



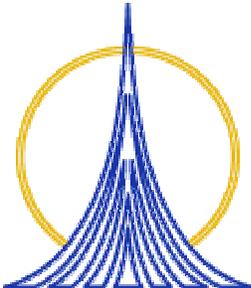
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
"ZARAGOZA"

***ESTABLECIMIENTO DEL ZACATE NAVAJITA AZUL
(Bouteloua gracilis (H.B.K.) LAG. EX STEUD.) BAJO
NODRIZAS ARTIFICIALES, EN UNA ZONA
SEMIÁRIDA DEL VALLE DE
ACTOPAN, HIDALGO.***

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
B I Ó L O G O
P R E S E N T A N
SOLEDAD LUCÍA PARRAZÁLEZ BRAVO
ALBERTO SUÁREZ PANIAGUA

DIRECTOR: DR. ARCADIO MONROY ATA



INVESTIGACIÓN REALIZADA CON FINANCIAMIENTO DE LA DIRECCIÓN
GENERAL DE ASUNTOS DEL PERSONAL ACADÉMICO (DGAPA) A TRAVÉS
DEL PROYECTO No. IN-235402

MÉXICO. D. F.

2005



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.

AGRADECIMIENTOS

Nuestro sincero agradecimiento

A la FES ZARAGOZA, U. N. A. M. por aportarnos los medios necesarios para nuestra formación.

A nuestro Director de Tesis:

Dr. Arcadio Monroy Ata por su asesoramiento científico y estímulo para seguir creciendo intelectualmente. Por su gran amistad y aprecio.

A nuestros sinodales:

Quienes con sus sabios consejos permiten que el informe de tesis este concluido. No los hacemos responsables por las faltas de este trabajo, pero sí ampliamente partícipes de las cualidades que pueda contener:

Dra. María Socorro Orozco Almanza, por su contribución a este trabajo obsequiándonos su valiosísimo tiempo y su invaluable conocimiento. Por su amistad.

M. en C. Rosalva García Sánchez, por su apoyo en las actividades de campo y sus observaciones críticas en la redacción de esta tesis. Por su amistad.

M en C. Armando Cervantes Sandoval por su fundamental apoyo y estímulo constante. Agradecemos especialmente su ayuda en el análisis estadístico de los datos. Estamos en deuda con usted.

Al M. en C. Alejandro Tecpa Jiménez por compartir con nosotros su conocimiento y por sus atinados consejos en el desarrollo de este trabajo.

A nuestros grandes amigos:

José Luis Flores Solano, José Luis Martínez López, Horacio López Ruelas, Biól. María Juana Hernández Aguacaliente, Marco Antonio Ávila y Gonzalo, por los bellos momentos y las aventuras compartidas.

A mis amigos:

Biól. María Juana Hernández Aguacaliente, T. S. Isabel Martínez Hernández, Ing. Enrique Flores Gómez, Lic. Rodolfo Soriano Casas, por su amistad e impulso para que realizara este trabajo (Lucía).

DEDICATORIA

A Fernandá, nuestra hía, nuestra motivación.

DEDICATORIA

A mis padres, quienes siempre han sido ejemplo en mi vida

*Antonia Paniagua Rodríguez
Reynaldo Suárez Marín*

*A mi esposa y amiga **Lucía**, por estar conmigo hombro a hombro en aquellos momentos en que el estudio y el trabajo ocuparon mi tiempo y esfuerzo. Gracias por toda tu ayuda.*

A mis queridos hermanos, por su cariño y por los momentos compartidos

José Guadalupe

*Luis Antonio y
Miguel Ángel*

*A mi tía **Leoní**, por sus cuidados y amor incondicional.*

*A mi adorada familia **Rodríguez González**, por su cariño y por que la vida no sería igual sin ustedes.*

DEDICATORIA

A Dios, por permitirme llegar a este momento.

A mis padres:

*R. Lucía Bravo Noyola
Brigido Parrasales*

*Por que sus enseñanzas serán siempre eje de mis actos y
raíz de mis anhelos. Los amo.*

A mi esposo y amigo entrañable

Alberto Suárez Paniagua

Por que hemos materializado un sueño más.

A mis hermanos

Por su cariño, por nuestra niñez, por que los amo.

*Claudia
Adriana
Michel*

a Marisol

Por las alegrías y las tristezas que te hacen más fuerte.

A mi sobrina

Claudia Karina

Por que eres una luz permanente en mi vida.

ÍNDICE

| | Pag. |
|--|-------------|
| Resumen | 1 |
| I.- Introducción | 2 |
| II.- Antecedentes | |
| 2.1 Nodrizaje: generación de un microambiente | 5 |
| 2.2 Influencia del factor hídrico en el establecimiento de <i>Bouteloua gracilis</i> | 5 |
| 2.3 Clasificación taxonómica | 6 |
| 2.4 Descripción botánica | 7 |
| 2.5 Origen y distribución | 7 |
| 2.6 Habitat | 8 |
| III.- Problemática | 8 |
| IV.- Hipótesis | 9 |
| V.- Objetivos | |
| 5.1 Objetivo general | 10 |
| 5.2 Objetivos particulares | 10 |
| VI.- Descripción de la zona de estudio. | 10 |
| 6.1 Clima | 13 |
| 6.2 Vegetación | 13 |

| | |
|---|----|
| 6.3 Geología y edafología | 13 |
| VII.- Material y métodos | |
| 7.1 Material biológico | 14 |
| 7.2 Fase de invernadero | 14 |
| 7.2.1 Tratamiento pregerminativo | 14 |
| 7.2.2 Prueba de germinación | 15 |
| 7.3 Fase de campo | 15 |
| 7.3.1 Construcción de los dispositivos de sombreado | 15 |
| 7.3.2 Siembra | 16 |
| 7.3.3 Riegos | 16 |
| 7.4 Registro de datos | 16 |
| 7.4.1 Evaluación de la emergencia | 18 |
| 7.4.2 Crecimiento | 18 |
| 7.4.3 Supervivencia | 18 |
| 7.4.4 Factores ambientales | 18 |
| 7.5 Tratamiento estadístico | 19 |
| 7.6 Diagrama de flujo de la metodología | 20 |
| VII.- Resultados y discusión | |
| 8.1 Pruebas de germinación | 23 |
| 8.2 Temperatura y humedad relativa | 25 |
| 8.3 Significancia de las variables de respuesta | 31 |
| 8.4 Evaluación de la emergencia de las plántulas en campo | 32 |
| 8.5 Crecimiento vegetal | 37 |
| 8.6 Supervivencia | 46 |

| | |
|-------------------------------|----|
| IX.- Conclusiones | 53 |
| X.- Recomendaciones | 54 |
| XI.- Literatura citada | 55 |
| XII.- Apéndice | 62 |

ÍNDICE DE FIGURAS, GRÁFICAS Y CUADROS

FIGURAS

| | Pag. |
|---|-------------|
| 1 y 2. Localización de la zona de estudio. | 11 y 12 |
| 3. Distribución de los dispositivos de trabajo (nodrizas artificiales). | 17 |

GRÁFICAS

| | |
|--|----|
| 1. Germinación media de las semillas de <i>Bouteloua gracilis</i> a diferentes horas de romojo en agua. | 23 |
| 2. Porcentaje de germinación acumulado de semillas de <i>Bouteloua gracilis</i> sometidas al tratamiento pregerminativo de imbibición a diferentes tiempos. | 24 |
| 3. Temperatura promedio registrada bajo los dispositivos con sombreado y el testigo (sin sombra) con riego inicial de 20 mm durante los doce meses de evaluación. | 29 |
| 4. Humedad relativa registrada bajo los dispositivos con sombreado y el testigo (sin sombra) con riego inicial de 20 mm durante los doce meses de evaluación. | 29 |
| 5. Temperatura promedio registrada bajo los dispositivos con sombreado y el testigo (sin sombra) con riego inicial de 40 mm durante los doce meses de evaluación.. | 30 |
| 6. Humedad relativa registrada bajo los dispositivos con sombreado y el testigo (sin sombra) con riego inicial de 40 mm durante los doce meses de evaluación. | 30 |

| | |
|--|----|
| 7. Porcentaje de plántulas emergidas durante el primer mes de evaluación. Interacción de los factores: sombra-riego inicial. | 34 |
| 8. Número de hojas verdes por plántula, durante el primer mes de evaluación. Interacción de los factores: sombra-riego inicial. | 35 |
| 9. Longitud de las plántulas durante el primer mes de evaluación. Interacción de los factores: sombra-riego inicial. | 36 |
| 10. Precipitación registrada en Santiago de Anaya durante el ciclo anual de evaluación. | 38 |
| 11. Temperatura máxima y mínima registrada en Santiago de Anaya durante el ciclo anual de evaluación. | 39 |
| 12. Número de hojas verdes por plántula de <i>Bouteloua gracilis</i> , durante el ciclo anual, bajo diferentes porcentajes de sombra y con riego inicial de 20 mm. | 41 |
| 13. Número de hojas verdes por plántula de <i>Bouteloua gracilis</i> , durante el ciclo anual, bajo diferentes porcentajes de sombra y con riego inicial de 40 mm. | 42 |
| 14. Longitud de las plántulas (cm) de <i>Bouteloua gracilis</i> , durante el ciclo anual bajo diferentes porcentajes de sombra y con riego inicial de 20 mm. | 44 |
| 15. Longitud de las plántulas (cm) de <i>Bouteloua gracilis</i> , durante el ciclo anual bajo diferentes porcentajes de sombra y con riego inicial de 20 mm. | 45 |
| 16. Supervivencia de <i>Bouteloua gracilis</i> durante el ciclo anual, bajo diferentes porcentajes de sombra y con riego inicial de 20 mm. | 50 |
| 17. Supervivencia de <i>Bouteloua gracilis</i> durante el ciclo anual, bajo diferentes porcentajes de | 51 |

sombra y con riego inicial de 40 mm.

CUADROS

1. Temperaturas (°C) promedio registradas bajo cada dispositivo con sombreado y el testigo (sin sombra) con el tratamiento de 20 mm de riego inicial. 26
2. Humedad relativa (%) promedio registrada bajo cada dispositivo con sombreado y el testigo (sin sombra) con el tratamiento de 20 mm de riego inicial. 26
3. Temperaturas (°C) promedio registradas bajo cada dispositivo con sombreado y el testigo (sin sombra) con el tratamiento de 40 mm de riego inicial. 27
4. Humedad relativa (%) promedio registrada bajo cada dispositivo con sombreado y el testigo (sin sombra) con el tratamiento de 40 mm de riego inicial. 27
5. Valor de probabilidad para las variables de respuesta, entre los dispositivos con sombra y el testigo –sin sombra- durante el ciclo anual de evaluación. 31
6. Valor de probabilidad para las variables de respuesta, entre los riegos iniciales; 20 y 40 mm, durante el ciclo anual de evaluación. 32
7. Comparación de medias del número de plántulas de *Bouteloua gracilis* presentes al final del primer mes de registro, bajo los tratamientos con sombra y el testigo –sin sombra-. 33
8. Comparación de medias del número de plántulas de *Bouteloua gracilis* presentes al final del primer mes de registro, bajo los tratamientos con riego inicial. 33
9. Comparación de medias del número de hojas verdes por plántula de *Bouteloua gracilis* durante el periodo de estudio. 37

10. Comparación de medias de la longitud (cm) de las plántulas de *Bouteloua gracilis*, bajo diferentes porcentajes de sombra. 43
11. Comparación de medias del número de plántulas durante el ciclo anual (excepto el mes 5 en el que no hubo diferencias significativas) entre los dispositivos con sombra y el testigo (sin sombra). 48
12. Comparación de medias del número de plántulas durante el ciclo anual, entre los tratamientos con riego inicial. 48
13. Número de plántulas de *Bouteloua gracilis* bajo los tratamientos con sombra y riego inicial de 20 mm, durante el ciclo anual. 62
14. Número de plántulas de *Bouteloua gracilis* bajo los tratamientos con sombra y riego inicial de 40 mm, durante el ciclo anual. 62
15. Número de hojas verdes por plántula de *Bouteloua gracilis* bajo los tratamientos con sombra y riego inicial de 20 mm, durante el ciclo anual. 63
16. Número de hojas verdes por plántula de *Bouteloua gracilis* bajo los tratamientos con sombra y riego inicial de 40 mm, durante el ciclo anual. 63
17. Longitud (cm) de las plántulas de *Bouteloua gracilis* bajo los tratamientos con sombra y riego inicial de 20 mm, durante el ciclo anual. 64
18. Longitud (cm) de las plántulas de *Bouteloua gracilis* bajo los tratamientos con sombra y riego inicial de 40 mm, durante el ciclo anual. 64

RESUMEN

Bouteloua gracilis (H.B.K.) Lag. ex Steud., conocida como “navajita azul”, es una especie que existía en el Valle de Actopan, Hidalgo, y que ha limitado su distribución tan solo a algunos lugares debido al efecto del pastoreo, por lo que se requiere reintroducirla. Para esto, es necesario conocer los mecanismos de establecimiento de esta especie, para desarrollar programas de rehabilitación ecológica. En este sentido el objetivo general de este trabajo fue el de determinar la influencia del riego y de diferentes porcentajes de sombra sobre la emergencia y establecimiento de *Bouteloua gracilis*.

El método empleado fue el siguiente: se instalaron 24 dispositivos de sombreado (estructuras de madera de 1 m² de superficie y 50 cm de altura, con mallas de plástico que generaron porcentajes de sombras de 0%, 34%, 43%, 55%, 63% y 73%, bajo las cuales se delimitaron 4 micro-parcelas de 20 x 20 cm, en las que se sembraron -en cada una- 100 semillas de *Bouteloua gracilis*, a un centímetro de profundidad. Durante un periodo anual se evaluó: número de plántulas emergidas, longitud máxima de las plántulas, porcentaje de hojas verdes, supervivencia de los individuos, humedad relativa y temperatura (atmosférica y debajo de cada mesa). Los resultados se procesaron mediante Análisis de Varianza (ANOVA's) de dos factores: aporte hídrico inicial (20 y 40 mm) por porcentaje de sombreado (0, 34, 43, 55, 63 y 73%).

Los resultados obtenidos indicaron que el tratamiento pregerminativo de imbibición en agua durante 12 horas obtuvo el mayor porcentaje de germinación (20.3%).

Por otra parte, la relación temperatura y humedad relativa, bajo los tratamientos de sombreado mantuvieron una relación inversamente proporcional.

Así mismo, la emergencia, el crecimiento y la supervivencia de *Bouteloua gracilis* están directamente influenciados por el porcentaje de incidencia solar. El riego inicial es estadísticamente significativo en la supervivencia de las plántulas. El tratamiento con sombreado del 43% y 40 mm de riego inicial provee la mejor protección contra las temperaturas extremas y las bajas humedades. De esta manera, los dispositivos de sombreado son una buena alternativa para el establecimiento de *Bouteloua gracilis* en la zona semiárida del Valle del Mezquital.

I.- INTRODUCCIÓN

México es, a nivel mundial, uno de los 12 países considerados como megadiversos. En efecto, el territorio mexicano posee una elevada diversidad biológica y una gran diversidad ecológica, al ser ecotono entre la zona templada y la intertropical, entre otros factores. Así mismo, se estima que México es el cuarto país del planeta con mayor diversidad botánica, donde se calcula que hay más de 30,000 especies de plantas vasculares. Sin embargo, es uno de los lugares donde la destrucción de la vegetación por el ser humano se ha dado de manera drástica, a tal grado que sólo el 40.8% del territorio nacional contenía en los setentas una vegetación natural sin disturbios (Toledo y Ordoñez, 1993).

Dentro de la diversidad ecológica de México, las zonas áridas y semiáridas cubren parcialmente 23 estados -680 municipios-, que abarcan 1,027,051 kilómetros cuadrados, es decir, el 52.5% de la superficie del país (CONAZA, 2001). En estas zonas, la sobreutilización de algunas especies silvestres con valores de uso humano o pecuario, ha provocado que su abundancia y área de distribución disminuyan en forma significativa (Hernández, 1964; García, 1977; Monroy, 1990; CONAZA, 2001).

Es indudable que las zonas áridas y semiáridas tienen un potencial para la producción de alimentos y representan una fuente importante de recursos bióticos que pueden ser utilizados de manera sustentable. Por ejemplo, la ganadería, a través del pastoreo en las áreas de matorral y pastizal, es una de las mejores alternativas actuales para el desarrollo económico de las zonas con algún grado de aridez. Sin embargo, el desconocimiento de los mecanismos de interacción entre las especies y el abuso de prácticas poco adecuadas de manejo de ganado, han llevado al agotamiento de los recursos suelo y vegetación en amplias extensiones de estas zonas.

Debido a esta problemática de sobre-explotación de recursos y a la necesidad de recuperar ecosistemas o agrosistemas, se ha desarrollado una disciplina, la restauración ecológica, la cual tiene como finalidad la inducción del proceso de reconstrucción de un sistema ecológico deteriorado, hasta llegar a un nivel de maduración y de complejidad tal que se obtenga un sistema autoorganizado e independiente de insumos o trabajos de mantenimiento de origen humano (Monroy, 2002; González et al., 1979; Garcia, 1994).

La restauración ecológica, de manera general, comprende cuatro aspectos: la regeneración, la rehabilitación, la reasignación y el reemplazamiento vegetal (Aronson, 1993a y 1993b).

La regeneración, pretende lograr una composición florística, estructural y funcional, equivalente al sistema ecológico original o del sistema modelo que se desea reproducir.

La rehabilitación tiene como objetivo lograr una composición florística similar al sistema ecológico original pero pueden incluirse algunas especies exóticas, la finalidad de la rehabilitación, es elevar la productividad de los ecosistemas para beneficio de los habitantes del lugar.

El tercer aspecto, la reasignación, se refiere a la decisión de destinar, un nuevo uso al suelo de un paisaje, o parte de él, que no necesariamente tiene relación con los ecosistemas que se desarrollan en el sitio antes de la perturbación ecológica.

Por último, el repoblamiento vegetal se define como el establecimiento de una comunidad vegetal en un sitio degradado ecológicamente, pero que permite un manejo de los recursos del suelo y del agua, con el fin de lograr el desarrollo conjunto de varias poblaciones de plantas, en uno o varios estratos, que esté en equilibrio con el sustrato.

Así mismo, los intentos de rehabilitación o de reasignación del uso del suelo para fines agrícolas o para la ganadería extensiva de las zonas fuertemente impactadas por la actividad ganadera, se orientan fundamentalmente a la eliminación mecánica y química de las especies consideradas como indeseables, leñosas y herbáceas, ya que se considera que compiten, con especies que se desea favorecer, por los nutrimentos esenciales, la luz y el agua, afectando el desarrollo de las especies de alto valor forrajero, como son los pastos perennes (Murray, 1988; Kessler, 1994). Sin embargo, un programa de rehabilitación debe incluir especies no utilizadas directamente por el ser humano o su ganado, pero importantes funcionalmente, a fin de lograr un mejor control de los procesos ecológicos del sitio.

La principal forma de regeneración o de rehabilitación ecológica que se realiza en los sitios de pastoreo libre (agostaderos), áridos y semiáridos, es a través del establecimiento de plantas sembradas a partir de semillas. En este caso las gramíneas ocupan un lugar preponderante (Grubb, 1977; González *et al.*, 1981).

Cabe destacar que el zacate navajita *Bouteloua gracilis* (H.B.K.) Lag. ex Steud., es una de las gramíneas más importantes en los agostaderos de las zonas secas de Norteamérica (Sur de los Estados Unidos y Norte de México), ya que llega a ser dominante o codominante en el estrato herbáceo. Es una especie perenne, densamente amacollada, altamente tolerante a la sequía y muy apetecida por el ganado. Tiene la capacidad de producir nuevas raíces a nivel de la

superficie del suelo después de una lluvia y es una especie con metabolismo C₄ (Dye, 1974; Burzlaff *et al.*; Gould, 1979).

El zacate navajita es una especie que ha sido reportada en el Valle de Actopan, Hidalgo, el cual forma parte del Valle del Mezquital por Bravo (1937). Sin embargo, su área de distribución actual en el Valle está muy restringida y se le ubica únicamente en sitios protegidos del pastoreo, tales como la parte alta de elevaciones de difícil acceso, en micrositos y en el interior de matorrales espinosos.

Las plántulas de *Bouteloua gracilis* desarrollan un internodo entre el punto de emergencia de la raíz primaria de la cariósida y el punto de desarrollo de los brotes. En este grupo de especies, llamadas panicoides, las raíces adventicias no se desarrollan a la profundidad de siembra sino en un punto más elevado y más seco en el perfil del suelo, por lo que están expuestas a un mayor estrés ambiental (Hyder *et al.*, 1971; Lauenroth *et al.*, 1994). Esta situación constituye el principal problema en las tareas de resiembra de esta especie, por lo que adquiere una mayor relevancia, el conocimiento de los requerimientos de micrositio de las especies a reintroducir en una zona de agostadero (Carren *et al.*, 1987, Ries y Svejar, 1991).

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

Las regiones áridas se caracterizan por una elevada insolación sobre el suelo durante el día, lo cual provoca que todos aquellos lugares expuestos directamente a la energía solar no sean capaces de retener agua, entonces, un sitio que produzca sombra, representará un microambiente con la humedad necesaria en la interfase suelo-atmósfera que permita el establecimiento de *Bouteloua gracilis*.

Finalmente, cabe señalar que el objetivo general de este estudio, fue el de evaluar la influencia de un aporte hídrico inicial y del porcentaje de sombra en el establecimiento de *Bouteloua gracilis* (H.B.K.) Lag. ex Steud., en una parcela experimental ubicada en el Valle de Actopan, estado de Hidalgo.

II.- ANTECEDENTES

2. 1 NODRIZAJE: GENERACIÓN DE UN MICROAMBIENTE

El concepto de planta “nodriza” es referido a las asociaciones positivas que se presentan entre vegetales en los que, normalmente, una planta leñosa genera un microambiente favorable al desarrollo de otras especies vegetales llamadas “nodrizadas” (Yeaton, 1978 y Cody, 1993). Así, una planta nodriza es un vegetal que puede generar un microclima bajo su cobertura y que permite que otras plantas puedan establecerse bajo su abrigo (Monroy, 1999). Las nodrizas naturales generan “*islas de recursos*” en los suelos bajo su cobertura, lo que se manifiesta por una mayor concentración de materia orgánica y de nutrimentos como el fósforo, el calcio y el potasio. Además, se incrementa la capacidad de almacenamiento de agua y se reduce la evaporación, por lo que los suelos bajo la cobertura de una nodriza pueden presentar niveles mayores de humedad que los suelos de sitios abiertos (García *et al.*, 1989; Cruz, 1996).

Por lo anterior, las nodrizas naturales, generan micrositos adecuados para el establecimiento vegetal de *Bouteloua gracilis* (Cruz, 1992; Escalante, 1995). La modificación del microclima por la cobertura de una nodriza, tiene como consecuencia un menor nivel de energía solar incidente, que se manifiesta por las reducciones en la temperatura y en un incremento de la humedad relativa, lo que favorece a las plantas que crecen bajo su cobertura, ya que implica una menor demanda de evaporación del agua del suelo (Cruz, 1996).

2. 2 INFLUENCIA DEL FACTOR HÍDRICO EN EL ESTABLECIMIENTO DE *Bouteloua gracilis*

Las plantas que crecen en las zonas áridas y semiáridas, o las que se someten experimentalmente a un déficit hídrico, presentan mecanismos que les permiten aliviar, en mayor o menor grado, los efectos provocados por la falta de agua.

Entre estos mecanismos, la morfología de las raíces es importante para el éxito en el establecimiento y supervivencia de las plántulas en terrenos áridos y semiáridos (Santos y Ochoa, 1990; Koleff, 1991; Barba, 1991). En este sentido, generalmente se asocia la capacidad de las plántulas para crecer en suelos con escasez hídrica, con el orden de ramificación de sus raíces, de manera que la gran densidad de subdivisiones y longitud de raicillas favorecen que la planta pueda crecer en condiciones de estrés hídrico (Johnson y Aguirre, 1991). Sin embargo, las raíces de *Bouteloua gracilis* no se desarrollan a la profundidad de siembra sino en la superficie, que normalmente es la

parte más seca en el perfil del suelo, por lo que están expuestas a un mayor estrés ambiental (Hyder *et al.*, 1971).

Así mismo, la escasez de agua influye de manera determinante en el desarrollo fenológico de *Bouteloua gracilis*, inhibiendo el desarrollo vegetativo y retrasando la antesis. La biomasa varía de manera directamente proporcional a la cantidad de riego, ya que a mayor aporte hídrico existe una mayor producción de materia orgánica y los límites ocupados por las aristas de su morfología, se extienden en igual proporción a la disponibilidad de agua (Flores, 1994).

Para *Bouteloua gracilis*, se demostró experimentalmente que la reserva hídrica, constituida por el riego inicial influye directamente en el establecimiento y desarrollo fenológico de esta especie. También se encontró que un tratamiento con 180 mm totales, durante 6 meses, y 40 mm iniciales es el límite mínimo de aporte hídrico para esta especie bajo condiciones de invernadero (Flores, 1994).

2. 3 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA.

La clasificación taxonómica del zacate navajita, según Gould (1980) y Sánchez, (1980), es la siguiente:



Foto 1. Inflorescencias y tallos florales de *Bouteloua gracilis* (H.B.K.) Lag. ex Steud.

| | |
|---------------------|-------------------------------------|
| Subdivisión | Angiospermas |
| Clase | Monocotiledónea |
| Orden | Glumifloreae |
| Familia | Gramínea (Poácea) |
| Subfamilia | Panicoideae |
| Tribu | Chlorideae |
| Género | <i>Bouteloua</i> |
| Especie | <i>Bouteloua gracilis</i> |
| Nombre común | “zacate navajita”, “zacate azul” |

2.4 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

El zacate navajita azul, *Bouteloua gracilis* (H.B.K) Lag. ex Steud., es una gramínea nativa de México, perenne, de clima cálido, que crece comúnmente en forma de macollos densos y en ocasiones llega a formar césped; tiene tallos erectos de 15 a 60 cm de altura, de abundantes hojas color azul gris verdoso en la base. Las plantas son verde-azulosas cuando son jóvenes, tornándose a color pardo al envejecer (Hernández, 1959 y 1964; Humphrey, 1960). Las hojas tienen una longitud de 6.5 a 12.5 cm y son ligeramente curvas. Por su parte, Cantú señala que son glabras o escasamente papilosas, con márgenes escabrosos de 1 a 2 mm de ancho; con respecto a la raíz (Coopper *et al.*, 1957; Cantú, 1990) señalan que ésta es fibrosa y frecuentemente con rizomas vigorosos y cortos. Usualmente presenta de 1 a 3 espigas, rara vez más, de 2.5 a 5 cm de longitud, divergentes, asumiendo una forma falcada, con raquis sin prolongación más allá de las espiguillas, las cuales tienen 5 mm de longitud, aproximadamente, son numerosas encontrándose hasta 80 (Hernández, 1959).

Respecto a la primera gluma, ésta es angosta, acuminada de 3 mm de largo, la segunda es ancha, acuminada de 4 mm de ancho, muy escasamente papilosa, hispida sobre las quillas, o de lo contrario glabra; lemma de 4 mm de largo y barbada en la base, largamente papilosa en ambos lados de la nervadura central, los márgenes cortamente ciliados, la punta superficial lobulada, la arista central es de aproximadamente 1 mm de largo, las laterales un poco más largas; rudimento de 2 mm de largo y un flósculo rudimentario adicional sin aristas algunas veces desarrollado (Cantú, 1990). Hernández y Ramos (1968), caracterizan a *Bouteloua gracilis* como una planta perenne con número cromosómico diploide (2n) de 20, 40 y 60, con reproducción normal.

El zacate navajita utiliza la vía metabólica C₄ para su fotosíntesis, por lo cual está adaptado para que funcione bajo condiciones ambientales de estrés hídrico (Dye, 1974).

2. 5 ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN

Hernández y Ramos (1968), consideran a esta especie originaria de México. Cooper *et al.* (1957), ubican su distribución a lo largo del Oeste de los Estados Unidos, Montañas Rocallosas y en la porción seca de las grandes planicies. Por su parte Cantú (1990) menciona que se distribuye desde el centro de Canadá, y Centro y Sureste de los Estados Unidos y gran parte de la superficie de México, desde Baja California Norte a través de Chihuahua, Coahuila, Durango, San Luis Potosí y Aguascalientes. Hernández (1959), ubica al zacate navajita en las zonas Norte, Mesa Central, Bajío y llanuras de Jalisco como especie dominante, y subordinada en las Llanuras Costeras del Golfo de México y la zona forestal.

2. 6 HÁBITAT

Este zacate se encuentra presente en las laderas rocosas abiertas, en planicies, valles y alrededor de las sierras, mesetas y claros del bosque de encino o pino; la especie se desarrolla entre los 900 y 2400 m.s.n.m. y es el componente principal del pastizal mediano abierto, en las zonas semiáridas, donde se desarrolla en forma de zacates amacollados; también invade áreas de zacatón alcalino. Crece bajo precipitaciones anuales de 300 a 800 mm, pero se produce poco en suelos arcillosos (Cantú, 1990). Hernández (1959), menciona que se presenta en poblaciones tupidas y casi puras, o como componente dominante o subordinado de muchas de las fases de pastizal navajita; asimismo, se desarrolla en las llanuras o declives con clima templado y semiárido, que abarca los bosques de encino-enebro, de encino, de encino-pino y aún de pino. Ocupa suelos profundos de deposiciones aluviales a eólicas, con textura que varía desde arenosa con grava, hasta la arcillosa, principalmente con pH de 6.5 a 8.0, pero invade aún los suelos arenosos con valores de hasta 9.0.

III.- PROBLEMÁTICA

Las zonas semiáridas en nuestro país representan entre el 40 y 50% del territorio nacional. En estas zonas, la actividad más común es la ganadería extensiva con hatos mixtos de borregos y cabras; debido a que la escasa precipitación permite sólo una agricultura eventual. Esta situación provoca que las actividades ganaderas sobrexploten los recursos forrajeros, ocasionando que millones de hectáreas de agostaderos se encuentren deterioradas, con vegetación no palatable al ganado y con suelos en curso de erosión.

Una de las posibilidades para recuperación de tales agostaderos es mediante la siembra de zacates, motivo por el cual es necesario conocer las condiciones fisiológicas y ecológicas que permiten el establecimiento de especies de alto valor forrajero. En este sentido, *Bouteloua gracilis* es una de las especies de mayor importancia agronómica dentro de su género, ya que provee de forraje que es consumido por todo tipo de ganado y animales domésticos, también es muy resistente a la sequía y es excelente para propósitos de conservación de suelos y repoblamiento (Mejía y Dávila, 1992).

Sin embargo, *Bouteloua gracilis* presenta un creimiento radicular de tipo panicoide, es decir, que desarrolla las raíces adventicias a sólo 2 mm debajo de la superficie del suelo por lo que 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 supervivencia (Hayder et al., 1974). Esta situación, constituye el principal problema en las tareas de resiembra de esta especie; por ello adquiere una mayor relevancia el conocimiento de los requerimientos del micrositio de establecimiento de las especies a reintroducir en una zona de agostadero.

El habilitamiento de diversos sistemas de sombreado y el aprovisionamiento hídrico inicial, con el fin de reducir la radiación solar, abatir la temperatura atmosférica y aumentar la humedad relativa, pueden ser empleados para facilitar la germinación, la emergencia y del crecimiento de *Bouteloua gracilis*.

Así, este trabajo responde las siguientes interrogantes:

- ✓ ¿Cuál es la influencia de diferentes porcentajes de sombra en la generación de un microambiente favorable para la supervivencia de *Bouteloua gracilis*?
- ✓ ¿Cómo influye un aporte hídrico inicial en la emergencia y desarrollo de *Bouteloua gracilis*?

IV.- HIPÓTESIS

En las regiones áridas y semiáridas intertropicales existe una elevada insolación que provoca una alta tasa de desecación de la superficie del suelo, ante lo cual, un sitio con diferentes niveles de sombra y con un riego inicial, generará un microambiente donde se abatirá la temperatura y se elevará el porcentaje de humedad, lo cual se verá reflejado en la emergencia, crecimiento y supervivencia de *Bouteloua gracilis*.

V.- OBJETIVOS

5. 1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la influencia de un riego inicial y de diferentes porcentajes de sombra aportados por mallas con diferente apertura, sobre la emergencia y establecimiento de *Bouteloua gracilis* (H.B.K.) Lag. ex Steud., en un agostadero semiárido del Valle de Actopan, Hgo.

5. 2 OBJETIVOS PARTICULARES

- Evaluar cuantitativamente la emergencia, crecimiento y supervivencia de *Bouteloua gracilis* (H.B.K.) Lag. ex Steud. bajo diferentes porcentajes de sombra, aportados por mallas de diferentes tamizados.
- Evaluar cuantitativamente la influencia de un aporte hídrico inicial en la emergencia, crecimiento y desarrollo de *Bouteloua gracilis* (H.B.K.) Lag. Steud.
- Establecer la combinación del tratamiento con porcentaje de sombra y cantidad de riego inicial, que favorecen la emergencia, crecimiento y supervivencia de *Bouteloua gracilis* (H.B.K.) Lag. ex Steud.

VI.- DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

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

El Municipio de Santiago de Anaya, se localiza entre los paralelos $20^{\circ} 21'$ y $20^{\circ} 25'$ latitud norte y $98^{\circ} 54'$ y $98^{\circ} 11'$ longitud oeste, a una altitud de 2059 msnm, en la sección más alta del Valle de Actopan, que forma parte del Valle del Mezquital.

Santiago de Anaya limita al norte con los Municipios de Cardonal, Ixmiquilpan y Meztlán, al sur con San Salvador y Actopan; al oeste con Chilcuautla, Ixmiquilpan y San Salvador, al este con la Sierra de Actopan y es cruzado por los ríos San Nicolás y Senta (Fig. 1 y 2).



Fig

ura 1. Localización de la zona de estudio.



Escala 1:400 000

Fig. 2. Localización de la zona de estudio.

6. 1 CLIMA

El clima de la región está determinado principalmente por el patrón general de circulación atmosférica que caracteriza a esta latitud, el cual es acentuado por la orografía; la altitud es el determinante primordial de la temperatura. Los tipos de clima en la clasificación Köppen, modificadas por García, 1981, son BS₁K(w")g y BS₀k(w")w(i)g semiáridos templados con régimen de lluvias de verano con un período de sequía intraestival régimen de temperaturas con poca oscilación y con una temperatura mensual máxima en primavera. En el Valle de Actopan, se registra una temperatura media anual entre 16 y 20 °C y 550 mm de precipitación media anual, concentrada en los meses de junio a septiembre, seguida por un periodo de sequía de 6 a 8 meses. La única diferencia entre los dos climas presentes en la zona es que los BS₁ son ligeramente menos áridos que los BS₀.

6. 2 VEGETACIÓN

La vegetación de la zona puede ser clasificada, de acuerdo con Rzendowski, (1994), como matorral xerófilo, que incluye matorral micrófilo, es decir, arbustos de hoja o folio pequeño, representado principalmente por los generos *Mimosa*, *Prosopis*, *Flourensia* y *Condalia*. Las principales especies son *Myrtillocactus geometrizans*, *Opuntia streptacantha* y *Prosopis laevigata*. En el estrato arbustivo sobresalen *Acacia spp.*, *Mimosa biuncifera*, *M. depauperata*, *Agave spp.*, *Eupatorium espinosarun*, *Cylindropuntia imbricata*, *Opuntia robusta*, *Condalia mexicana*. En el estrato herbáceo son frecuentes *Bouteloua curtipendula*, *Bouteloua hirsuta*, *Echinocereus cinarancens*, *Enneapogon desvauxi*, *Eragrostis spp.*, *Euphorbia spp.*, *Ferocactus spp.*, *Leptochloa dubia*; *Mammillaria spp.*, *Muhlenbergia repens*, *Jatropha dioica*, *Physalis spp.*

6.3 GEOLOGÍA Y EDAFOLOGÍA.

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

Los suelos del Valle de Actopan son poco profundos, con rocas superficiales, pobres en materia orgánica y deficientes en varios elementos, cuya textura más común es el migajón arcilloso (Mayagoitia, 1959). El pH de los suelos, alrededor de 8, se debe indudablemente al depósito de materiales producto de la erosión que sufren las calizas que

existen en la zona. Los suelos son más delgados en las cercanías de las elevaciones montañosas y en algunos casos llega a aflorar el horizonte "B", del suelo tipo "caliche".

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

VII.- MATERIAL Y MÉTODOS

7. 1 MATERIAL BIOLÓGICO

Se utilizó un lote comercial de semillas de *Bouteloua gracilis* (H.B.K.) Lag. ex Steud. proveniente de California, E. U. A.

7. 2 FASE DE INVERNADERO

7. 2. 1 *Tratamiento pregerminativo*

El tratamiento pregerminativo más adecuado para las semillas de *Bouteloua gracilis* es la imbibición y la incubación (Flores, 1994). Con el fin de elevar el porcentaje de germinación, en 21 bolsas de papel se colocaron, en cada una, 100 semillas sin glumas (cariopsis desnudas) y se sometieron a un tratamiento de imbibición en agua corriente a temperatura ambiente, durante: 12, 24, 36, 48, 60 y 72 horas, así como un testigo sin remojo, todos con tres repeticiones cada uno.

7. 2. 2 *Prueba de germinación*

Las 2100 cariósides tratadas se trasladaron a 21 cajas Petri con papel filtro saturado con agua de la llave, también a temperatura ambiente, y se determinó el porcentaje de germinación por conteo diario de las semillas que presentaban primordios radiculares.

7. 3 FASE DE CAMPO

7. 3. 1 *Construcción de los dispositivos de sombreado*

Se construyeron estructuras de madera de 1 metro cuadrado de superficie y una altura de 50 cm; en cada una de éstas se colocaron mallas con diferente tamizado de radiación solar, de tal manera que se obtuvieron diferentes porcentajes de sombra: 34, 43, 55, 63, 73% y un testigo sin malla (fotografía 2), cada uno con cuatro repeticiones. El espacio debajo de cada dispositivo se dividió en cuatro lotes de 400 centímetros cuadrados cada uno (Fig. 3).

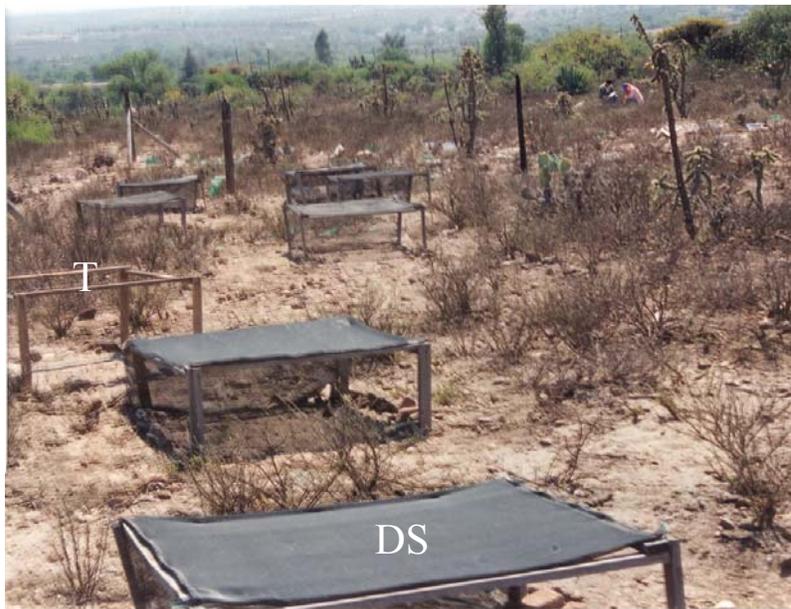


Foto 2. Vista general de los dispositivos con sombreado (DS) y del testigo sin sombra (T).

7. 3. 2 Siembra

La siembra se realizó durante el periodo de lluvias correspondiente a la última semana de agosto, ya que es factible que la humedad contenida en el suelo favorezca la germinación de la semilla y emergencia de la plántula.

En cada lote de los dispositivos con sombreado, se sembraron 100 carióspsides de *Bouteloua gracilis* previamente remojadas en agua durante 12 horas (de acuerdo con la prueba de germinación), a un centímetro de profundidad (Wilson y Briske, 1978, 1979; Orozco, 1993).

7. 3. 3 Riegos

Existe un mayor porcentaje de establecimiento cuando el sustrato contiene una reserva hídrica inicial disponible para la planta, que cuando ese mismo aporte hídrico es distribuido en el tiempo (Flores, 1994). Al término de la siembra se realizó un riego único, es decir, las parcelas permanecerán sin riego adicional a la lluvia. De los cuatro dispositivos que conforman cada nivel de sombreado (0, 34, 43, 55, 63 y 73%), dos se regaron con 20 mm y dos con 40 mm de agua.

7. 4 REGISTRO DE DATOS



Foto 3. Registro de las variables evaluadas bajo un dispositivo de sombreado.

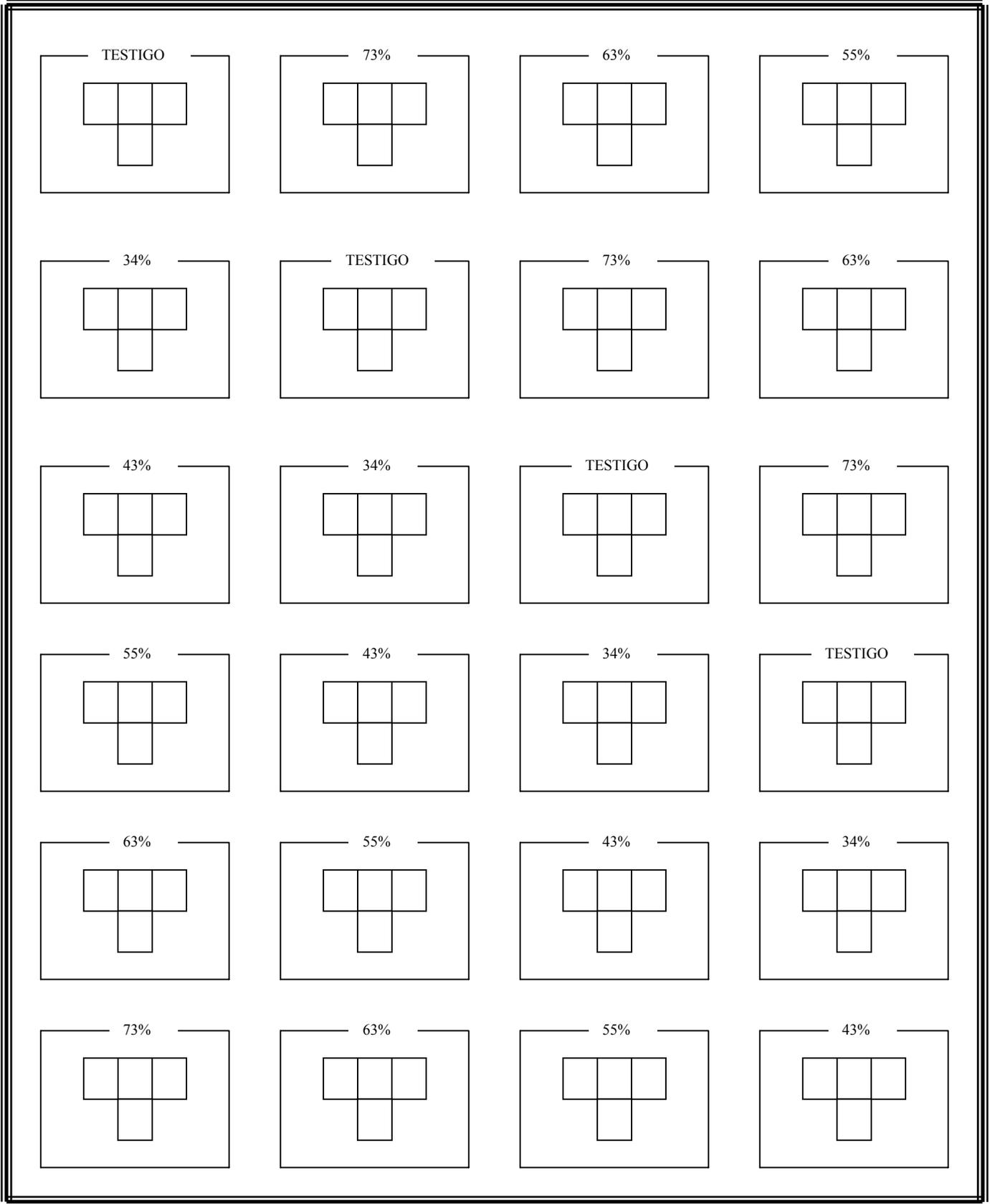


Figura 3. Distribución de los dispositivos de trabajo (nodrizas artificiales). El valor porcentual indica el porcentaje de sombra generado por la malla empleada en la superficie de la mesa.

Periódicamente (semanalmente los cuatro primeros meses y mensualmente después hasta completar un ciclo anual) se registraron las siguientes variables:

7. 4. 1 Evaluación de la emergencia.

- 1) Número de plántulas emergidas durante un mes.

7. 4. 2 Crecimiento.

- 1) Longitud máxima de cada plántula, de la base hasta la lámina foliar más desarrollada (Collins, 1990, citado en Avilés y Cortés, 1997).
- 2) Número de hojas verdes por plántula.

7. 4. 3 Supervivencia

- 1) Número de individuos vivos presentes durante el ciclo anual.

7.4.4 Factores ambientales

Los registros de temperatura y humedad relativa se realizaron a las 13:00 horas del día, que es la hora máxima de radiación solar, a una altura de 5 centímetros sobre el nivel del suelo, es decir, del medio circundante de las plántulas (temo-higrómetro Lutron HT-3004) (Noy-Meyr, 1973; Franco y Nobel, 1988, 1989; Valiente-Banuet y Ezcurra, 1991; Valiente-Banuet *et al.*, 1991b; Barik *et al.*, 1992; Cody, 1993).

Así mismo, con el fin de comparar la relación entre la temperatura y humedad registrada debajo de los dispositivos de sombreado y la temperatura y humedad ambiental, se tomaron lecturas de las variables de precipitación pluvial y temperatura máxima y mínima ambiental, de la siguiente manera: en la zona de estudio se colocó a ras del suelo un pluviómetro y un termómetro de máximas y mínimas, los datos se registraron cada fin de mes durante el ciclo anual.

7. 5 TRATAMIENTO ESTADÍSTICO

El tratamiento estadístico se llevó a cabo con el software de análisis estadístico Statgraphic Plus, versión 5.0.

Los resultados se procesaron mediante un diseño de experimentos factorial, con dos factores:

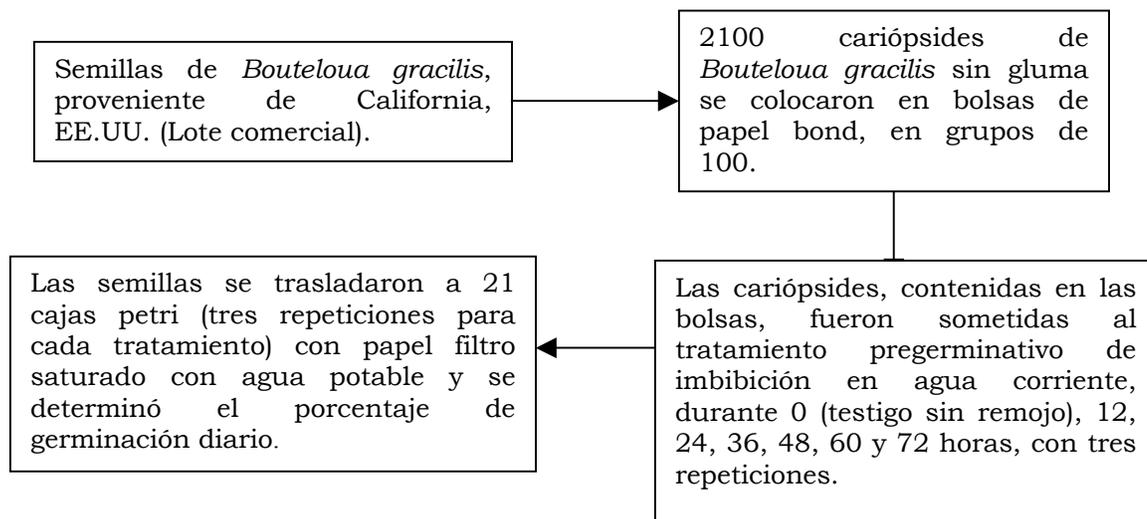
- a) Aporte hídrico inicial (20 y 40 mm de agua) y
- b) Porcentaje de sombreado (0, 34, 43, 55, 63 y 73%).

Se realizaron análisis de varianza con respecto al número de plantas de *Bouteloua gracilis* en el primer mes (emergidas) y para cada mes del periodo de estudio (supervivencia); así como al número de hojas verdes y longitud de la plántula correspondientes al crecimiento de la especie, para establecer posibles diferencias estadísticas entre los cinco tratamientos con sombra y el testigo sin sombra, así como entre los dos tratamientos con riego iniciales.

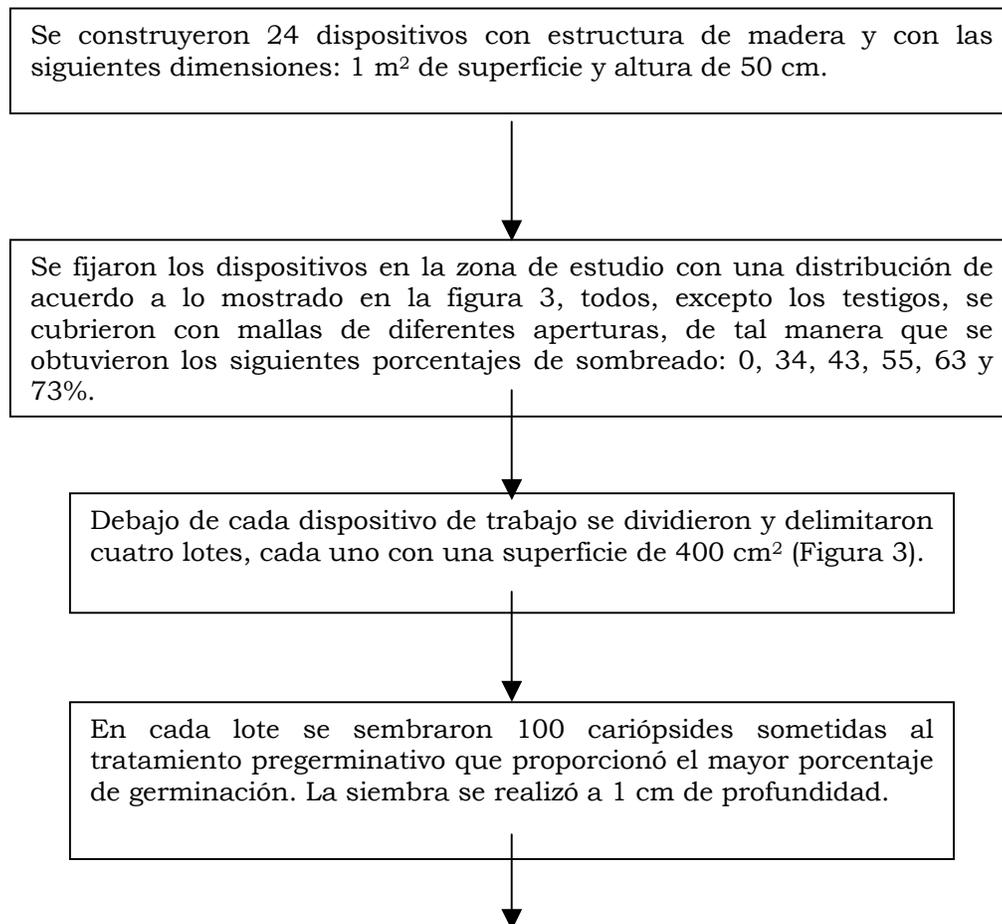
También, se compararon las medias a través de la Prueba de Tukey.

7.7 DIAGRAMA DE FLUJO DE LA METODOLOGÍA

a) Tratamiento pregerminativo y prueba de germinación (fase de invernadero)

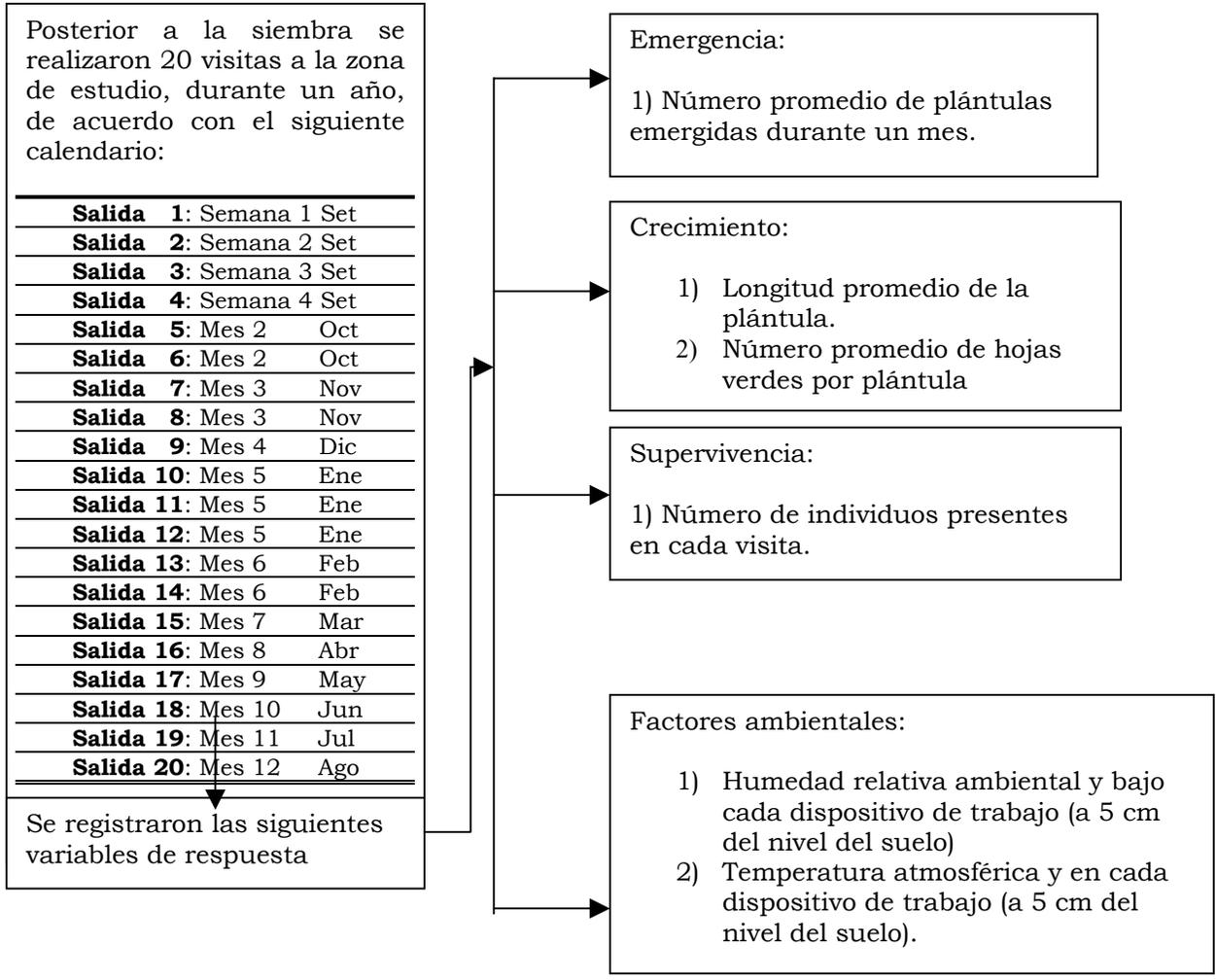


b) Habilitación de los dispositivos de trabajo y siembra de las semillas (fase de campo)



De los cuatro dispositivos de trabajo que conforman cada nivel de sombreado, dos se regaron con 20 mm y dos con 40 mm de agua.

c) Registro de datos.



XI.- LITERATURA CITADA

Avilés, M., S. M., Cortés, C., J. C. 1997. Establecimiento del zacate azul (*Bouteloua gracilis* (H.B.K.) Lag. ex Steud) a través del nodrizaje vegetal, en un agostadero semiárido del Valle de Actopan, Estado de Hidalgo. Tesis de licenciatura. FES Zaragoza. UNAM.

Aronson, J., Floret, C., Le Floc'h, E., Ovalle, C. y Pontanier, R. 1993 (a). Restoration and Rehabilitation of Degraded Ecosystems in Arid and Semi-Arid Lands. I. A View from the South. *Restoration Ecology*. 1(1):8-17

Aronson, J., Floret, C., Le Floc'h, E., Ovalle, C. y Pontanier, R. 1993 (b). Restoration and Rehabilitation of Degraded Ecosystems in Arid and Semi-Arid Lands. II. Case Studies in Southern Tunisia, Central Chile and Northern Cameroon. *Restoration Ecology*. 1(3):168-187.

Barba, A. A. 1991. Cómo obtienen el agua las plantas del desierto. *Tópicos de Investigación y Postgrado*. 2(1): 27-34.

Barik, S. K., H. N. Pandey, R. S. Tripathi, P. Rao. 1992. Microenvironmental variability and species diversity in tree fall gaps in a sub-tropical broadleaved forest. *Vegetation*. 103:31-40.

Besnier, R. F. 1989. Semillas biología y tecnología. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. Pp. 147-223.

Bravo, H. H. 1937. Observaciones Florísticas y Geobotánicas del Valle del Mezquital, Hidalgo. *Anales del Instituto de Biología*. UNAM.

Burzlaff, D., Launchbaugh, J., Stubbendieck. J. The growth and development of blue grama (*Bouteloua gracilis* (H.B.K.) Lab. Steud.). College of Agricultural Sciences. Publication No. T-9-153. Texas. Tech Immodesty, Lubbock 79409.

Cantú, B. J. 1990. 150 gramíneas del norte de México. Descripción: valor forrajero, manejo y utilización. UAAAN-Unidad Laguna. Torreón, Coah. 1^a. Edición. 98-99.

Carren, C., Wilson, A., Cuany, R., y Thor, G. 1987. Caryopsis weight and planting depth of Blue grama: I. Morphology, emergence, and seedling growth. *Journal of range management*, 40(3):212-216.

Cody, M. C. 1993. Do Cholla cacti (*Opuntia spp.*, subgenus *Cylindropuntia*) use of need nurse plants in the Mojave Desert?. *Journal of Arid Environment*. 24:139-154.

Cooper, H. W., Smith, J. E., Alking, M. D. 1957. Producing and harvesting grass set in the Great Plains. USDA Farmers bulletin. 2112.

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 para obtener la licenciatura en Biología. ENEP "Zaragoza" UNAM. 83 pp.

Cruz, R. J. A. 1996. Evaluación de las condiciones microclimáticas, edáficas y de vegetación bajo el dosel de *Prosopis laevigata* (Humb. & Bonpl. ex Wild) M: C: Johnst., en un agostadero semiárido del norte de Guanajuato. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.

Dye, A. J. 1972. Carbon dioxide exchange of blue grama sward in the field. *Herbage Abstracts*. 1974. 44:5.

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., en un agostadero de Santiago de Anaya, del Valle de Actopan, estado de Hidalgo. Tesis de Licenciatura en Biología. FES-Zaragoza, UNAM. 81 pp.

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. UNAM. 89 pp. 1981.

Franco, A. C., P. S. Nobel. 1988. Interactions between seedlings of *Agave deserti* and the nurse plant *Hilaria rigida*. *Ecology*. 69(6):1731-1740.

Franco, A. C., P. S. Nobel. 1989. Effect of nurse plants on the microhabitat and growth of cacti. *Journal of Ecology*. 77: 870-886.

García, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. U.N.A.M. México. pp 118.

García, E. G. 1989. Características físicas y químicas de suelos de islas de fertilidad y áreas adyacentes de mezquite (*Prosopis glandulosa* Torr.) en un matorral mediano espinoso en el norte de Coahuila. Agraria. UAAAN. 55(1): 38-47.

García, M., Villa, V. 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.

García, S. R., González, E. M. 1994. Distribución de herbáceas asociadas a un gradiente de humedad en una nopalera de San Luis Potosí. Tópicos de Investigación y Postgrado. III(4):25-33.

García, M. 1994. Rehabilitación de tierras de cultivo abandonadas para la producción de carne en el altiplano central. Folleto técnico No. 1. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Jalisco, México. 16pp.

Gioda, A., Espejo, R., Blot, J., Neuvy, O. 1994. Arbres fontaines, eau du brouillard et forêts de nuages. Secheresse. 5(4):237-43.

González, Q. L. 1968. Tipos de Vegetación del Valle del Mezquital, Hgo. Departamento de Prehis. Inst. Nac. Antr. Hist. México, D. F. pp. 53.

González, D., Garza, C., Villarreal, F. 1981. Evaluación de ecotipos de zacate navajita azul *Bouteloua gracilis* (H.B.K.) Lag. y su posible utilización en el desarrollo de variedades mejoradas. Folleto. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Pp. 1-12.

Gould, W. F. 1980. Clave de los géneros mexicanos de gramíneas. 1ª. Edición en español.

Gould, F. W. 1979. The genus *Bouteloua* (Poaceae). Annals of the Missouri Botanical Garden. 66(3): 348-416.

Grubb, P. J. 1977. The Maintenance of Species-richness in Plant Communities. Biol. Rev. 52:107-145.

Hartmann, H. T. 1982. Propagación de plantas, principios y prácticas. Ed. Continental, México. 758 pp.

Hartmann, H. T., Kester, D. E., Davies, F. T., Geneve, L. R. 1997. Plant propagation. Principles and Practices. Prentice-Hall. Upper Saddle. River, New Jersey.

Hernández, X. E. 1959. Zacates indígenas. Xolocotzia, tomo II. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 491-497.

Hernández, X. E. 1964. Los pastizales de las zonas áridas y semiáridas del centro y noreste de México. Xolocotzia, tomo II. UACH, México.

Hernández y Ramos, S. A. 1968. Mejoramiento de las plantas forrajeras en México. Xolocotzia, tomo II. 1ª edición 1987. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 533-550.

Hueneke, L. F., Noble, I. 1996. Ecosystem Function of Biodiversity in Arid Ecosystems. Functional Roles of Biodiversity: A Global Perspective. SCOPE. J Wiley & Sons Ltd. 99-128.

Humphrey, R. R. 1960. Arizona range grasses description-forage value management. Agriculture Experiment Station. University of Arizona, Tucson. Bulletin. 298:27-28.

Hyder, D. N. Everson, R. E. Bement. 1971. Seedling morphology and seeding failures with blue grama. J. Range Manage. 24: 278-292.

Johnson, D. A. y Aguirre (1991). Effect of water on morphological development in seedlings of three range grasses: Roth breaching patterns. Journal of Range Management. 44(4): 355-360.

Johnson, D. A., Asay, L. R. 1993. Viewpoint: Selection for improved drought response in cool-season grasses. Journal of Range Management. 46(3): 194-202.

Kessler, J. J., Laban, P. 1994. Planning strategies and funding modalities for land rehabilitation. Land Degradation & Rehabilitation. 5: 25-32.

Koleff, O. P. 1991. Relaciones hídricas de las plantas. Tópicos de Investigación y Postgrado. 2(1): 15-24.

Lauenroth, W. K., Sala, O. E., Coffin, D. P., Kirchner, T. B. 1994. The importance of soil water in the recruitment of *Bouteloua gracilis* in the shortgrass steppe. *Ecological Applications*. Ecological Society of America. 4(4): 741-749.

Loomis, R. S., Connor, D. J. 1992. *Crop Ecology productivity and management*. Agricultural systems. Ed. Cambridge University Press, Great Britain. 538 pp.

López, D. M., Ramírez, C. M. E. 1996. Estudio de la germinación y el establecimiento del zacate navajita, *Bouteloua gracilis* (H. B. K.) Lag. Tesis de licenciatura. FES Zaragoza. UNAM.

Martínez, M. J. 1994. El mezquite (*Prosopis laevigata*): evaluación experimental de métodos de producción de plántula en vivero. Tesis profesional. UACH. Chapingo México.

Mejía, S. T., Dávila, A. P. 1992. Gramíneas útiles de México. Cuadernos del Instituto de Biología. UNAM. 16:58.

Miller, T. E., P. A. Werner. 1987. competitive effects and responses between plant species in a first-year old-field community. *Ecology*. 68(5):1201-1210.

Monroy, A. A. 1990. Organización de los sistemas ecológicos: el caso de las zonas áridas. *Tópicos de Investigación y Postgrado*. 1(4): 22-27.

Monroy, A. A. 1999. ¿Qué es una nodriza vegetal?. *La Hoja Verde*. Boletín. FES Zaragoza. U.N.A.M. 53:7.

Monroy, A. A. 2002. En busca del paraíso perdido: restauración ecológica. *Conversus*. 8:28-33.

Morris, H. E., Booth, W. E., Payne, G. F., Stitt, R. E. s/f. Important grass on Montana ranges. Montana State College. Agricultural Experiment Station Bozeman, Montana. *Bulletin*. 500: 60 pp.

Murray, R. B. 1988. Response of Three Shrub Communities in Southeastern Idaho to Spring-applied Terbutiuron. *J. Range Manage.* 41(1): 16-22.

Noy-Meir, I. 1993. Desert ecosystems: environment and producers. Annual Review of Ecology and Systematic. 4:25-52.

Ourcival, J. M., Floret, C., Le Floc'ch, E., Pontanier, R. 1994. Water relations between two perennial species in the steppes of southern Tunisia. Journal of Arid Enviroments. 28: 333-350.

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.

Ries, R. E., Svejar, T. J. 1991. The Grass seedling: When is establishment?. Journal of Range Management. 44:574-576.

Ries, R. E., Hofmann, L. 1995. Grass seedling morphology when planted at different depths. Journal of Range Management. 48(3): 218-223.

Rzedowski, J. 1981. Vegetación de México. Editorial Limusa, México, D. F.

Sánchez, S. O. 1980. La flora del Valle de México. Herrero, S. A.. México. 516 pp.

Santos, D. M., Ochoa, A. N. 1990. Adaptación de las plantas al déficit hídrico. Ciencia. 41: 333-344.

Toledo, V., M. 1988. La Diversidad Biológica de México. Ciencia y Desarrollo. 14(81).

Toledo, V., Ordóñez M. 1993. The Biodiversity Scenario of Mexico: A Review of Terrestrial Habitats. Ramamoorthy Bye Lot fa. New York, Oxford. 757-775.

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., E. Ezcurra. 1991. Shade as a cause of the association between the cactus *Neobuxbaumia tetetzo* and the nurse plant *Mimosa luisana* in the Tehuacan Valle, México. Journal of Ecology. 79: 961-971.

Villa, S. A., 1980, Los Desiertos de México. Subsecretaría Forestal y de la Fauna, México.

Watson, M. J. 1992. The grass genera of the world. C.A.D. International. Walling Ford. U.K. 165-167.

Wheeler, J. L.; Pearson, C. J.; Robards, G. E. 1987. Temperate pastures. Australia Wool Corporation Technical Publication. Sidney, Australia. 609 pp.

Wilson, A. M., Briske, D. D. 1978. Drought and Temperature Effects on the Establishment of Blue Grama Seedlings. En Hayder D. N. Proceedings of the first International Rangeland. Society for Range Management. Denver Colorado. USA.

Wilson, A. M., Briske, D. D. 1979. Seminal and Adventitious root growth of the Blue Grama seedlings on The Central Great Plains. Journal of Range Management. 32(3):209-213.

Yeaton, R. J. 1978. A cyclical relationship between *Larrea tridentata* and *Opuntia leptocaulis* in the Northern Chihuahua Desert. Journal of Ecology. 66:651-656.

<http://www.sedesol.gob.mx/conaza/zonasari.htm>

XII. APENDICE

Cuadro 13. Número de plántulas de *Bouteloua gracilis* bajo los tratamientos con sombra y riego inicial de 20 mm, durante el ciclo anual.

| SOMBRA | SET | OCT | NOV | DIC | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0% | 2.00 | 1.87 | 2.12 | 1.25 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.37 | 0.50 | 0.50 | 0.37 | 0.00 |
| 34% | 3.00 | 3.00 | 2.87 | 1.87 | 1.50 | 1.25 | 1.37 | 1.00 | 1.37 | 1.25 | 1.37 | 0.00 |
| 43% | 5.37 | 4.87 | 4.87 | 4.12 | 4.12 | 3.75 | 3.62 | 3.62 | 3.5' | 4.75 | 3.25 | 0.62 |
| 55% | 2.12 | 1.37 | 1.75 | 1.50 | 1.50 | 1.25 | 1.25 | 1.00 | 1.25 | 1.25 | 1.12 | 1.00 |
| 63% | 1.62 | 1.37 | 1.25 | 0.87 | 1.25 | 1.00 | 1.00 | 0.75 | 0.75 | 0.62 | 0.50 | 0.12 |
| 73% | 2.75 | 1.87 | 1.75 | 1.87 | 2.00 | 1.37 | 1.37 | 1.00 | 1.12 | 1.00 | 1.00 | 0.62 |

Cuadro 14. Número de plántulas *Bouteloua gracilis* bajo los tratamientos con sombra y riego inicial de 40 mm, durante el ciclo anual.

| SOMBRA | SET | OCT | NOV | DIC | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO |
|--------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0% | 2.75 | 6.50 | 0.25 | 2.87 | 0.62 | 0.25 | 0.50 | 0.37 | 0.75 | 0.50 | 0.25 | 0.00 |
| 34% | 2.12 | 1.87 | 1.87 | 1.50 | 1.25 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.75 | 1.00 | 0.00 |
| 43% | 11.25 | 8.75 | 6.87 | 6.87 | 4.00 | 5.62 | 4.87 | 6.00 | 5.50 | 5.25 | 4.62 | 0.87 |
| 55% | 3.75 | 4.00 | 3.37 | 3.75 | 3.37 | 3.12 | 3.00 | 3.12 | 2.87 | 2.62 | 2.62 | 1.37 |
| 63% | 7.85 | 6.5 | 6.12 | 6.00 | 5.50 | 4.37 | 4.37 | 4.12 | 3.75 | 4.37 | 4.37 | 1.50 |
| 73% | 4.00 | 2.7 | 4.62 | 4.62 | 4.25 | 3.75 | 3.62 | 3.87 | 3.75 | 3.50 | 3.50 | 1.12 |

Cuadro 15. Número de hojas verdes por plántula de *Bouteloua gracilis* bajo los tratamientos con sombra y riego inicial de 20 mm, durante el ciclo anual.

| SOMBRA | SET | OCT | NOV | DIC | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0% | 0.25 | 1.72 | 1.94 | 1.51 | 0.41 | 0.41 | 0.00 | 0.00 | 0.08 | 0.18 | 0.00 | 0.00 |
| 34% | 1.09 | 1.14 | 1.52 | 1.72 | 0.87 | 0.91 | 0.64 | 0.79 | 0.49 | 0.16 | 0.20 | 0.00 |
| 43% | 1.48 | 2.34 | 2.44 | 3.11 | 2.73 | 2.36 | 1.71 | 1.37 | 0.97 | 0.60 | 0.37 | 0.57 |
| 55% | 1.30 | 1.14 | 1.52 | 1.72 | 0.87 | 0.91 | 0.64 | 0.79 | 0.49 | 0.16 | 0.20 | 0.45 |
| 63% | 0.68 | 1.53 | 1.68 | 1.47 | 1.36 | 1.23 | 0.79 | 0.90 | 0.84 | 0.91 | 0.97 | 0.50 |
| 73% | 0.96 | 1.57 | 1.82 | 1.90 | 1.25 | 1.17 | 0.76 | 0.77 | 0.57 | 0.40 | 0.35 | 1.37 |

Cuadro 16. Número de hojas verdes por plántula *Bouteloua gracilis* bajo los tratamientos con sombra y riego inicial de 40 mm, durante el ciclo anual.

| SOMBRA | SET | OCT | NOV | DIC | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0% | 1.10 | 1.54 | 1.80 | 1.98 | 1.42 | 1.32 | 0.91 | 0.92 | 0.67 | 0.45 | 0.42 | 0.00 |
| 34% | 1.10 | 1.63 | 1.85 | 2.03 | 1.52 | 1.40 | 0.96 | 0.95 | 0.71 | 0.50 | 0.46 | 0.00 |
| 43% | 1.03 | 1.48 | 1.74 | 1.82 | 1.28 | 1.20 | 0.81 | 0.87 | 0.66 | 0.49 | 0.48 | 0.81 |
| 55% | 0.97 | 1.55 | 1.78 | 1.84 | 1.37 | 1.26 | 0.85 | 0.88 | 0.69 | 0.55 | 0.54 | 0.47 |
| 63% | 1.03 | 1.56 | 1.80 | 1.92 | 1.37 | 1.27 | 0.86 | 0.88 | 0.66 | 0.48 | 0.45 | 0.37 |
| 73% | 1.05 | 1.55 | 1.79 | 1.92 | 1.39 | 1.29 | 0.88 | 0.90 | 0.68 | 0.49 | 0.47 | 0.82 |

Cuadro 17 Longitud (cm) de las plántulas de *Bouteloua gracilis* bajo los tratamientos con sombra y riego inicial de 20 mm, durante el ciclo anual.

| SOMBRA | SET | OCT | NOV | DIC | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0% | 0.93 | 1.16 | 0.91 | 0.54 | 0.28 | 0.29 | 0.25 | 0.10 | 0.22 | 0.24 | 0.21 | 0.00 |
| 34% | 0.54 | 0.96 | 0.86 | 0.82 | 0.69 | 0.69 | 0.81 | 0.53 | 0.49 | 0.41 | 0.49 | 0.00 |
| 43% | 0.99 | 1.37 | 1.38 | 1.64 | 1.30 | 1.29 | 1.20 | 1.23 | 1.03 | 1.02 | 1.03 | 1.00 |
| 55% | 0.96 | 0.63 | 1.00 | 0.85 | 0.97 | 1.07 | 0.94 | 0.67 | 0.77 | 1.92 | 0.56 | 0.42 |
| 63% | 1.19 | 1.19 | 0.87 | 0.32 | 0.52 | 0.45 | 0.41 | 0.28 | 0.19 | 0.20 | 0.21 | 0.20 |
| 73% | 1.20 | 0.86 | 0.90 | 0.84 | 0.61 | 0.84 | 0.77 | 0.70 | 0.81 | 2.06 | 0.80 | 0.70 |

Cuadro 18 Longitud (cm) de las plántulas de *Bouteloua gracilis* bajo los tratamientos con sombra y riego inicial de 40 mm, durante el ciclo anual.

| SOMBRA | SET | OCT | NOV | DIC | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|
| 0% | 0.45 | 0.34 | 0.42 | 0.49 | 0.56 | 0.33 | 0.37 | 0.35 | 0.21 | 0.35 | 0.21 | 0.00 |
| 34% | 0.82 | 1.10 | 0.95 | 1.04 | 1.15 | 1.07 | 1.05 | 1.00 | 0.97 | 0.99 | 0.91 | 0.00 |
| 43% | 1.20 | 1.56 | 1.26 | 1.14 | 1.02 | 0.97 | 1.92 | 1.02 | 0.84 | 0.71 | 1.28 | 1.03 |
| 55% | 1.08 | 1.24 | 1.31 | 1.32 | 1.04 | 0.87 | 0.82 | 0.76 | 0.61 | 0.66 | 0.61 | 0.53 |
| 63% | 2.35 | 0.95 | 0.92 | 1.09 | 1.08 | 0.95 | 0.97 | 0.94 | 0.94 | 0.791 | 0.79 | 0.31 |
| 73% | 1.01 | 0.96 | 1.12 | 1.03 | 1.14 | 1.20 | 1.21 | 1.17 | 0.75 | 0.86 | 0.90 | 0.79 |