área foliar y de la tasa de transpiración de los individuos.

Para finalizar, se presenta el cuadro 14 a manera de resumen la influencia de las nodrizas vegetales más favorables para el desarrollo de la especie en sus diferentes fases de crecimiento. También se presenta en el cuadro 15 una comparación de las nodrizas respecto de la modificación de las variables microambientales evaluadas -temperatura, humedad relativa y características fisicoquímicas del suelo- destacando los valores máximos o mínimos en su caso.

**Cuadro 14.- Comparación del nodrizaje proporcionado por 3 especies vegetales en las diferentes etapas de desarrollo de *B. gracilis* de dos procedencias en Santiago de Anaya, Hgo.**

Etapas de desarrollo Periodo 1995-1996 Parámetro Procedencia	Emergencia						Sobrevivencia						Establecimiento											
	julio						septiembre-noviembre						diciembre-febrero						febrero					
	%		A. m.		No. H.V.		%		A. m.		No. H.V.		%		A. m.		No. H.V.		%		A. m.		No. H.V.	
	Cal	Tex	Cal	Tex	Cal	Tex	Cal	Tex	Cal	Tex	Cal	Tex	Cal	Tex	Cal	Tex	Cal	Tex	Cal	Tex	Cal	Tex	Cal	Tex
<b>Nodriz Vegetal</b>																								
<i>Flourensia resinosa</i>	*	*			*	*							*	*										
<i>Mimosa biuncifera</i>		*									*	*			*	*								
<i>Opuntia cantabrigiensis</i>		*	*				*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Suelo desnudo			*	*			*	*			*	*	*	*			*	*	*	*			*	*

\* Porcentaje, A.m. Altura máxima en cm, No.H.V. Numero de hojas verdes por individuo, Cal: California, Tex: Texcoco.  
 \*\* La nodriz vegetal que más favoreció el parámetro indicado \* La segunda mejor nodriz vegetal respecto al parámetro indicado

**Cuadro 15.- Comparación del nodrizaje proporcionado por 3 especies vegetales en función de las características fisicoquímicas del suelo y los parámetros microclimáticos, en Santiago de Anaya, Hgo.**

Parámetro Periodo 1995-1996 Horario	Temperatura °C		Humedad Rel. %		Temperatura °C		Humedad Rel. %		Suelo						
	de septiembre a noviembre				de diciembre a febrero				febrero						
	13 00	16 00	13 00	16 00	13 00	16 00	13 00	16 00	CE	DA	MO	N-Total	Fósforo	pH	Textura
<b>Nodriz Vegetal</b>															
<i>Flourensia resinosa</i>							*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Mimosa biuncifera</i>							*	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Opuntia cantabrigiensis</i>		*			*	*	*	*							
Suelo desnudo							*	*							

Humedad Rel: Humedad relativa, CE: Conductividad eléctrica, DA: Densidad Aparente, MO: Materia Orgánica, N-Total: Nitrogeno Total.  
 \*\* La nodriz vegetal que más favoreció el parámetro indicado \* La segunda mejor nodriz vegetal respecto al parámetro indicado



---

**XI.- CONCLUSIONES DE LA SEGUNDA FASE****EXPERIMENTAL**

La germinación y velocidad para que brotara la radícula de las semillas de *B. gracilis* se favoreció con el tratamiento de 24 hrs en remojo para la procedencia de California, mientras que para el lote de Texcoco no fue necesario la aplicación de un tratamiento pregerminativo

La respuesta del zacate navajita en las diferentes etapas de desarrollo se relacionó estrechamente a las características impuestas por su lugar de origen.

Las condiciones de sombreado proporcionadas por *F. resinosa* propicio una mayor emergencia y desarrollo foliar del zacate proveniente del lote de California y de Texcoco, mientras que en *O. cantabrigiensis* la especie tuvo un mayor incremento en su altura.

La variabilidad microclimática que presentaron las nodrizas en la etapa de emergencia del zacate entre horarios, respondió a la variable ambiental crítica para el desarrollo de la especie, temperatura, humedad y radiación solar.

La sobrevivencia inicial de los individuos procedentes de California fue diferencialmente menor a la registrada con semilla proveniente de Texcoco

Las condiciones ambientales proporcionadas por la nodriza *O. cantabrigiensis* beneficiaron la sobrevivencia y desarrollo vegetal del zacate procedente de California tanto en el periodo seco como en el húmedo más que cualquiera de las otras nodrizas empleadas.

En el lote de Texcoco la sobrevivencia del zacate navajita fue influenciada favorablemente por las condiciones generadas en el Suelo desnudo para los periodos húmedos y secos, apreciándose mejor desarrollo foliar en *O. cantabrigiensis*.

Las nodrizas abaten significativamente las temperaturas bajo su copa, en relación al Suelo desnudo donde fueron más altas.

Las especies *F. resinosa* y *M. hincifera* proporcionan desde el punto de vista edáfico las condiciones más recomendables para el crecimiento y desarrollo de otras especies vegetales en el agostadero semiárido en términos de pH, densidad aparente, contenido de materia orgánica, concentración de nitrógeno y fósforo .

Las condiciones fisicoquímicas generadas por las nodrizas no influyeron significativamente en el establecimiento de *B. gracilis* pero fue compensado por la protección proporcionada contra las altas temperaturas y la exposición moderada a la radiación solar para su desarrollo.



La premisa de que en condiciones de bajas temperaturas y altas humedades relativas resultan ventajosas para el desarrollo de la especie, está en función de la etapa de desarrollo en que se encuentre, ya que la dinámica de ambos parámetros fluctúa a lo largo del año al igual que los requerimientos y rangos de tolerancia para los individuos de esta especie, de tal modo que la combinación de ambas en el transcurso del periodo del estudio podría no coincidir con lo establecido pero que se traduce de uno u otro modo en beneficio para los individuos.

---

## XII. - RECOMENDACIONES

Realizar la siembra de *Bouteloua gracilis* cuando el periodo de lluvias tiene un mes de establecido, ya que de esta manera es factible que la humedad contenida en el suelo favorezca en mayor medida la germinación de las semillas, la emergencia de las plántulas y el desarrollo de las raíces adventicias. Por otro lado, se disminuye la incidencia temprana de la herbivoría en los individuos de la especie y se propicia un mayor aprovechamiento del periodo de humedad para su crecimiento y desarrollo antes de que sea limitado y disminuido por las severas condiciones impuestas durante la estación invernal.

Establecer y optimizar la siembra a mayor densidad del zacate asociado a *O. cantabrigiensis* con individuos ya establecidos de tamaño similar a los utilizados en el presente estudio, obteniendo de ello beneficios además del ecológico, alimenticio para el ganado y económico.

Llevar a cabo la colecta del suelo bajo la cobertura de la nodriza *O. cantabrigiensis* a una mayor profundidad de la aquí realizada y llevar a cabo el análisis fisicoquímico del mismo, por el aporte de materia orgánica proveniente de las raíces que se localizan en capas más profundas del suelo.

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA



---

### XIII .- LITERATURA CITADA

- AGUILERA, M. O y W K LAUENROTH. (1993a). Seedling establishment in adult neighbourhoods-intraspecific constraints in the regeneration of the bunchgrass *Bouteloua gracilis*. *Journal of Ecology*. **81**: 253-261.
- AGUILERA, M. O y W. K. LAUENROTH. (1993b). Neighborhood interactions in a natural population of the perennial bunchgrass *Bouteloua gracilis*. *Oecologia*. **94**: 595-602.
- AGUILERA, M. O. y W. K. LAUENROTH. (1995). Influence of gap disturbances and type of microsites on seedling establishment in *Bouteloua gracilis*. *Journal of Ecology*. **83**:87-97.
- ANN VINTON, M. e I. BURKE. (1995). Interactions between individual plant species and soil nutrient status in shortgrass steppe. *Ecology*. **76** (4): 1116-1133.
- ARRIAGA, L., Y. MAYA, S. DÍAZ y J. CANCINO. (1993). Association between cacti and nurse perennials in a heterogeneous tropical dry forest in northwestern Mexico. *Journal of Vegetation Science*. **4**: 349-356
- BARIK, S. K., H. N. PANDEY, R. S. TRIPATHI y P. RAO. (1992). Microenvironmental variability and species diversity in treefall gaps in a sub-tropical broadleaved forest. *Vegetation* **103**: 31-40
- BARRIENTOS, P. F. (1991). Nopales y agaves como recursos de las zonas áridas y semiáridas de México. En Molina, G. J. Recursos agrícolas de zonas áridas y semiáridas de México. Colegio de Postgraduados, México.
- BATTAGLIA, M. y J. B. REID. (1993). The effect of microsite variation on seed germination and seedling survival of *Eucalyptus delegatensis*. *Australian Journal of Botany*. **41**: 169-181.
- BESNIER, R. F. (1989). Semillas biología y tecnología. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, España. pp 147-223.
- BIDWELL, R. G. S. (1990). Fisiología vegetal. Ed. A. G. T., México. 784 pp.
- BOWMAN, W. Y L. TURNER. (1993). *American Journal of Botany*. **80** (4): 369-374.
- BRAVO-HOLLIS, H. (1978). Las Cactáceas de México. Vol. I. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 743 pp.
- BRISKE, D. D. y A. M. WILSON. (1977). Temperature effects on adventitious root development in Blue Grama seedlings. *Journal of Range Management*. **30** (4): 276-280.
- BRISKE, D. D. y A. M. WILSON. (1978). Moisture and temperature requirements for adventitious root development in Blue Grama seedlings. *Journal of Range Management*. **31** (3): 174-178
- BRISKE, D. D. y A. M. WILSON. (1980). Drought effects on adventitious root development in Blue Grama seedlings. *Journal of Range Management*. **33** (5): 323-327.

- CABLE, D. R. (1969). Competition in the semidesert grass-shrub type as influenced by root systems, growth habits, and soil moisture extraction. *Ecology* 50 (1) 27-38.
- CALDERÓN DE, R. G. (1960). Notas sobre la flora y la vegetación del estado de San Luis Potosí VII. Vegetación en el Valle de San Luis Potosí. *Ac. Cient. Potos.* 4 (1): 5-112.
- CALLAWAY, R. M. (1992). Effect of shrubs on recruitment of *Quercus douglasii* and *Quercus lobata* in California. *Ecology* 73 (6) 2118-2128.
- CARREN, C. J., A. M. WILSON y R. L. CUANY. (1987a). Caryopsis weight and planting depth of Blue Grama: II. Emergence in marginal soil moisture. *Journal of Range Management*. 40 (3):207-211.
- CARREN, C. J., A. M. WILSON, R. L. CUANY y G. L. THOR. (1987b). Caryopsis weight and planting depth of Blue Grama: I. Morphology, emergence, and seedling growth. *Journal of Range Management*. 40 (3): 212-216.
- CASTILLO, O. A., M. A. GARDUÑO, J. L. TOVAR y J. L. OROPEZA (1988) El recurso hídrico en el manejo integral de una cuenca semiárida en el estado de Hidalgo. *Agrociencia* 73 125-136.
- CLAVERÁN, R. y M. H. GONZALEZ (1969) Manejo del Pastoreo en los agostaderos de las zonas áridas. Simposio internacional sobre el aumento de la producción en zonas áridas. ICASALS, No. 3 T W Box y P. Rojas-Mendoza, Editores. Texas, U.S.A. pp 137-148.
- CODY, M. L. (1993). Do Cholla cacti (*Opuntia* spp., subgenus *Cylindropuntia*) use or need nurse plants in the Mojave Desert?. *Journal of Arid Environment*. 24: 139-154.
- COFFIN, D. P. y W. K. LAUENROTH (1988) The effects of disturbance size and frequency on a shortgrass plant community. *Ecology* 69 (5) 1609-1617.
- COFFIN, D. P. y W. K. LAUENROTH. (1989). Spatial and temporal variation in the seed bank of semiarid grassland. *American Journal of Botany*. 76 (1): 53-58.
- COFFIN, D. P. y W. K. LAUENROTH. (1990). A gap dynamics simulation model of succession in a semiarid grassland. *Ecological Modeling*. 49:229-266.
- COFFIN, D. P. y W. K. LAUENROTH. (1991). Effects of competition on spatial distribution of roots of Blue Grama. *Journal of Range Management*. 44 (1):68-71.
- COFFIN, D. P. y W. K. LAUENROTH (1992) Spatial variability in seed production of the perennial bunchgrass *Bouteloua gracilis* (Gramineae). *American Journal of Botany*. 79 (3): 347-353.
- COLLINS, S. L. (1990) Habitat relationships and survivorship of tree seedlings in hemlock-hardwood forest. *Canadian Journal of Botany* 68: 790-797.
- CONAZA, (1972). Reporte estadístico del Estado de Nuevo León. México, D.F.
- COX, J. R., M. H. MARTIN-R., F. A. IBARRA-F. y H. L. MORTON. (1986). Establishment of range grasses on various seedbeds at Creosotebush (*Larrea*

- tridentata*) sites in Arizona, USA and Chihuahua, Mexico. *Journal of Range Management*. **39** (6): 540-546
- CRONQUIST, A. (1981) An integrated system of classification of flowering plants. Columbia Univ. Press USA 1225 pp
- CRUZ, R. J. A. (1992). Interacciones entre los estratos arbóreo y arbustivo con la vegetación herbácea en una zona de matorral en el Valle de Actopan, Hidalgo. Tesis de Licenciatura en Biología, Escuela Nacional de Estudios Profesionales Zaragoza, U.N.A.M., México, D.F. 83 pp
- DORMAAR, J. F., B W ADAMS y W D WILLMS. (1994) Effect of grazing and abandoned cultivation on a *Stipa-Bouteloua* community. *Journal of Range Management*. **47** (1) 28-32
- DORMAAR, J. F. y S. SMOLIAK. (1985). Recovery of vegetative cover and soil organic matter during revegetation of abandoned farmland in a semiarid climate. *Journal of Range Management*. **38** (6): 487-491.
- ELDRIDGE, D. J., M. WESTOBY y K. HOLBROOK. (1991). Soil-surface characteristics microtopography and proximity to mature shrubs: effects on survival of several cohorts of *Atriplex vesicaria* seedlings. *Journal of Ecology*. **78**: 357-364.
- ESCALANTE, G. L. (1995) Caracterización y evaluación de las condiciones microambientales asociadas a micrositios que favorecen la germinación y establecimiento de *Bouteloua gracilis* (H B K ) Lag ex Steud., en un agostadero de Santiago de Anaya, del Valle de Actopan, Estado de Hidalgo. Tesis de Licenciatura en Biología, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, U N A M 80 pp
- ESPINOSA, J. (1979). Leguminosae. En Rzedowski, J y Rzedowski, G C (De) Flora fanerogámica del Valle de México, Vol. I. CECSA, México pp 284-285
- ESTRADA, C. A. E y J. S MARROQUIN DE LA F (1992). Facultad de Ciencias Forestales, Univ. Autónoma de Nuevo León. Reporte Científico, número especial 10 , México.
- EVANS, L. T., I. F. WARLAW y C. N. WILLIAMS. (1964) Environmental control of growth. En: Bernard, C. Grasses and grasslands. London, MacMillan 107 pp.
- FENNER, M. (1985). *Seed Ecology*. Ed. Chapman and Hall. London, Great Britain.
- FLORES, B. E. (1994). Rangos de aporte hídrico al suelo que sustentan la instalación y desarrollo del pasto perenne *Bouteloua gracilis* (H.B.K.) Lag. ex Steud. bajo condiciones semicontroladas. Tesis de Licenciatura en Biología, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, U.N.A.M. 50 pp.
- FLORES-MARTÍNEZ, A., E. EZCURRA y S. SÁNCHEZ-COLÓN (1994). Effect of *Neobuxbaumia tetetzo* on growth and fecundity of its nurse plant *Mimosa luisana*. *Journal of Ecology* **82**: 325-333
- FONTEYN, P. J. y B E MAHALL. (1981). An experimental analysis of structure in a Desert Plant Community. *Journal of Ecology*. **69**: 883-896.



- FOWLER, N. L. (1986) Microsite requirements for germination and establishment of 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.
- FRANCO, A. C. y P. S. NOBEL (1989). Effect of nurse plants on the microhabitat and growth of cacti. *Journal of Ecology* 77 870-886
- FRÉSQUEZ, P. R., R. E. FRANCIS y G. L. DENNIS. (1990). Soil and vegetation responses to sewage sludge on a degraded semiarid broom snakeweed/blue grama plant community. *Journal of Range Management*. 43 (4): 325-331.
- GARCÍA, E. (1981). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. UNAM, México. 118 pp.
- GARCÍA, M. (1994). Rehabilitación de tierras de cultivo abandonadas para la producción de carne en el altiplano central. Folleto Técnico No. 1. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Jalisco, México. 16 pp.
- GARCÍA, S. R. (1988) Cambios en la distribución de herbáceas durante la sucesión secundaria en una nopalera de "El Gran Tunal", San Luis Potosí. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. 115 pp.
- GARCÍA-MOYA, E. y J. V. VILLA. (1977). Factores ambientales que afectan la distribución geográfica y ecológica de *Bouteloua gracilis* (H.B.K.) Lag. ex Steud., en el estado de San Luis Potosí. *Agrociencia* 28. 3-29
- GILLET, M. (1983). Gramíneas forrajeras. Ed. Acribia, Zaragoza, España. 256 pp.
- GLENDENING. (1942). Germination and emergence of some native grasses in relation to litter cover and soil moisture. *Journal American Society of Agronomy* 34: 797-804.
- GONZÁLEZ, D., R. GARZA y F. VILLARREAL. (1979). Evaluación de ecotipos de zacate navajita azul (*Bouteloua gracilis* H.B.K. ex Steud Lag.) y su posible utilización en el desarrollo de variedades mejoradas. Folleto Especial, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. pp 1-12.
- GOULD, F. W. (1951). Grasses of Southwestern United States. Univ. Ariz. Biol. Sci. Bull. 7.
- GOULD, F. W. (1979). The Genus *BOUTELOUA* (*Poaceae*). *Annals of The Missouri Botanical Garden, Missouri Botanical Garden*. 66 (3): 349-416.
- GRANADOS, S. D. y P. A. D. CASTAÑEDA. (1991). El nopal. Ed. Trillas, Universidad Autónoma de Chapingo, México. 226 pp.
- GRETHER, R. (1974). Estudio ecológico de *Mimosa biuncifera* Benth y *M. Monancistra* Benth en la cuenca alta del río de la Laja, Guanajuato. Tesis de Licenciatura en Biología, Facultad de Ciencias, UNAM, México.

- GRETHER, R. (1982). Aspectos ecológicos de en el noroeste del Estado de Guanajuato. Boletín de la Sociedad Botánica de México. **43**: 43-60
- GROSS, K. L. (1984). Effects of seed size and growth form on seedling establishment of six monocarpic perennial plants. *Journal of Ecology*. **72**: 369-387.
- GUTIÉRREZ, R., S. CAMACHO y R. NARANJO (1988). Glosario de recursos naturales. Ed. Limusa, México. 314 pp.
- HANSON, H. C. y W. WHITMAN (1937). Plant succession on solonetz soils in western north Dakota. *Ecology*. **18**: 516-522.
- HARPER, J. L., J. T. WILLIAMS y G. R. SAGAR. (1965). The behavior of seeds in soil. I. The heterogeneity of soil surfaces and its role in determining the establishment of plants from seed. *Journal Ecology*. **53**: 273-286
- HARTGERINK, A. P. y F. A. BAZZAZ. (1984). Seedling-scale environmental heterogeneity influences individual fitness and population structure. *Ecology*. **65** (1): 198-206.
- HARTMANN, H. T. (1982). Propagación de plantas, principios y prácticas. Ed. Continental, México.
- HAWK, J. B. y J. L. SHWENDIMAN. (1976). Otras gramíneas para el norte y el oeste de los E.U. En: Hughes, H. D., M. E. Heath y D. S. Metcalfe. Forrajes. Ed. Continental, México. 758 pp.
- HAYDER, D. N. (1974). Morphogenesis and management of perennial grasses in the United States, p. 89-98. En Proceedings of the workshop of the United States-Australia rangelands panel. USDA Misc. Publ. No. 1271.
- HAYDER, D. N., A. C. EVERSON y R. E. BEMENT. (1971). Seedling morphology and seeding failures with Blue Grama. *J. Range Management*. **4**: 287-292.
- HERNÁNDEZ-XOLOCOTZI, E. (1958). Las zonas agropecuarias de México. *Agricultura técnica en México*. **1** (8): 19-21, 48-58.
- HERNÁNDEZ-XOLOCOTZI, E. (1987). Zacates Indígenas. *Xolocotzia Tomo II*. UACH. México. 356 pp.
- JOHNSON, D. A. y L. AGUIRRE (1991). Effect of water on morphological development in seedlings of three range grasses: Root branching patterns. *Journal of Range Management*. **44**(4): 355-360.
- JOHNSON, D. A. y K. H. ASAY. (1993). Viewpoint: Selection for improved drought response in cool-season grasses. *Journal of Range Management*. **46** (3): 194-202.
- JOHNSON, E. A. y G. I. FRYER. (1992). Physical characterization of seed microsites-movement on the ground. *Journal of Ecology*. **80**: 823-836.



- KEMP, P. R. y G. J. WILLIAMS. (1980). A physiological basis for niche separation between *Agropyron smithii* (C3) y *Bouteloua gracilis* (C4). *Ecology*. 61 (4): 846-858.
- LARCHER, W. (1983). *Physiological plant Ecology*. Ed. Springer-Verlary, Berlin, Alemania.
- LAUENROTH, W. K., O. E. SALA, D. P. COFFIN y T. B. KIRCHNER. (1994). The importance of soil water in the recruitment of *Bouteloua gracilis* in the shortgrass steppe. *Ecological Applications* 4 (4): 741-749.
- LAUENROTH, W. K., O. E. SALA, D. G. MILCHUNAS y R. W. LATHROP. (1987). Root dynamics of *Bouteloua gracilis* during short-term recovery from drought. *Functional Ecology*. 1: 117-124.
- LOOMIS, R. S. y D. J. CONNOR. (1992). *Crop Ecology productivity and management*. En *Agricultural systems*. Ed. Cambridge University Press, Great Britain. 538 pp.
- MANUALES PARA LA EDUCACIÓN AGROPECUARIA. (1990). *Pastizales Naturales*. Area: Producción Vegetal, Ed. Trillas, México. 52 pp.
- McAULIFFE, J. R. (1984). Prey refugia and the distributions of two Sonoran Desert cacti. *Oecologia* (Berlin). 65: 82-85.
- McAULIFFE, J. R. (1986). Herbivore-limited establishment of a Sonoran desert cacti tree, *Cercidium microphyllum*. *Ecology*. 67: 276-280.
- McAULIFFE, J. R. (1988). Markovian dynamics of simple and complex desert plant communities. *The American Naturalist* 131 (4): 459-490.
- McCARTHY, B. C. y D. R. BAILEY. (1992). Seed germination and seedling establishment of *Carya floridana* (Sarg.) small (*Juglandaceae*). *Bulletin of the Torrey Botanical Club*. 119 (4): 384-391.
- McGINNIES, W. J. y A. M. WILSON. (1982). Using Blue Grama sod for range revegetation. *Journal of Range Management*. 35 (2): 259-261.
- McKELL, C. M. (1972). Seedling vigor y seedling establishment. En: Youngner V. B. y C. M. McKell (eds.). *The biology and utilization of grass*. Academic. New York pp 74-89.
- McVAUGH, R. (1987). *Flora Novo-Galiciana. A Descriptive Account of the Vascular Plants of Western México*. Vol. 5. The University of Michigan Press. U.S.A. 786 pp.
- MEJÍA, S. T., y A. P. DÁVILA. (1992). *Gramíneas Útiles de México*, Cuadernos del Instituto de Biología. NUM. 16. UNAM. México. p 58.
- MILLER, T. E. y P. A. WERNER. (1987). Competitive effects and responses between plant species in a first-year old-field community. *Ecology*. 68 (5): 1201-1210.
- MORENO, M. E. (1965). *Análisis agrostológico de la zona ganadera de Cananea*. Tesis Profesional. Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo, México. 112 pp.



- NASON, D., R. L. CUANY y A M WILSON (1987) Recurrent selection in Blue Grama I seedling water uptake and shoot weight. *Crop Science*. 27.
- NEWMAN, P. R. y L. E. MOSER (1988). Seedling root development and morphology of cool-season and warm-season forage grasses. *Crop Science*. 28: 148-151.
- NOBEL, P. S. (1980). Morphology, Nurse plants and Minimum apical temperatures for young *Carnegiea gigantea*. *Botanical Gazette*. 141 (2): 188-191.
- NOBEL, P. S. (1989). Temperature, Water Availability and Nutrient Level at Various Soil depths -Consequences for shallow- Rooted desert succulents, including nurse plant effects. *American Journal of Botany*. 76(10):1486-1492.
- NOBEL, P. S. y G. N. GELLER. (1987). Temperature modeling of wet and dry desert soils. *Journal of Ecology*. 75: 247-258.
- NOBEL, P. S., M E LOIK y R W MEYER (1991). Microhabitat and die tissue acidity changes for two sympatric cactus species differing in growth habit. *Journal of Ecology*. 79: 167-182
- NOY-MEIR, I. (1973). Desert ecosystems: environment and producers. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 4: 25-52
- OLIVER, S. O. (1977). Conservación de recursos naturales. Ed. Pax-México, México. 648 pp.
- OROZCO, A. S. (1993). Efecto de la profundidad de siembra y la fertilización en el establecimiento de 3 zacates forrajeros. Tesis de Maestría en Ciencias, Colegio de Postgraduados, Montecillo, México. 105 pp.
- ORTÍZ, C. E. (1977) Efecto del fósforo en praderas permanentes durante el primer año de cultivo. Tesis Profesional, UACH. Chapingo, México. 120 pp.
- PITMAN, W. D. y CH. C. JAYNES. (1980). Strains of Blue Grama and Sideoats Grama evaluated for the Southern Great Plains. *Journal of Range Management*. 33 (5): 381-384.
- POHL, R. W. (1978) How to Know The GRASSES. Third edition. The pictured key nature series Wm. C. Brown Company Publishers. Dubuque, Iowa, 148 pp.
- PRIMACK, R. B. y M. SHILI. (1991) "Safe sites" for germination using *Plantago* seeds: A repetition of a thrice-published experiment. *Bulletin of The Torrey Botanical Club*. 118 (2): 154-160.
- READER, R. J. y S. P. BONSER (1993) Control of plant frequency on an environmental gradient: effects of abiotic variables, neighbours, and predators on *Poa pratensis* and *Poa compressa* (Gramineae). *Canadian Journal Botany*. 71. 592-597.
- REDMANN, R. E. y M. Q. QI (1992). Impacts of seeding depth on emergence and seedling structure in eight perennial grasses. *Canadian Journal Botany*. 70: 133-139.

- RIEGEL, A. (1941). Life history and habits of Blue Grama. Trans. Kans. Acad. of Sci. **44**: 76- 83
- ROJAS, M. P. (1965). Generalidades sobre la vegetación del estado de Nuevo León. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias, UNAM. 105 pp
- ROOHI, R. y D. JAMENSON. (1991). The effect of hormone, dehulling and seedbed treatments on germination and adventitious root formation in Blue Grama. Journal of Range Management. **44** (3): 237-240.
- ROOHI, R., D. JAMENSON y N. NEMATÍ (1991) The effect of light on adventitious root formation in Blue Grama. Journal of Range Management. **44** (2):184-185.
- ROUNDY, B. A., V. K. WINKEL, J. R. COX, A. K. DOBRENZ y H. TEWOLDE. (1993) Crops, sowing depth and soil water effects on seedling emergence and root morphology of three warm-season grasses. Agronomy Journal. **85** (5): 975-982
- RZEDOWSKI, J. (1968) Las principales zonas áridas de México y su vegetación. Bios 1: 4-24.
- RZEDOWSKI, J. (1985). Flora fanerogámica del Valle de México. IPN, México. 671 pp
- RZEDOWSKI, J. (1986) Claves para la identificación de los Géneros de la Familia Compositae en México. Ed. Unversitaria Potisina, San Luis Potosi, México.
- RZEDOWSKI, J. (1994) Vegetación de México. Limusa, 6ta. Edición, México. 433 pp.
- SÁNCHEZ, S. O. (1980). La flora del Valle de México. Herrero, S.A. México. 516 pp.
- SANTOS, S., R. VALDÉS y A. VÁSQUEZ. (1981). Gramíneas del Rancho Los Angeles. Identificación por sus características vegetativas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. pp 29-30.
- SHOOT, M. R. y R. D. PIEPER. (1985) Influence of canopy characteristics of one-seed Juniper on understorey grasses. Journal of Range Management. **38** (4): 328-331.
- SINGH, B. B. y G. A. AMBAWATIA. (1989). Stress studies in lentil (*Lense esculenta*, Moench) I. Effect of water stress on seed germination and early seedling vigor in Lentil. En Kreeb, K. H., H. Richter y T. M. Hinckley. Structural and functional responses to environmental stresses. Academic Publishing The Hague. The Netherlands. 139-145.
- STANDLEY, P. (1982). CONTRIBUTIONS FROM THE UNITED STATES NATIONAL HERBARIUM. Vol. 23 reimpression Cramer, Alemania. 1720 pp.
- STUBBENDIECK, Y., J. L. LAUNCHBAUGH, D. F. BURZLAFF y W. G. McCULLY. (1973). Stolonerous Blue Grama. Journal of Range Management. **26** (3): 230-231.
- TANG, Y., I. WASHITANI e H. IWAKI. (1992). Effects of microsite light availability on the survival and growth of oak seedlings within a Grassland. The Botanical Magazine, Tokyo. **105**: 281-288.



- THOMSON, J. R. (1979). Introducción a la tecnología de las semillas. Ed. Acribia, España. pp 1-114.
- THOMPSON, M. L. y R. F. THROEH. (1982) Los suelos y su fertilidad. Ed. Reverté, Barcelona, España, 4<sup>ta</sup> Ed
- TIEDEMANN, A. R. y J. O. KLEMMEDSON. (1977). Effect of mesquite trees on vegetation and soils in the Desert Grasslands. *Journal of Range Management*. 30 (5): 361-367.
- TORQUEBAU, E. y E. AKYEAMPONG. (1994). Shedding some light on shade agroforestry Today. October-December, 14-15
- VALIENTE-BANUET, A. (1991). Dinámica del establecimiento de cactáceas y patrones generales y consecuencias de los procesos de facilitación por plantas nodrizas en desiertos. UNAM. Tesis de Doctorado en Ecología.
- VALIENTE-BANUET, A. y E. EZCURRA. (1991). Shade as a cause of the association between the cactus *Neobuxbaumia tetetzo* and the nurse plant *Mimosa luisana* in the Tehuacan Valley, Mexico. *Journal of Ecology*. 79: 961-971.
- VALIENTE-BANUET, A., A. BOLONGARO-CREVENNA, O. BRIONES, E. EZCURRA, M. ROSAS, H. NUÑEZ, G. BARNARD, y E. VAZQUEZ. (1991b) Spatial relationships between cacti and nurse shrubs in a semiarid environment in Central Mexico. *Journal of Vegetation Science* 2 15-20
- VALIENTE-BANUET, A., F. VITE y J. A. ZAVALA-HURTADO (1991a) Interaction between the cactus *Neobuxbaumia tetetzo* and the nurse shrub *Mimosa luisana*. *Journal of Vegetation Science*. 2. 11-14
- VAN HAVEREN, B. P. (1983) Soil bulk density as influenced by grazing, intensity and soil type on a Shortgrass Prairie site. *Journal of Range Management*. 36 (5): 586-588.
- VANDENBELDT, R. J. y J. H. WILLIAMS. (1992). The effect of soil surface temperature on the growth of millet in relation to the effect of *Faidherbia albida* trees. *Agricultural and forest Meteorology*. 60: 93-100.
- VILLA, V. J. (1975). Factores que afectan la distribución geográfica y ecológica de *Bouteloua gracilis* (H.B.K.) Lag. ex Steud. en el Estado de San Luis Potosí. Tesis de Maestría, Colegio de Postgraduados, ENA. Chapingo, México. 95 pp.
- VIRGINIA, R. A (1986) Soil development under Legume tree canopies. *Forest Ecology and Management* 16 69-79
- WEAVER, J. E. y F. W. ALBERTSON. (1956). Grasslands of the Great Plains. Johnsen, Lincoln, Nebraska

- WEST, N. E. (1989). Spatial pattern-functional interactions in shrub-dominated plant communities, p. 283-305. En C. M. McKell (de.), The biology and utilization of shrubs, Academic Press, N.Y.
- WESTOBY, M. (1980) Elements of the theory of vegetation dynamics in Arid Rangelands. Israel Journal of Botany. **28**: 169-194.
- WHYTE, R. O., T. R. MOIV y J. P. COOPER. (1975). Las gramíneas en la agricultura. FAO, Italia.
- WILSON, A. M. y D. D. BRISKE. (1978) Drought and Temperature Effects on the Establishment of Blue Grama Seedlings. En Hayder D. N., Proceedings of the first International Rangeland Congress. Society for Range Management, Denver Colorado, USA.
- WILSON, A. M. y D. D. BRISKE. (1979). Seminal and Adventitious root growth of the Blue Grama seedlings on The Central Great Plains. Journal of Range Management. **32** (3):209-213.
- WILSON, A. M., D. N. HYDER y D. D. BRISKE. (1976). Drought resistance characteristics of Blue Grama seedlings. Agronomy Journal. **68**:479-484.
- WINSA, H. y U. BERGSTEN. (1994) Direct seeding of *Pinus sylvestris* using microsite preparation and invigorated seed lots of different quality: 2-year results. Canadian Journal Forestry and Resource. **24**: 77-86.
- YEATON, R. I. (1978). A cyclical relationship between *Larrea tridentata* and *Opuntia leptocaulis* in the Northern Chihuahuan Desert. Journal of Ecology. **66**: 651-656.
- YEATON, R. I. y A. ROMERO-MANZANARES. (1986). Organization of vegetation mosaics in the *Acacia schaffneri* - *Opuntia streptacantha* association. Southern Chihuahuan Desert, Mexico. Journal of Ecology. **74**: 211-217.