



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
"ZARAGOZA"

FALLA DE ORIGEN

CARACTERIZACION Y EVALUACION DE LAS
CONDICIONES MICROAMBIENTALES ASOCIADAS A
MICROSITIOS QUE FAVORECEN LA GERMINACION Y
ESTABLECIMIENTO DE Bouteloua gracilis (H.B.K.)
Lag., EN UN AGOSTADERO DE SANTIAGO DE ANAYA,
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 :

LEONARDO ESCALANTE GARCIA

DIRECTOR DE TESIS:

M. en C. ROSALVA GARCIA SANCHEZ

MEXICO, D. F.

1995



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS:

A toda una lista interminable de personas que, siempre con su mejor esfuerzo, contribuyeron de alguna u otra manera, en mucho o poco, a la realización de la presente Tesis.

Al Dr. Arcadio Monroy Ata y a la M. en C. Rosalva García Sánchez por haberme dado el apoyo y la oportunidad de trabajar en su proyecto de investigación, y por su comprensión y paciencia para la culminación de ésta Tesis.

A todos gracias..., espero no haberlos defraudado durante éste tiempo.

Se permite la reproducción parcial o total de la presente obra con la autorización explícita del autor, siempre y cuando se cite a éste.

Dedicatoria

A quienes con su esfuerzo y sacrificio, por grande o pequeño que sea, sembrando jardines donde barueros había, mantienen viva la luz de la esperanza, garantizando por siempre la espiral de la primavera, para que los hombres y mujeres verdaderos habiten a plenitud el tiempo del amor.

A la mujer, a la compañera que inspira los sentimientos más cálidos, más transparentes y más nobles que un hombre pueda expresar y compartir.

*¡ Nada está perdido mientras palpita nuestro corazón !
¡ Adelante !*

Leonardo Escalante García

INDICE

	Página
RESUMEN	1
INTRODUCCION	2
ANTECEDENTES	4
I.- Vegetación de Agostaderos Semiáridos	4
Estrato Arbustivo	4
Estrato Herbáceo	6
II.- Heterogeneidad ambiental y la diversidad de micrositios	7
III.- Vigor y Establecimiento en Gramíneas	9
IV.- <i>Bouteloua gracilis</i> (H.B.K.)Lag. ex Steud	11
Descripción Botánica	11
Interacciones Abióticas	11
Interacciones Bióticas	15
Vigor de la Semilla	17
Otros tratamientos adicionales	18
HIPOTESIS	20
OBJETIVOS	20
METODO	21
A) Trabajo de Campo	21
B) Trabajo de Invernadero	29
C) Tratamiento Estadístico	32
RESULTADOS	33
ANALISIS DE RESULTADOS	62
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	74
BIBLIOGRAFIA	76

RESUMEN

Ante la problemática de rehabilitación ecológica y mejor uso de las zonas áridas y semiáridas, se llevaron a cabo ensayos con micrositios para la introducción del zacate navajita *Bouteloua gracilis* (H.B.K.)Lag. ex Steud, en un agostadero semiárido, evaluando la dinámica hídrica de los micrositios en invernadero, así como los porcentajes de emergencia y establecimiento de las plántulas, y su crecimiento posterior, tanto en campo como en invernadero. Los resultados muestran que, en cuanto a la retención de humedad entre los tipos de micrositios se encontraron tres condiciones significativamente diferentes ($P < 0.05$) en el orden Sombra artificial > Roca = Suelo desnudo > Sustrato rocoso. En condiciones de campo la emergencia y sobrevivencia tendieron a seguir el orden Sombra natural > Suelo desnudo > Sustrato rocoso > Roca >> Hoyo, pero en las alturas la tendencia fue Sustrato rocoso > Sombra natural > Roca > Suelo desnudo, donde las diferencias estadísticamente significativas fueron poco consistentes; mientras que en condiciones de invernadero la emergencia, sobrevivencia, alturas, número de hojas y biomasa aérea y radicular siempre tendieron a ser superiores en Sustrato rocoso, pero para el número de hojas y biomasas la tendencia fue Sustrato rocoso > Suelo desnudo > Roca > Sombra artificial, mientras que en las demás evaluaciones presentaron cierta aleatoriedad, donde de nuevo las diferencias estadísticamente significativas fueron escasamente consistentes ($P < 0.05$); lo anterior es debido a la amplitud de respuesta desplegada por parte de la especie en los parámetros evaluados, como resultado, a su vez, de las variaciones en los tamaños de las semillas y por consiguiente de su vigor para dar plantas de diferentes tallas. Los resultados anteriores sugieren la elaboración de un diseño más apropiado que considere las clases de tamaño de las semillas para poder corroborar la hipótesis con una prueba estadísticamente válida, de modo que, las diferencias significativas encontradas en la capacidad de retención de humedad entre los tipos de micrositios correspondan, si es que existen, con las diferentes respuestas de la especie (emergencia, sobrevivencia y establecimiento) en esos mismos micrositios.

INTRODUCCION

Son diversos los caminos de investigación por los que se puede abordar la problemática de la rehabilitación ecológica de las zonas áridas y semiáridas, dependiendo de los objetivos particulares de cada caso. Como una aportación factible en ese sentido se llevó a cabo el presente trabajo.

En principio, ante cualquier intento de repoblamiento vegetal, se deben tener en cuenta, entre otras condiciones, las climáticas, que caracterizan los ecosistemas de las regiones áridas y semiáridas, y que siempre son rigurosas, y a las cuales la vegetación existente responde con diversas respuestas adaptativas para sobrevivir.

Aunado a lo anterior, hay que tomar en cuenta que, a pesar de la baja producción relativa de las zonas áridas y semiáridas, el hombre que las habita, se ha visto en la necesidad de explotarlas constantemente, simplificando la biodiversidad del ecosistema, poniendo en riesgo su estabilidad a largo plazo debido a una sobreexplotación por excesos en el pastoreo, caza, colecta, cultivos, etc., disminuyendo las oportunidades para el mejoramiento de la calidad de vida de sus pobladores

En particular, el sobrepastoreo siempre ha tenido un efecto negativo, sin embargo, el pastoreo puede incidir positivamente si su manejo es adecuado, es decir, los pastizales pueden resultar tanto económica como ecológicamente importantes dentro de la rehabilitación ecológica de las zonas semiáridas.

Ante ésta problemática, en un inicio los esfuerzos para la recuperación vegetal en las zonas áridas y semiáridas se realizaron con base en principios y prácticas agrícolas convencionales, pero sin éxito. Posteriormente gracias al desarrollo de una tecnología mejorada se logró avanzar en la rehabilitación vegetal. Pero últimamente estos objetivos se han consolidado teniendo en cuenta una perspectiva y principios ecológicos como lo han propuesto varios autores que consideran, además de otros conceptos más particulares, la "estructura de la vegetación y variabilidad" (Bosch y Tainton, 1988), "sucesión ecológica" (Smith, 1988), "ecología de poblaciones, ecología del pastizal e interrelaciones planta-herviboro" (Nicholson, 1988), "ecología del semillero" (Roundy y Call, 1988), etc. Para Cantú (1990) la rehabilitación vegetal va acompañada del manejo adecuado de los zacatales mediante un enfoque ecológico que considere a los zacatales como ecosistemas con factores bióticos y abióticos en interrelaciones complejas.

En consecuencia, es necesario retomar la perspectiva ecológica para la rehabilitación vegetal y para establecer los criterios que permitan hacer un mejor aprovechamiento de los recursos provenientes de los ecosistemas de las zonas áridas y semiáridas sin poner en riesgo su renovabilidad a largo plazo.

De este modo, en los últimos estudios realizados para entender la dinámica de una comunidad vegetal, como en los relacionados a la problemática de repoblamiento, se ha considerado enfatizar los experimentos que tienen en cuenta el ambiente y su heterogeneidad a escala del tamaño de la semilla comprendiendo la diversidad de micrositios, ya sea como "sitios seguros" o "sitios no seguros" (Harper, 1977), y que constituyen un tamiz ambiental como factor selectivo en la composición de especies de la comunidad, ya que, las semillas como la reserva reproductiva ("banco de semillas") de la comunidad vegetal, frecuentemente ocurren como una capa delgada y discontinua sobre la superficie del suelo y cuya distribución es soportada por la microtopografía local (Young, 1988).

En el presente estudio se trabajó con *Bouteloua gracilis* (H.B.K.)Lag. ex Steud., que además de ser nativa de la zona (aunque actualmente presenta una distribución restringida debido posiblemente al sobrepastoreo, entre otros factores), resistente al pastoreo y a la sequía prolongada, rica en proteínas, dominante en pastizales extensos ó codominante en asociación con otros elementos arbustivos o arbóreos (Rivas, 1988), es también un complemento importante para la rehabilitación ecológica de la cubierta vegetal de la zona, que es un agostadero altamente deteriorado de Santiago de Anaya, Actopan Hidalgo. Debido a que han existido problemas para su reintroducción por semilla, en este trabajo se buscó favorecer la reintroducción por semilla de ésta especie en el agostadero reconociendo y favoreciendo las condiciones microambientales específicas, implícitas en los micrositios naturales e inducidos, que conduzcan a aumentar los porcentajes en la germinación de la semilla, emergencia de la plántula y su establecimiento.

ANTECEDENTES.

Las regiones áridas y semiáridas se caracterizan por presentar un clima que comprende un desbalance entre la evapotranspiración, que es alta debido a la evaporación de la superficie del suelo y a la transpiración de la vegetación como consecuencia de las altas temperaturas durante el día, y la precipitación, que es baja con eventos de lluvia altamente variables e imprevisibles durante el año. Ante estas características, y a las edafológicas y topográficas, resultan ecosistemas integrados por una biota con adaptaciones particulares (lento crecimiento, producción de tejido de almacenamiento y defensas químicas, entre otras) para tales condiciones, como periodos de sequía prolongados y en consecuencia el estrés hídrico y otros estreses ambientales interdependientes como la deficiencia de nutrimentos en el suelo, etc. (Rivera y Rivera, 1989; Stuart, 1991). Así, la vegetación de agostaderos semiáridos es resultante de la combinación de las características anteriores con la influencia del hombre a través del pastoreo.

I.- Vegetación de agostaderos semiáridos.

A grandes rasgos, la vegetación de agostaderos semiáridos comprende vastas extensiones de terrenos, no irrigados, con plantas nativas que son apropiadas para animales de pastoreo y de vida silvestre (Humphrey, 1962; Hartmann, 1988; Cantú, 1990).

Las actividades de pastoreo practicadas durante muchos años en los agostaderos semiáridos han tenido efectos degradantes debido a la utilización intensiva de su vegetación por ganado doméstico, lo que ha conducido a un cambio en el balance arbustivo-herbácea, resultando en la dominancia del matorral en muchos lugares e implicando procesos de desertificación en otros.

Ante esta problemática, para su rehabilitación y manejo óptimo posterior, es importante tener en cuenta el papel que juega cada uno de los componentes principales del tipo de vegetación que estamos considerando.

Estrato arbustivo.- Este estrato en las zonas semiáridas, según Mckell (1989), es importante para la diversidad de la comunidad, puesto que, amplía las fuentes de productividad, incrementa las oportunidades para el uso múltiple y extiende la estabilidad ecológica. Para este autor el estrato arbustivo, como otros estratos, contribuye a la diversidad de la comunidad por polimorfismo somático, agrupamiento por distribución de edad, variantes genéticas dentro de la misma especie, diversidad de formas de crecimiento, y lo que es más importante desde el punto de vista del presente trabajo, el

estrato arbustivo también contribuye a la diversidad de micrositios dentro del habitat al otorgar oportunidades para una amplitud de variantes genéticas y somáticas de las plántulas en su establecimiento y persistencia.

Otro papel adicional del estrato arbustivo que también considera Mckell (1989) dentro de la diversidad de la comunidad, es el de la competencia por los recursos en tiempo y espacio, ya que, una manera para que las especies coexistan, evitando una competencia adversa entre sí, es por especialización, es decir, la diversidad por especializaciones es necesaria por las plantas al competir y sobrevivir; tal diversidad de especializaciones se presenta en relación al uso de recursos diferentes, en tiempo y espacio, y, de acuerdo al interés de éste trabajo, tal diversidad de especializaciones, se presenta también, por un lado, en relación al uso de heterogeneidad lateral de micrositios: condiciones favorables creadas por unas especies hacia otras, por ejemplo, un arbusto podría crear un hábitat más favorable para la producción de forraje por una herbácea, que cuando ésta crece sola, debido a que bajo ciertos arbustos se crean "islas de fertilidad", donde el estado del nitrógeno del suelo es más favorable, que en espacios abiertos entre arbustos, bajo condiciones de aridez; y por otro lado, en relación al uso de heterogeneidad vertical del ambiente: el dosel de arbustos ofrece considerable protección para especies del sotobosque, que carecen de vigor y altura, contra pastoreo intenso o bajas temperaturas, creándose una condición sinérgica entre la herbácea y el arbusto, pero también, en otros casos, ésta asociación puede acarrear riesgos de competencia por humedad del suelo, luz solar y posibilidad de sustancias alelopáticas.

Así, con base en las fuentes de la diversidad y a las variadas vías que tienen las especies para competir y sobrevivir en una comunidad diversa, resulta evidente que, el cultivo de una sola especie para la rehabilitación vegetal, carece de diversidad suficiente para lograr estabilidad a largo plazo o para explotar eficientemente todos los recursos ambientales (Mckell, 1989).

Particularmente en México, la cubierta vegetal de las regiones de clima árido (precipitación menor a 350 mm/año) y semiárido (precipitación entre 350 y 600 mm/año) reúne a todas las comunidades de porte arbustivo bajo la denominación de matorral xerófilo, encontrándose en todo tipo de condiciones topográficas (Rzedowski, 1988; Jiménez, 1989).

En cuanto a la utilización más frecuente de los matorrales xerófilos, Rzedowski (1988) reporta la práctica del pastoreo, donde el efecto más notable que produce sobre la vegetación xerófila, es la sustitución paulatina de las plantas apetecibles para el ganado por otras que éste no toca, efecto que se acentúa con el uso intenso e irracional, resultando grandes extensiones muy sobrepastoreadas.

Estrato herbáceo.- Este otro componente de la vegetación de agostaderos en las zonas semiáridas, representado por los zacatales, igualmente ha sido sujeto a la actividad del sobrepastoreo con resultados negativos, puesto que, afecta tanto la producción subsecuente de forraje como la composición florística de la comunidad, ya que la defoliación frecuente o severa disminuye la producción vegetal en lo individual y aumenta las especies competidoras, de modo que, como el pastoreo es selectivo sobre la vegetación, se alteran las relaciones competitivas entre las especies en la comunidad y eventualmente genera cambios sucesionales o retrogresionales. Sin embargo, por otra parte, el pastoreo puede potencialmente resultar positivo, si su manejo es adecuado (Langer, 1979; Hart y Norton, 1988; Harper y Marble, 1988). Cantú (1990) menciona que un manejo adecuado de los zacatales implica consideraciones: a) biológicas, debido a las respuestas de la vegetación a la cosecha, y a las respuestas de los animales que cosechan dicha vegetación, b) físicas, debido a los factores climáticos, topográficos, edáficos e hidrológicos que determinan la clase y grado de utilización que se puede hacer del zacatal, y c) social, debido a que las necesidades de la sociedad determinan el enfoque que se le dá al zacatal.

Así, los zacatales, además de tener una importancia económica, al retribuir económicamente a las poblaciones cuyo sustento se basa en gran parte en el pastoreo, tienen una importancia ecológica, ya que, como elemento importante en el estrato herbáceo forma un microclima a nivel del terreno (Ripley y Redman, 1976) que permite el establecimiento de las plántulas de diversos arbustos y eventualmente de árboles que componen la comunidad vegetal, en consecuencia, los zacates con adaptaciones a las zonas áridas y semiáridas son potencialmente importantes para su rehabilitación ecológica.

De acuerdo con Rzedowski (1988), los zacatales son generalmente de altura media (20 a 70 cm.) pero a causa del intenso pastoreo se mantienen casi siempre mucho más bajos, y que aunado al pisoteo excesivo, se impide muchas veces el buen desarrollo y la reproducción de las especies más nutritivas y apetecidas por el ganado, propiciando el establecimiento de plantas que los animales no comen y que a menudo son venenosas, y con frecuencia reducen también la cobertura del suelo, exponiéndolo a los efectos de la erosión. Como un ejemplo de éste fenómeno, Cantú (1990) reporta la degradación de zacatales de *Bouteloua gracilis* y otras especies valiosas por la invasión de zacates como *Arístida*, *Muhlenbergia* y la venenosa "alfombrilla" *Drymaria arenaroides*.

En México, las zonas áridas y semiáridas abarcan el 40.6 % (80.04 millones de hectáreas), comprendiendo el 75 % de la superficie dedicada a la ganadería, o 27 % de ganado (10 millones de cabezas), donde el tipo de vegetación más importante es el

Zacatal Mediano Abierto, destacando por su valor nutritivo el zacate navajita *Bouteloua gracilis*, entre otros. Pero la gran mayoría de los zacatales del país se encuentran en una situación de sobrepastoreo y por consecuencia presentan una baja productividad, de modo que actualmente el 80 % del país sufre un grado de erosión (Cantú, 1990).

Ante esta situación, en términos generales, se puede decir que, en los agostaderos semiáridos, severamente dañados, donde predomina la vegetación arbustiva-herbácea, para fines de rehabilitación, hay que tener en cuenta los principios ecológicos que determinan un ecosistema (Primavesi, 1982; Cantú, 1990).

II.- Heterogeneidad ambiental y la diversidad de micrositios.

Para los propósitos de repoblamiento de las zonas áridas y semiáridas, también es necesario tener presente las condiciones climáticas con las interrelaciones vegetación-suelo, como por ejemplo, el microclima del suelo, dado por los regímenes de humedad y temperatura, y a su vez, por sus gradientes en tiempo y espacio, ya que éstos elementos son afectados tanto por la morfología del suelo, drenaje, cobertura vegetal, circulación del aire y duración del día, todo lo cual contribuye a conformar la condición del microclima que determina las características de germinación, establecimiento y persistencia de una u otra especie (Leonard *et al.*, 1988).

Pero, como las condiciones meteorológicas de las zonas áridas y semiáridas son altamente variables e imprevisibles durante el año, los ecosistemas de estos lugares, como otros, de acuerdo a Fowler (1987) presentan un grado muy alto de heterogeneidad ambiental, tanto espacial como temporal, y que es confrontado por la vegetación de una población individual, a lo cual corresponde igualmente un alto nivel de variabilidad en la densidad de plantas, composición de la comunidad y en los parámetros demográficos, como resultado de esa heterogeneidad ambiental temporal y espacial, así como por los disturbios, ó ciclos vegetacionales no dependientes de los disturbios.

La heterogeneidad ambiental a nivel de la superficie del suelo y a escala del tamaño de la semilla presenta un microambiente determinante de las características de germinación de la semilla, emergencia y establecimiento de la plántula, y persistencia de la planta adulta.

Harper (1977) parte del principio de que el reclutamiento de poblaciones de plántulas o el establecimiento de una plántula desde una semilla implica una serie de eventos precisos determinísticos dentro de un ambiente en el cual la escala de la heterogeneidad ambiental está determinada por el tamaño de la semilla, ya que los requerimientos, tan finos a esa escala, para romper la latencia de las semillas, son suficientes para determinar diferente composición de especies de plántulas establecidas, y

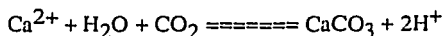
que posteriormente darán lugar a la densidad, patrón y composición de una población de plantas, en donde ahora la escala de heterogeneidad ambiental está dada por el tamaño de la planta madura, diferente a aquella que determina el comportamiento de una semilla individual.

En consecuencia, para Harper (1977), si de un gran número de semillas presentes en el suelo y las que arriban sobre la superficie a través de la dispersión, solo una fracción germina y emerge para dar plántulas, entonces, la presencia o ausencia y la densidad de una población de plántulas depende no solo de la existencia de la semilla sino de la frecuencia de "sitios seguros" ofrecidos por el ambiente, que proveen las condiciones precisas requeridas por una semilla particular, donde un "sitio seguro" es aquella zona o micrositio en el cual una semilla puede encontrar para sí misma: el estímulo requerido para romper la latencia de la semilla, las condiciones requeridas para el proceso de germinación, y los recursos agua y oxígeno que son consumidos durante la germinación; o dicho en otro sentido, un "sitio seguro" es aquel en el cual las amenazas específicas están ausentes, tales como sequía, predadores, competidores, sustancias tóxicas del suelo y patógenos de preemergencia.

Por lo tanto, como a la escala del tamaño de una semilla el ambiente físico es sobradamente heterogéneo en relación a rocas, luz, sombra, precipitación, etc., el reclutamiento de una población de plántulas está representado por un tamfz ambiental: un mosaico de "sitios seguros" y "sitios no seguros", donde la humedad, microrrelieve, propiedades físicas y químicas del sustrato, tipo de vegetación ya existente y características de las semillas juegan un papel adicional (Harper, 1977).

Hasta aquí, está claro que la escala de la heterogeneidad ambiental que define un micrositio está dada por el tamaño de la semilla, su germinación y establecimiento de la plántula, cuyo período de tiempo requerido para tales efectos es considerado por Naylor (1985), como sobrevivencia del micrositio, y que es diferente a aquella escala que determina el posterior desarrollo de la planta, como es el desarrollo de las raíces aunado al crecimiento vegetativo, floración, fructificación, etc.; en este sentido las condiciones a nivel del suelo ahora son comprendidas por lo que algunos autores han definido como microhabitat, que indistintamente abarcan el ciclo total de la planta desde que es semilla (Cloudsley-Thomson, 1974; Grime, 1982).

Otro factor adicional que afronta la vegetación dentro de la heterogeneidad ambiental, es el tipo de suelo calcáreo que, en las regiones semiáridas de lluvias escasas, donde la evapotranspiración excede a la precipitación, el Ca^{2+} permanece como catión intercambiable y se precipita en las diferentes formas de CaCO_3 de acuerdo a la siguiente ecuación:



donde las condiciones alcalinas favorecen la acumulación de CaCO_3 al consumir H^+ y desplazar la reacción hacia la derecha; las concentraciones relativamente altas de Ca^{2+} y contenidos limitados de humedad favorecen aún más ésta reacción (Bohn *et al.*, 1993). Esta condición resulta en un rápido consumo del agua proveniente de las, ya de por sí, escasas precipitaciones, de modo que, la humedad insuficiente que aún permanece se vuelve el factor limitante más probable para el crecimiento de las plantas bajo condiciones naturales de los suelos calcáreos, ya que, se ha reportado la ocurrencia de precipitados de CaCO_3 alrededor de las raíces de las plantas perennes, implicando que cationes (Mg^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} , Zn^{2+} y Cu^{2+}), aniones ($\text{H}_2\text{PO}_4^{2-}$ y SO_4^{2-}) y sales (CaSO_4) puedan ser adsorbidos sobre la superficie de los carbonatos, afectando el papel de esos iones como nutrimentos de la planta (Rendig y Taylor, 1989).

De éste modo, aunque existen dificultades de comprobación cuando se repiten experimentos ecológicos publicados anteriormente, particularmente los que implican germinación de semillas en condiciones naturales (Primack y Maio, 1991), otros investigadores con base en el principio Harperiano han continuado los estudios que comprenden los elementos constituyentes de los microsítios, o que tienen relación con ellos, como son la humedad y temperatura en relación a: el mantillo como productor de fitotoxinas (Schlatterer y Tisdale, 1969), la sola presencia o ausencia de mantillo (Carson y Peterson, 1990), el mantillo como filtro de luz (Facelli y Pickett, 1991), la cobertura del dosel vegetal (McDaniel *et al.*, 1993), los tipos de superficie del suelo (Fowler, 1986 y 1988; Eckert *et al.*, 1986a y b; Eldridge *et al.*, 1991), la preparación de semilleros (Winkel y Roundy, 1991a y b; Winkel *et al.*, 1991a y b), los disturbios naturales (Peterson *et al.*, 1990), la frecuencia y duración de los microsítios (Naylor, 1985), entre otros, donde se han reportado las características de germinación, establecimiento y persistencia en el tiempo de una u otra especie en relación a las condiciones microambientales dentro de una comunidad vegetal.

III.- Vigor y Establecimiento en gramíneas.

Hasta aquí, solo se han considerado las condiciones microambientales que determinan la germinación y establecimiento de las especies. Un segundo aspecto complementario e igualmente importante, es el que tiene que ver con las características de la propia semilla, incluyendo los procesos intrínsecos de germinación (Grime *et al.*, 1981), las morfológicas (Sheldon, 1974; Peart, 1981 y 1984), de tamaño y peso (Winn, 1985; Triphati y Khan, 1990), edad de la semilla (Bartlett, R.M., *et al.*, 1991), etc., factores que se conjugan entre sí, y con las condiciones microambientales, durante la

germinación de la semilla como durante el desarrollo de la plántula para su establecimiento dentro de una comunidad vegetal. Esto es importante para aquellas especies cuyas semillas presentan amplios grados de variación en dichas características determinando un vigor diferencial, tanto en la semilla misma, como en la plántula, lo que conduce, a su vez, de acuerdo a Mckell (1972), a una respuesta diferencial de una especie a las condiciones microambientales durante el establecimiento, donde siempre existe una intensa competencia intra e interespecífica resultando en la pérdida de muchas plántulas, de modo que cuando las condiciones ambientales son desfavorables, solo las plántulas con alto grado de vigor serán más capaces de sobrevivir.

En cuanto al vigor de la semilla y de la plántula, Mckell(1972) considera que un solo atributo no puede caracterizarlo, sino más bien, el vigor se define por una serie de características, como son: tamaño, peso y edad de la semilla que, en conjunto, cuando son positivas al vigor, se expresan en una actividad bioquímica y fisiológica favorable que, conducen a una rápida germinación, mayor fuerza y tasa de crecimiento, así como mayor resistencia a ambientes desfavorables, lo que resulta en una mejor emergencia desde siembras profundas con altas tasas de crecimiento del coleóptilo y raíz, así como en una obtención temprana de una área foliar adecuada para ocupar el área que podría ser usada por especies competidoras, y en una mayor resistencia a estreses ambientales, en contraste a las semillas inmaduras o pequeñas y ligeras de menor vigor, y sobrevivencia reducida.

Ante éstas propiedades, cuando por un lado, se reúnen favorablemente las condiciones ambientales, y por otro lado, se seleccionan las semillas con un alto grado de vigor en la germinación y en el estado de plántula para una especie dada, Mckell (1972) dice que es posible garantizar el incremento en el establecimiento de la plántula, emergencia de la coleoriza y coleóptilo con altas tasas de crecimiento, así como el desarrollo de un adecuado sistema radical de suficiente profundidad y expansión lateral para obtener agua y nutrientes a una tasa igual o mayor a la de las plántulas competidoras.

Sin embargo, cuando las condiciones ambientales son adversas, para Mckell (1972) el vigor cobra mayor importancia, de tal manera que, las plántulas de zacates perennes no son consideradas establecidas sino hasta el inicio de la siguiente estación de crecimiento, puesto que el crecimiento de la raíz y coleóptilo, debe haber sido lo suficiente como para mantener las plantas a través de las estaciones secas y frías del año. En síntesis, las condiciones requeridas para el éxito en el establecimiento de la plántula son: semillas y plántulas vigorosas y adaptadas, competencia reducida, y un ambiente favorable.

IV.- *Bouteloua gracilis* (H.B.K.)Lag. ex Steud.

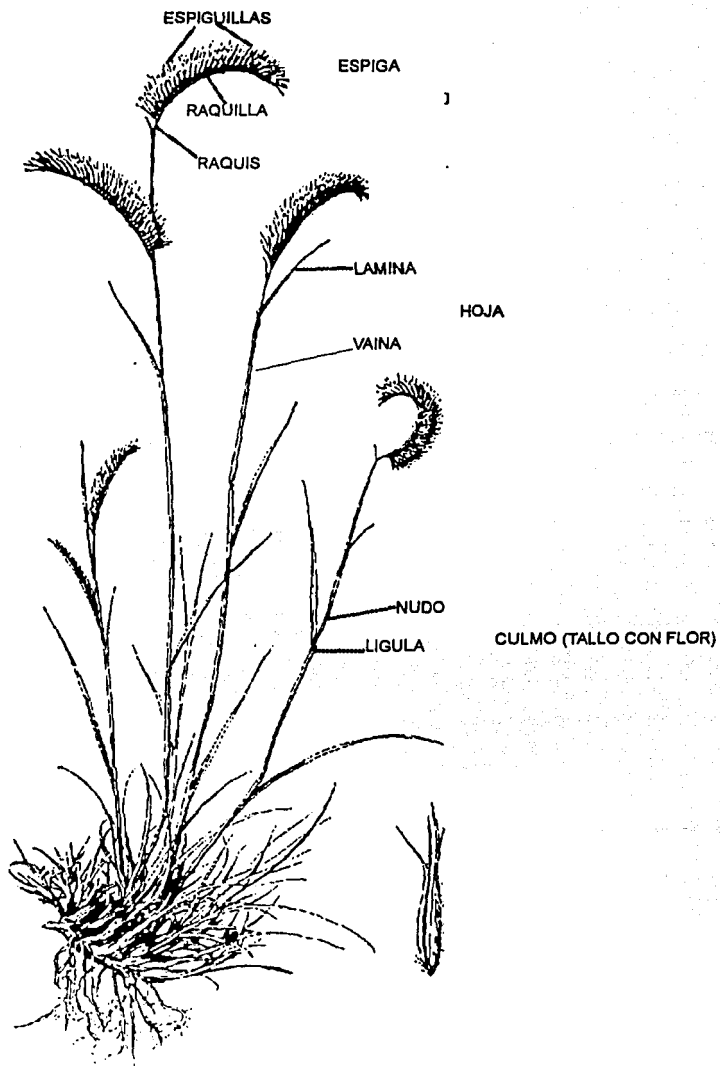
Descripción botánica.- Esta especie, perenne, comunmente conocida como zacate navajita, de la familia Graminae, crece amacollado o cespitoso, cuyos culmos erectos, delgados, lampiños y cortos llegan a medir entre 20 y 60 cm de altura, foliado en la base; las láminas foliares planas o más o menos involutas de 1 a 2 mm de amplitud y de 10 a 20 cm de largo, lampiñas, hispídas en la garganta de las vainas; comunmente 2 espigas, algunas veces 1 ó 3, raramente más, de 2.5 a 5 cm de largo; hasta 80 espiguillas de 5 mm de longitud, color moreno rojizo, algo encorvadas; lemma fertil piloso con aristas delgadas y lóbulos agudos intermedios (Hitchcock, 1971; Pohl, 1978; y Sánchez, 1980)(Esquema 1).

Interacciones abióticas.- Los estudios que se han realizado sobre *Bouteloua gracilis* han sido amplios. Riegel (1941), ya reportaba que, el repoblamiento de terrenos de cultivo abandonados y de agostaderos severamente dañados, por esta especie bajo condiciones naturales es muy lenta, de varias décadas, debido a condiciones ambientales variantes y a la extrema lentitud con la cual esta especie se establece por si misma, por lo que, solo con medios prácticos artificiales su resiembra puede ser exitosa.

a) Humedad y temperatura en relación a la morfología de la plántula.

Como la especie no se dispersa rápidamente por semilla, el lento repoblamiento por resiembra natural de *Bouteloua gracilis* fue considerado más tarde por Hyder *et al.*, (1972), quienes consideraron que el pobre éxito de la plántula está relacionado a su morfología: raíces seminales primarias simples de vida corta que se deterioran a las 5 ó 6 semanas de edad, y crecimiento de las raíces adventicias secundarias a aproximadamente 2 mm bajo la superficie del suelo, siempre y cuando esté húmedo, pero en condiciones áridas está sujeto a secarse rápidamente. Esto implica según éstos autores que en zonas áridas una humedad adecuada en la superficie del suelo para el desarrollo de la raíces adventicias se obtiene solo durante e inmediatamente después de una precipitación, es decir, cuando las condiciones de nubosidad favorables persisten por 2 o 3 días.

Otro elemento ambiental adicional que se tuvo en cuenta, fue la temperatura del suelo. En un primer trabajo Briske y Wilson (1977) encontraron que, en condiciones de humedad favorable, a 30°C las raíces adventicias se desarrollaron mejor en cuanto al número, longitud y peso; adicionalmente el peso del tallo, longitud foliar y número de renuevos de la planta también fueron mejores. 15°C fué la temperatura marginal a la cual puede iniciarse el desarrollo de las raíces adventicias, pero a menores temperaturas su desarrollo puede fallar, aún cuando las condiciones de humedad en la superficie del suelo sean favorables.



ESQUEMA 1.- *Bouteloua gracilis* (H.B.K.)Lag. ex Steud

En un segundo trabajo, Briske y Wilson (1978) encontraron que las raíces adventicias de plántulas de *Bouteloua gracilis* pueden ser iniciadas a potenciales hídricos del suelo muy bajos siempre y cuando la raíz seminal esté creciendo en suelo húmedo, pero el mejor crecimiento de las raíces adventicias para el establecimiento de la plántula ocurrió bajo humedad adecuada a 30 °C, y a menor humedad el mejor crecimiento fue entre 20 y 25 °C, disminuyendo abruptamente a 30 °C, pero probablemente no ocurrirá en condiciones de humedad y temperatura menores a -50 bars y 15°C, respectivamente; por lo que, cuando se seleccionen las fechas de siembra, ambos requerimientos de humedad y temperatura deben ser garantizados para el establecimiento de la plántula.

En un tercer estudio, Wilson y Briske (1979) obtuvieron que los requerimientos mínimos para el establecimiento consistente de *Bouteloua gracilis* incluyen: temperaturas promedio del suelo arriba de 15°C, si es preciso entre 17 y 28 °C, dos períodos propiamente espaciados de dos a cuatro días cada uno con una superficie del suelo continuamente húmeda (uno para la emergencia y otro para el desarrollo de las raíces adventicias), y un potencial hídrico del suelo aproximadamente de -0.3 bars en la zona de 0 a 40 cm. en el tiempo de emergencia.

b) La Luz en relación a la morfología de la plántula.

Un tercer elemento, además de la temperatura y humedad, es la luz, ya que, para esta especie la germinación y la posterior elongación del mesocótilo ocurren bajo el suelo, es decir en la obscuridad, hasta que el coleóptilo emerge sobre la superficie del suelo, quedando expuesto a la luz junto con la porción superior del mesocótilo, que es la parte donde surgen las raíces adventicias, necesarias para la posterior sobrevivencia de la plántula, y donde el suelo está sujeto a quedar más seco que a la profundidad de siembra, posibilitando la mortalidad de las plántulas. Para confirmar ésto Roohi *et al.*, (1991) estudiaron los efectos de la luz sobre la formación de las raíces adventicias en las plántulas. Encontraron que las plántulas que crecieron en luz continua o sobre la superficie del suelo tuvieron una longitud del mesocótilo de cero y las raíces seminales y adventicias surgieron desde el mismo punto, mientras que las plántulas que crecieron en la obscuridad o bajo la superficie del suelo presentaron la elongación del mesocótilo, de modo que, las raíces adventicias se desarrollaron cuando la parte, entre el mesocótilo y el coleóptilo, fue expuesto a la luz, en por lo menos la tercer hoja de desarrollo de la plántula; cualquier exposición más temprana a la luz precedida por la obscuridad, fue insuficiente para desarrollar raíces adventicias. Así, las plántulas solamente forman raíces adventicias en la superficie del suelo.

Como hasta aquí se ha observado, al conocerse las condiciones necesarias y suficientes que garanticen el desarrollo exitoso de la etapa de plántula, éstas pueden reunirse, pero según Ries y Svejcar (1991), es difícil decidir cuando ocurre el establecimiento, según las condiciones particulares de campo, por lo que, en sus estudios del desarrollo de las plántulas, según sus resultados en condiciones de campo, las consideraron establecidas 46 días después de la siembra y 21 días después de la emergencia, con 6 hojas, 2 raíces adventicias con suficiente penetración en el suelo para suministrar el agua necesaria para la fotosíntesis en las plántulas, y dos renuevos en promedio por planta, consiguiéndose con esto un posterior incremento continuo en renuevos y número de raíces adventicias, así, muchas plántulas que alcanzaron éste estado para el final de la primera estación de crecimiento sobrevivió y sobrevivieron la siguiente estación de crecimiento obteniéndose una adecuada población; pero como se puede observar, estos datos responden a un conjunto particular de condiciones ambientales, puesto que el tiempo requerido para la emergencia y desarrollo de raíces adventicias y renuevos puede ser diferente bajo otro conjunto de condiciones particulares.

Como una opción ante la dificultad del establecimiento por siembra directa convencional de la especie, McGinnies y Wilson (1982) propusieron que puede ser establecida por cepas. De los experimentos realizados, encontraron que, el prehumedecimiento, las fechas del trasplante y cantidad de riego posterior, son los factores que más influyeron sobre el establecimiento de las cepas, lo cual se asoció a la sobrevivencia y número de renuevos y a la tasa de elongación y número de raíces adventicias después del trasplante, siendo el mejor resultado a principios de la estación de crecimiento (mayo), ya que, esos mismos parámetros disminuyeron sucesivamente en las siguientes fechas de trasplante (finales de verano).

Sin embargo, después que las plántulas de *Bouteloua gracilis* logran establecerse, como en las zonas áridas hay un déficit de agua, su posterior desarrollo está en función de que el suelo se encuentre lo suficiente húmedo por las lluvias, las cuales en éstas zonas se presentan en un período corto y en forma imprevisible, de modo que la planta continúa viva sólo en estado latente en condiciones de sequía. Lauenroth *et al.*, (1987) reportan que la planta estresada por sequía tiene la capacidad de responder rápidamente a eventos pequeños de lluvia con incremento en el potencial hídrico y conductancia foliares debido a que las raíces sobrevivientes son capaces de absorber humedad a aproximadamente 40% de la tasa de las nuevas raíces, las cuales crecen aproximadamente 40 horas después del humedecimiento, y aunque no rebasan más del

15% de la longitud total de la raíz, también contribuyen a la adquisición del agua de manera importante.

Interacciones bióticas.- Hasta aquí, únicamente se han considerado los estudios que comprenden las interacciones de *Bouteloua gracilis* con las condiciones ambientales abióticas, en la determinación de su establecimiento y desarrollo; otras interacciones, igualmente importantes son las de origen biótico, como son las intraespecíficas y las interespecíficas.

a) Interacciones intraespecíficas: Así, como en los pastizales semiáridos, donde domina *Bouteloua gracilis*, el agua en el suelo es la limitante más frecuente sobre el crecimiento de la planta y la estructura de la comunidad, las interacciones competitivas más fuertes por los recursos bajo el terreno son más probables entre las plantas individuales de esa misma especie que con plantas de diferentes especies o formas de vida. Coffin y Lauenroth (1991) reportaron que independientemente de la vecindad una gran proporción de raíces adventicias fueron encontradas directamente abajo (10 cm de profundidad) y a la orilla (5 cm de distancia) de la planta central, disminuyendo abruptamente a mayor distancia (30 cm) y profundidad (90 cm), tal abundancia de raíces en la capa superior del suelo probablemente es resultado de la rápida respuesta de la especie a los eventos pequeños de lluvia en las zonas semiáridas que solo alcanzan a humedecer esa capa superior del suelo; este patrón de distribución también sugiere que la especie tiene la capacidad estructural para acceder al agua almacenada a profundidades relativamente grandes en el suelo (90 cm) durante intervalos entre los eventos de lluvia pequeños. Estos autores tampoco encontraron efecto de competencia intraespecífica sobre la distribución de la raíz, lo cual sugiere que la especie tiene una capacidad limitada para explotar recursos más allá de la orilla de su dosel independientemente de la disponibilidad del recurso. Pero encontraron un alto grado de sobreposición en los sistemas radicales entre plantas vecinas separadas por 10 cm (las raíces de ambas plantas ocurrieron en cada una de las profundidades y distancias entre ellas) lo que implica un gran potencial para interacciones competitivas entre las plantas vecinas que puede ser importante para la estructura de la comunidad vegetal. Por lo anterior, se tiene que la capacidad limitada de la distribución de la raíz para responder a la presencia o ausencia de plantas vecinas puede ser importante para la persistencia de otras especies y el mantenimiento de la diversidad de especies en las comunidades donde domina *Bouteloua gracilis*, especialmente después de disturbios.

Además hay que tener en cuenta la sobrevivencia de las propias raíces, es decir, el tiempo que tardan en descomponerse en condiciones del terreno natural (Dormaar y Willms, 1983).

Con base en lo anterior, Aguilera y Lauenroth (1993a), consideran que en la vegetación natural donde domina *Bouteloua gracilis*, las interacciones intraespecíficas son también, entre otros procesos, determinantes en la regeneración sexual de esta especie, porque: a) la frecuencia de contactos planta-planta entre esta especie dominante es más grande que la de cualquier otra relación interespecífica, y b) esta especie es muy eficiente en la explotación de eventos de lluvia pequeños que humedecen solo algunos centímetros de la superficie del suelo; consecuentemente las plantas adultas de esta especie probablemente reducen la disponibilidad del agua en el volumen del suelo explorado por las plántulas, por lo que, las interacciones competitivas con adultos vecinos reducen la probabilidad de sobrevivencia y desarrollo de las plántulas. En su estudio éstos autores encontraron que la emergencia de plántulas, su altura, número y longitud de raíces adventicias, número de hojas y número de renuevos hasta el final de la estación de crecimiento y su posterior sobrevivencia después del invierno, fueron significativamente superiores sin la presencia de vecinos adultos (logrado por aislamiento), que con su presencia, mientras que las diferencias entre los tamaños de las aberturas de suelo desnudo con o sin vecinos adultos, en general, fueron poco o no significativas. En consecuencia, el aislamiento de las aberturas, de las plantas vecinas, provee un microambiente mucho más favorable para las plántulas que en las aberturas sin aislamiento, de modo que impide la competencia de los adultos sobre las plántulas, creando un área dentro de la cual la extracción de agua por los vecinos se previene. Asimismo después del humedecimiento las aberturas sin aislamiento se secaron más rápido que el suelo de las aberturas con aislamiento, lo cual se explica porque la pérdida de agua en las aberturas aisladas solo incluyó la evaporación desde el suelo y la transpiración de la plántula, mientras que en las aberturas sin aislar incluyó la evaporación, transpiración y extracción del agua por las plantas adultas vecinas, puesto que estas son muy competitivas por el agua almacenada en la zona usada por las plántulas, ya que, las plantas adultas tienen una remarcada habilidad para explotar el agua en los 5 cm superiores del suelo, incrementándose la rapidez con la cual la desecación afectó las plántulas, por lo tanto, los adultos vecinos de la especie tienen un fuerte efecto detrimental sobre las plántulas de la misma especie. Por lo anterior, las restricciones para la regeneración por semilla de esta especie, además de la presencia de semillas viables, temperatura satisfactoria y disponibilidad de agua, está la competencia con adultos vecinos de la misma especie que influyen negativamente la sobrevivencia y desarrollo de las plántulas aún después del desarrollo de las raíces adventicias, de tal manera que la presencia de aberturas de suelo desnudo ocupadas por raíces de los individuos del entorno, probablemente permanecerán sin colonización por plántulas de la misma especie

por largos períodos, y solo los disturbios que producen un hueco en el espacio bajo el terreno puede resultar en micrositios con competencia reducida, desde las plantas establecidas, incrementándose la probabilidad de la regeneración sexual exitosa de la especie.

No obstante, asumiendo el establecimiento y posterior colonización de la especie sobre un terreno semiárido, otra de las interacciones intraespecíficas que se presentan son las interacciones de vecindad, implicando la competencia por los recursos distribuidos espacialmente, es decir, el desenvolvimiento de la planta individual está en función, además de los factores abióticos, de su propia área de vecindad y tamaño de los vecinos (Aguilera y Lauenroth, 1993b).

b) Interacciones interespecíficas: Entre las interacciones interespecíficas, que también son determinantes en la sobrevivencia y crecimiento de las plántulas de *Bouteloua gracilis*, Samuel y Hart (1992) encontraron que, la competencia con otras especies puede inhibir el establecimiento y reducir la producción de fitomasa, de modo que la sobrevivencia de las plántulas y su fitomasa (por abajo y arriba del terreno) se hace mayor a medida que se incrementan las aberturas donde ellas emergieron, ya que, la competencia se reduce en esa misma relación.

Sumado a lo anterior, otra de las interacciones interespecíficas que *Bouteloua gracilis* también experimenta son, en tiempo y espacio compitiendo por recursos (Kemp y Williams, 1980; Sala *et al.*, 1982; McDaniel *et al.*, 1993), así como disturbios por pastoreo, hormigueros, madrigueras y excretas de ganado (Coffin y Lauenroth, 1988; Remington *et al.*, 1992; Hart *et al.*, 1993; y Molina *et al.*, 1991).

Vigor de la semilla.- Otro factor adicional que también debe tomarse en cuenta, es el mejoramiento genético de resistencia a la sequía por las plántulas, comprendiendo: rápida extensión de la raíz seminal, penetración profunda de la raíz seminal en el perfil del suelo, alta capacidad de adquisición de agua por la raíz seminal, alta resistencia a la pérdida de agua desde las hojas, y alta capacidad para el desarrollo de las raíces adventicias (Wilson y Briske, 1979).

Como el vigor y peso del cariopsis son una característica genética, con lo que es posible seleccionar y mejorar las semillas para obtener pesos altos, aumentando los porcentajes de establecimiento de *Bouteloua gracilis*, Carren *et al.*, (1987a y b), al estudiar diferentes tamaños de los cariopsis, encontraron que, el peso elevado del cariopsis estuvo asociado con un incremento en la emergencia, en el peso por longitud unitaria del mesocótilo, en la longitud del coleoptilo, en el peso del tallo y de las raíces adventicias, concluyendo que el peso elevado del cariopsis y la rápida emergencia, que

pueden ser conseguidos por mejoramiento genético, combinados con una profundidad de siembra de 2 cm, favorecerá la germinación, emergencia y establecimiento de las plántulas, al encontrarse en mejores condiciones de humedad a esa profundidad, en contraste a una profundidad de siembra de 1 cm. donde el suelo se seca pronto después de llover, evitando la emergencia.

Otros tratamientos adicionales.- Por último, como en condiciones de campo una de las dificultades de la especie para establecerse por siembra, es el tiempo requerido entre la germinación y desarrollo de raíces adventicias, ya que, en éste intervalo es raro que ambos eventos ocurran con condiciones de humedad del suelo adecuadas, haciendo poco frecuente la sobrevivencia de la plántula, Roohi y Jamenson (1991) estudiaron los efectos de los tratamientos de hormonas, escarificación y preparación del almácigo, sobre la germinación y formación de raíces adventicias de las plántulas, con el fin de reducir el intervalo entre ambos eventos y en consecuencia incrementar el establecimiento. Encontraron que la mezcla de 0.5 ppm de ácido giberlico con 1.0 ppm de ácido indolacético dio la mejor respuesta para el crecimiento de las raíces seminales y adventicias, mientras que aplicadas por separado, así como otras hormonas, tuvieron efectos inhibitorios en el crecimiento de ambas o de una u otra raíz; la longitud del tallo, de la raíz seminal y número de raíces adventicias por planta fueron similares entre los tratamientos probados (hormonas, escarificación e imbibición), pero la longitud de las raíces adventicias y del mesocótilo sí variaron por tratamiento: cada grado adicional en la intensidad del tratamiento tuvo un efecto adicional en la longitud de la raíz adventicia (la escarificación más el secado del cariópside después del tratamiento de la hormona resultó en el incremento de la longitud de la raíz), mientras que la longitud del mesocótilo fue más corto con la escarificación. En condiciones de campo, la escarificación y hormonas tuvieron efectos benéficos en términos de reducir el número de días para la emergencia del tallo, incrementando el número de renuevos por planta, el número y longitud de raíces adventicias, por lo que las hormonas parecen ser aditivas a la escarificación; el almácigo con la inyección de agua redujo el número de días en la emergencia e incrementó el número de raíces adventicias y de renuevos por planta; éstos tratamientos no influyeron la longitud ni el peso seco del tallo; por último, el acolchado químico no tuvo efectos significativos en las mediciones anteriores.

Con base en todos los antecedentes descritos, se tiene que, con el conocimiento de los procesos previamente señalados, se puede controlar el terreno con opciones para manipular la vegetación (Young, 1988; Roundy y Call, 1988). En el presente trabajo se exploraron las condiciones microambientales, implícitas en los micrositos ensayados,

con las demandas de la semilla (para su germinación) y la plántula (para su establecimiento) de *Bouteloua gracilis*, a través de sus respuestas en su desarrollo a tales condiciones, ya que, sus requerimientos microambientales en esas fases de más importancia para su establecimiento exitoso, no se cumplen regularmente debido a que en las zonas semiáridas se presentan en forma azarosa; por lo que en este trabajo se consideró a la humedad como el recurso ambiental limitante, de modo que el desarrollo de la especie está en función del período de reserva hídrica de los diferentes micrositos.

HIPOTESIS

Para *Bouteloua gracilis* cada tipo de micrositio genera probabilidades de germinación y establecimiento particulares, de modo que las probabilidades aumentarán conforme la humedad edáfica sea mayor en los micrositios, es decir, a medida que la desecación sea evitada por las condiciones generadas por ellos mismos.

OBJETIVOS

Determinar el efecto de 5 tipos diferentes de micrositios sobre la emergencia y establecimiento de las plántulas de *Bouteloua gracilis* en condiciones de Invernadero y Campo.

- 1) Evaluar el efecto de los 5 tipos de micrositios en el porcentaje de emergencia y establecimiento de la especie en el agostadero natural.
- 2) Evaluar el efecto de los 5 tipos de micrositios inducidos en Invernadero, que pretenden simular a los micrositios en campo, sobre el porcentaje de emergencia y establecimiento.
- 3) Evaluar la pérdida de humedad en los 5 tipos de micrositios inducidos en Invernadero.

METODO.

A) Trabajo de campo:

1.- El trabajo de campo se realizó en un agostadero semiárido de Santiago de Anaya, ubicado en el Valle de Actopan, Edo. Hidalgo (figura 1), entre los paralelos 20° 21' y 20° 25' latitud Norte y 98° 54' y 98° 11' latitud Oeste, a una altitud de 2059 msnm, con un clima semiárido, seco con lluvias en verano, BS₁Kw"(i)g (García, 1981), cuya precipitación anual promedio es de 550 mm concentrándose la mayor parte entre los meses de Mayo y Septiembre. El suelo del área de estudio es franco arcilloso, y contiene 35.01% de humedad en peso a -0.3 bar (capacidad de campo) y 19.39% de humedad en peso a -11.0 bar (cuadro I y II para más información sobre propiedades fisicoquímicas del suelo). La vegetación presente en el lugar se caracteriza por una cubierta vegetal tipo matorral xerófilo de acuerdo a la clasificación de Rzedowski (1988), que con base a un recorrido previo realizado en el área de estudio, incluye a los matorrales micrófilo (representado por los géneros *Mimosa*, *Prosopis*, *Flourensia*, *Condalia*, *Fouquieria*), crasicale (representado por el género *Opuntia*) y rosetófilo (representado por el género *Agave*). Entre éstos matorrales existen, además de líquenes, musgos y algas, varias especies de grámíneas.

2.- Se delimitó un área experimental de 25 m x 25 m cuya pendiente es de 4.5%.

3.- Se hizo una evaluación preliminar de los tipos y frecuencia de micrositios presentes: muestreo de 6 transectos (25 m de largo, separados adyacentemente cada 8 m) para las posibles "nodrizas vegetales", con el fin de elegir las representativas, evaluando número de individuos y altura por especie (cuadro IIIA); y un muestreo de 6 cuadrantes (1 m²) distribuidos al azar, para los tamaños de roca (cuadro IIIB).

4.- Los micrositios experimentales semiinducidos se distribuyeron al azar a lo largo de 5 transectos (25 m de largo, separados adyacentemente cada 4 m) quedando cada micrositio separado del siguiente por 2.25 m aproximadamente; el área ocupada por cada uno fue de 30 cm x 30 cm (figura 2).

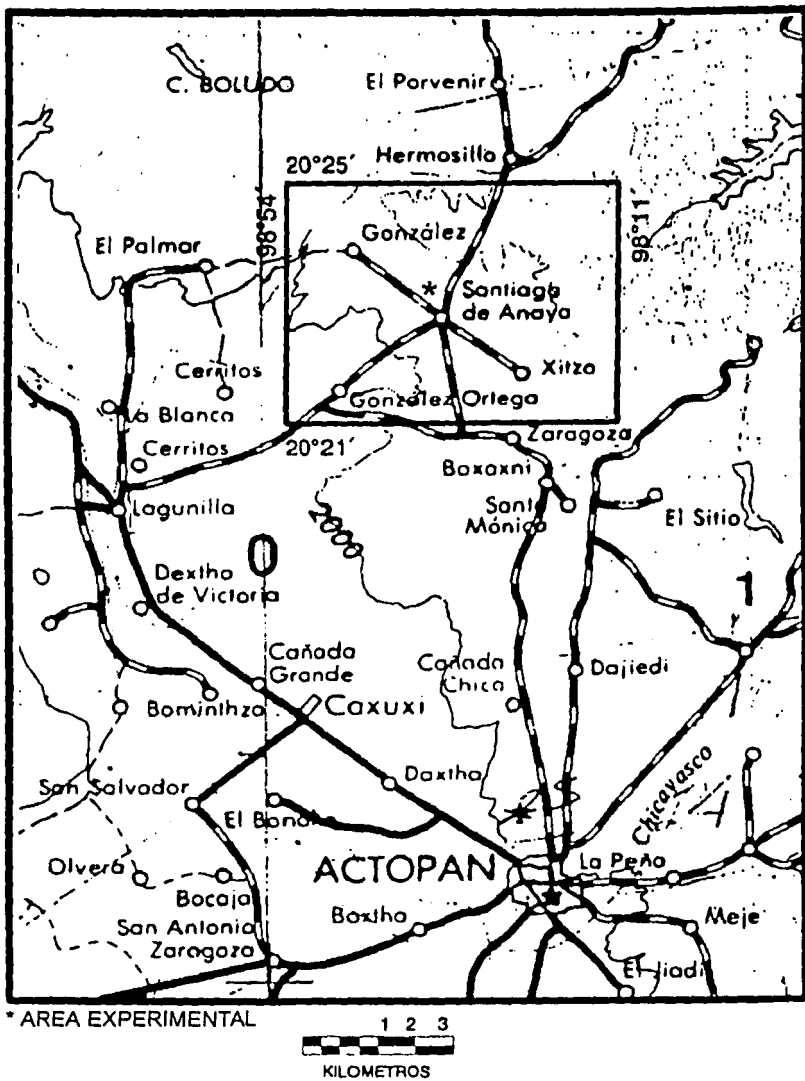


FIGURA 1

CUADRO I.- PROPIEDADES FISICAS DEL SUELO

MUESTRA	DENSIDAD APARENTE	DENSIDAD REAL (gr/cm ³)	ARENA (%)	LIMO (%)	ARCILLA (%)	TIPO DE SUELO		
A**	1.09	2.49	33.68	32.72	33.60	Franco arcilloso		
B	1.25	2.61	37.68	28.72	33.60	Franco arcilloso		
Curva de retención de humedad								
Potencial hidrico (bars)	0.3	0.5	0.7	1.0	3.0	5.0	7.0	11.0
A	33.86 *	31.09	29.42	27.77	23.28	21.46	20.35	19.23
B	35.01 *	31.87	30.05	28.28	23.57	21.69	20.54	19.39

* Porcentaje de humedad del suelo en peso

** A = Condiciones de Invernadero B = Condiciones de Campo

CUADRO II.- PROPIEDADES QUIMICAS DEL SUELO*

	pH 1:2	CE dS/m	MO %	Ca ppm	Mg ppm	Na ppm	K ppm	P Olsen ppm
CAMPO	8.4	0.18	2.6	4,186	553	63	181	13
INVERNADERO	8.2	0.42	4.2	4,978	425	120	455	15

	NH ₄ ⁺ ppm	NO ₃ ⁻ + NO ₂ ⁻ ppm	CO ₃ ⁼ me/l	HCO ₃ ⁻ me/l	SO ₄ ⁼ me/l	Cl ⁻ me/l
CAMPO	15.0	25.0	-	2.2	0.22	1.1
INVERNADERO	13.3	38.4	-	5.3	0.45	3.4

pH = Potencial de hidrógeno

CE = Conductividad eléctrica

MO = Materia orgánica

Ca = Calcio

Mg = Magnesio

Na = Sodio

K = Potasio

P Olsen = Fósforo por el método Olsen

NH₄⁺ = iones amonio

NO₃⁻ = iones nitrato

NO₂⁻ = iones nitrito

CO₃⁼ = iones carbonato

HCO₃⁻ = iones bicarbonato

SO₄⁼ = iones sulfato

Cl⁻ = iones cloro

*Los análisis fueron hechos en el Colegio de Postgraduados - CHAPINGO

. Sección de Química de Suelos - Laboratorio . Centro de Edafología

CUADRO 3: Evaluación preliminar de los tipos y frecuencia de micrositios presentes en el área de estudio

(A)

Posibles nodrizas:	TRANSECTOS						Total	Porcentaje
	I	II	III	IV	V	VI		
	Número de Individuos							
<i>Flourensia resinosa</i>	53	49	68	42	67	52	331	63.65
<i>Mimosa sp</i>	28	39	24	11	23	32	157	30.19
<i>Opuntia cantabrigiensis</i>	2	0	0	0	0	0	2	0.38
<i>Opuntia leptocaulis</i>	1	0	1	1	1	1	5	0.96
<i>Agave salmiana</i>	0	6	0	0	0	0	6	1.15
<i>Ferocactus latispinus</i>	0	1	1	1	1	2	6	1.15
<i>Opuntia imbricata</i>	0	0	2	1	1	2	6	1.15
Compuestas	0	5	2	0	0	0	7	1.34

(B)

Cuadrantes	Rocas	Diferentes tamaños de rocas			
		< 3 cm	3 a 5 cm	5 a 10 cm	>10cm
I	L*	395	44	17	0
	S	0	0	4	0
II	L	386	26	6	3
	S	0	0	5	9
III	L	412	38	20	1
	S	0	0	7	2
IV	L	0	31	26	2
	S	0	0	13	2
V	L	93	23	9	0
	S	0	0	6	0
VI	L	193	42	16	5
	S	0	0	17	8

*L = Libres, S = Semienterradas

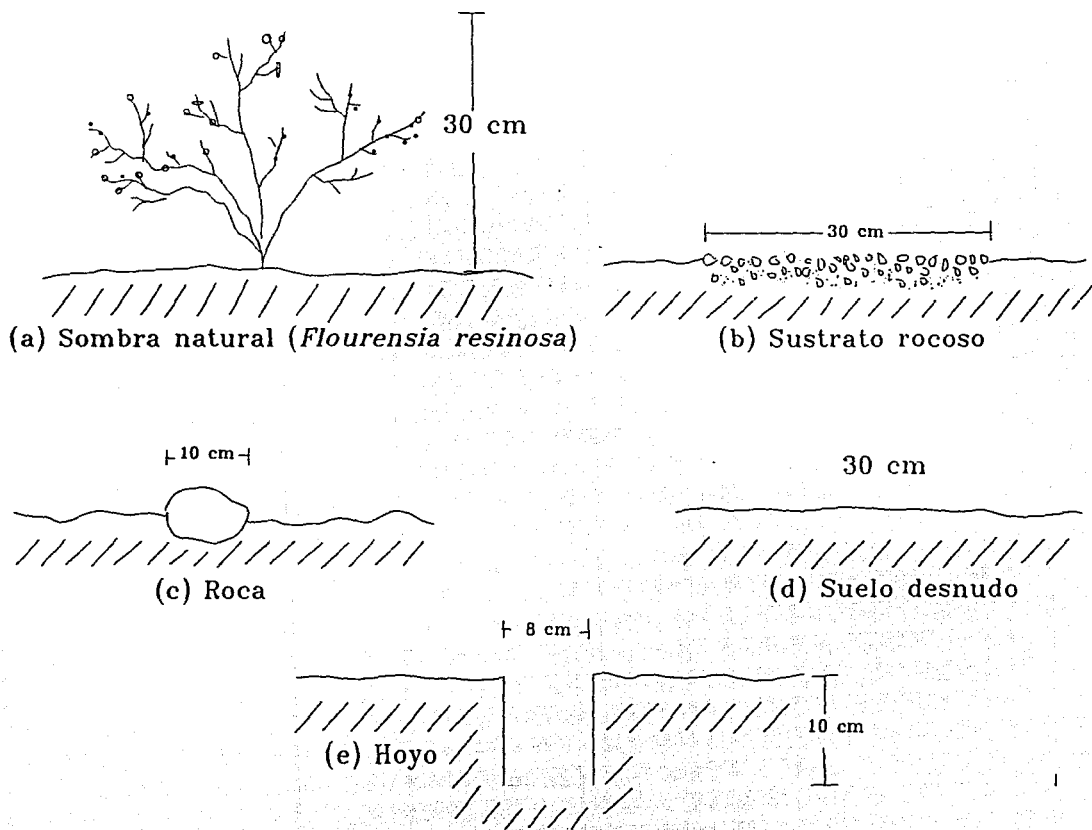


FIGURA 2.- Cinco tipos de micrositios semiinducidos en campo

5.- Los tipos de micrositios elegidos por ser representativos del área comprendieron:

a) Posible **Nodriz vegetal**: condición creada por plantas de *Flourensia resinosa* de 30 cm de altura promedio (figura 3a); en adelante se hará referencia a éste tipo de micrositio como Sombra natural (Sn),

b) **Roca semienterrada (R)**: piedras poliédricas, tipo sedimentaria, de 10 cm en su diámetro más grande, (figura 3b),

c) **Sustrato rocoso (Sr)**: integrado por piedras desde las más pequeñas hasta de 3 cm las más grandes (figura 3c), y

d) **Suelo desnudo (Sd)**: condición generada por el suelo desprovisto de vegetación y rocas, y fue conformado con suelo tamizado con un tamíz de 4 mm (figura 3d).

e) **Hoyo (H)**: representa las oquedades del terreno; en éste caso se indujo enterrando un tubo de 8 cm de diámetro por 15 cm de largo, hasta una profundidad de 10 cm, se extraía el suelo del interior e inmediatamente se sacaba el tubo (figura 3e).

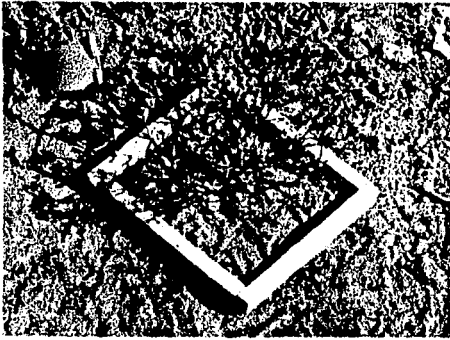
Para cada tipo de micrositio se establecieron 10 repeticiones.

6.- Las temperaturas se registraron mediante la utilización de termómetros de Máximas y Mínimas, colocados: uno enterrado 1 cm debajo de la superficie del suelo, uno sobre la superficie, y otro bajo el dosel de la nodriz vegetal. La humedad en los micrositios en condiciones de campo no fué posible determinarla debido a limitaciones técnicas.

7.- Las semillas fueron adquiridas comercialmente en establecimientos de semillas forrajeras para ganado.

8.- Con el fin de probar si algún tipo de micrositio podría tener un efecto positivo en condiciones adversas, fuera de la estación de crecimiento de la especie, el 12 de diciembre de 1992 se realizó la primera siembra: con base en los porcentajes de germinación obtenidos en invernadero (25 % en promedio) y a los porcentajes entre semillas vanas (60 %) y con cariópsis (40 %), con el fin de obtener por lo menos 20 plántulas por micrositio se sembraron 0.5 g de semillas por micrositio sin escarificar a 1 cm de profundidad aproximadamente, con un riego inicial de 40 mm. El riego se repitió el 19 y 26 de diciembre. Los resultados fueron nulos.

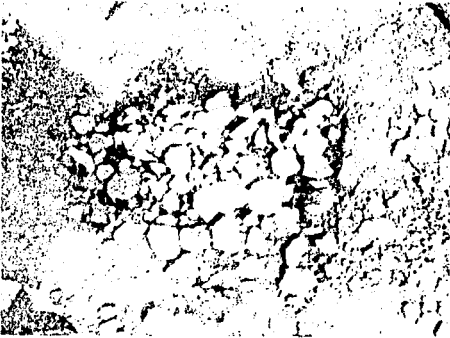
9.- El 31 de enero de 1993 se realizó una segunda siembra: 0.5 g de semillas por micrositio, embebidas en agua por 48 horas como la única medida de escarificación con el fin de aumentar la posibilidad de germinación y emergencia, se sembraron a 1 cm de profundidad aproximadamente, con un único riego inicial de 40 mm. Los resultados fueron nulos.



a) Sombra natural



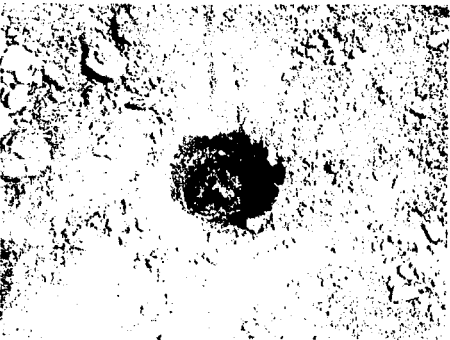
b) Roca semienterrada



c) Sustrato rocoso



d) Suelo desnudo



e) Hoyo

Figura 3.- Cinco tipos de micrositios semiinducidos en campo.

10.- El 27 de febrero se llevó a cabo un muestreo de los microsítios sembrados con el fin de observar si las semillas habían germinado. Se recolectaron muestras de los primeros 2 cm de profundidad de suelo conteniendo las semillas, almacenándolas en bolsas de plástico, y posteriormente en laboratorio, después de separar las semillas del suelo, con la ayuda del microestereoscopio y agujas de disección se eliminaron las brácteas para observar los cariópsis y se encontró que varios de éstos presentaban radícula y coleoptilo.

11.- Se consideró volver a sembrar hasta el período de lluvias. Como en este tiempo las condiciones de humedad en el suelo son más favorables el 29 de mayo se sembraron solo 100 semillas, pero sin brácteas (cariópsis desnudo) para incrementar aún más la posibilidad de germinación y emergencia, en cada microsítio, con un riego inicial de 40 mm, y dos riegos posteriores de 20 mm cada uno el 3 y 11 de junio. Los resultados fueron positivos.

12.- El registro de plántulas emergidas y el crecimiento posterior se realizó el 5 de julio, el 31 de julio, el 28 de agosto y el 25 de septiembre. Los parámetros evaluados fueron: porcentaje de emergencia, porcentaje de sobrevivencia, altura y número de hojas por planta.

B) Trabajo de Invernadero:

1.- El suelo traído de la zona de estudio se acondicionó en macetas de la siguiente manera: de un volumen de 6 litros, de una maceta de capacidad de 7 litros (22 cm de diámetro por 23 cm de altura), se emplearon 2 partes (4 litros = 4387.6 g) de suelo tamizado (con tamiz de 4 mm) y una parte de agrolita (2 litros = 297.6 g) y se mezclaron homogéneamente para llenar cada maceta, quedando 3 cm sin llenar hasta el tope de la maceta. Se interpuso una bolsa de plástico negro entre el suelo y la maceta para facilitar el manejo de las plantas al remover el suelo al final del experimento.

2.- De este modo, se prepararon 5 lotes de 10 macetas cada uno, donde se simulaban las condiciones de cada uno de los tipos de microsítios, distribuidos al azar (figura 4). Por causas ajenas que no se pudieron controlar, algunos microsítios se tuvieron que eliminar, quedando las repeticiones como sigue: 9 para las Nodrizas, 10 para las Rocas, 8 para el Sustrato rocoso, y 9 para el Suelo desnudo.

3.- Para simular la posible **Nodriz** vegetal se empleó una planta artificial de plástico de 25 cm de altura, y sombreado homogéneo (figura 5a); en adelante se hará referencia a ésta condición como **Sombra artificial (Sa)**.

Para los **Hoyos** se usaron vasos de plástico-cristal transparentes (7 cm de diámetro por 10 cm de largo) para delimitar el hoyo y evitar desbordamientos (figura 5b).

La **Roca semienterrada** se estableció con rocas tipo sedimentaria, colectadas del área experimental de campo, de 10 cm en su diámetro más grande, y se enterraron hasta la mitad de su parte más ancha (figura 5c).

El **Sustrato rocoso** se formó con las rocas colectadas provenientes del suelo tamizado, mayores a 4 mm y menores a 15 mm de su diámetro más grande. Se formó un sustrato con 20% de pedregosidad (en volúmen), a lo cual correspondieron 1594 g de rocas, que se mezclaron con los primeros 3 cm de profundidad del suelo (figura 5d).

Para el **Suelo desnudo**, el suelo quedó intacto en la maceta (figura 5e).

4.- Como las condiciones iniciales fueron las adecuadas para la germinación y emergencia como para garantizar un número suficiente de plántulas, el 15 de junio de 1993 se sembraron solo 50 cariópsis por maceta a 1.5 cm de profundidad aproximadamente, en forma manual, con un riego inicial de 40 mm, es decir, partiendo con una humedad adecuada para todos los tipos de micrositio, de modo que, la pérdida de humedad por evaporación fue controlada solo por la capacidad de retención de agua que presentó cada tipo de micrositio. Se aplicaron riegos posteriores los días 22 y 29 de junio; 19 y 26 de julio; 30 de agosto; 6, 13, 20 y 27 de septiembre; 4, 11, 18 y 25 de octubre, y 1 de noviembre. Estos riegos se realizaron para complementar el agua perdida de los 40 mm iniciales por la evapotranspiración entre cada intervalo de riego; se calculó gravimétricamente el agua perdida.

5.- Como en la zona semiárida de trabajo se registra frecuentemente un período de sequía o de canícula (Reyna, 1970), entre los riegos anteriores se simuló un período intraestival después del último riego del 26 de julio hasta el 30 de agosto.

6.- Las mediciones realizadas fueron: porcentaje de emergencia y sobrevivencia de plántulas, número de hojas, tallos y altura máxima por planta (desde la base del suelo a la punta más alta, registrada semanalmente), longitud de la lámina de la hoja más nueva hasta que dejara de crecer (registrada diariamente), longitud de raíces y biomásas (en peso seco) del vástago y sistema radical al final del experimento.

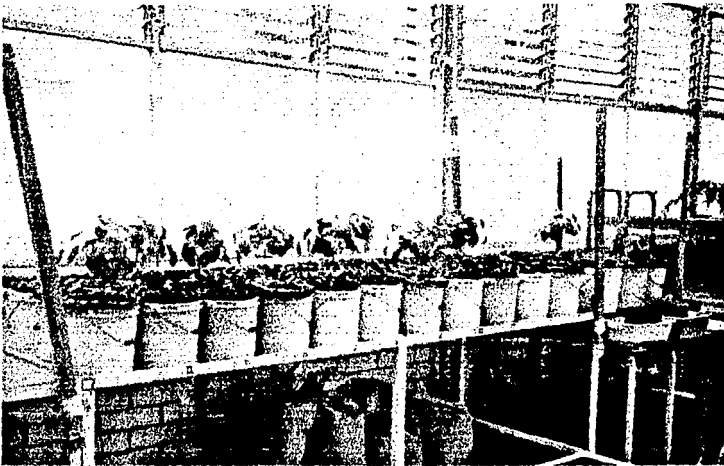


Figura 4.- Cinco tipos de micrositios montados en invernadero, distribuidos completamente al azar



Figura 5.- Cinco tipos de micrositios: a) Sombra artificial, b) Hoyo, c) Roca, d) Sustrato rocoso, y e) Suelo desnudo

C) Tratamiento estadístico:

El diseño fué completamente al azar con cinco tratamientos y diez repeticiones por cada uno en campo, y los mismos tratamientos con diferentes repeticiones (entre 8 y 10) cada uno en invernadero. A los resultados obtenidos de la evaluación de la pérdida de humedad en los tipos de micrositijs en Invernadero, se aplicó el Análisis de Varianza utilizando la prueba de comparación de promedios de Tukey (Reyes, 1982), y al resto de los resultados se aplicó el Análisis Exploratorio de Datos (en adelante se referirá como AED)(Salgado, 1992; y Hamilton, 1990). Para ésto se utilizó el programa Statgraphics, Versión 4.0.

RESULTADOS

En condiciones de campo, los dos primeros ensayos (12 de diciembre de 1992 y 30 de enero de 1993) no resultaron positivos en cuanto a la emergencia de plántulas.

En la última siembra (29 de mayo de 1993), cuando las condiciones ambientales de finales de primavera fueron más benignas, incluso con nubosidad y eventos de lluvia por varios días, los resultados fueron positivos.

Evaluación de la pérdida de humedad por tipo de micrositio en Invernadero:

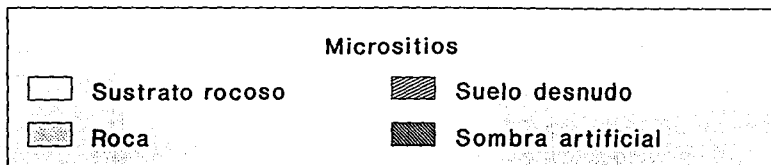
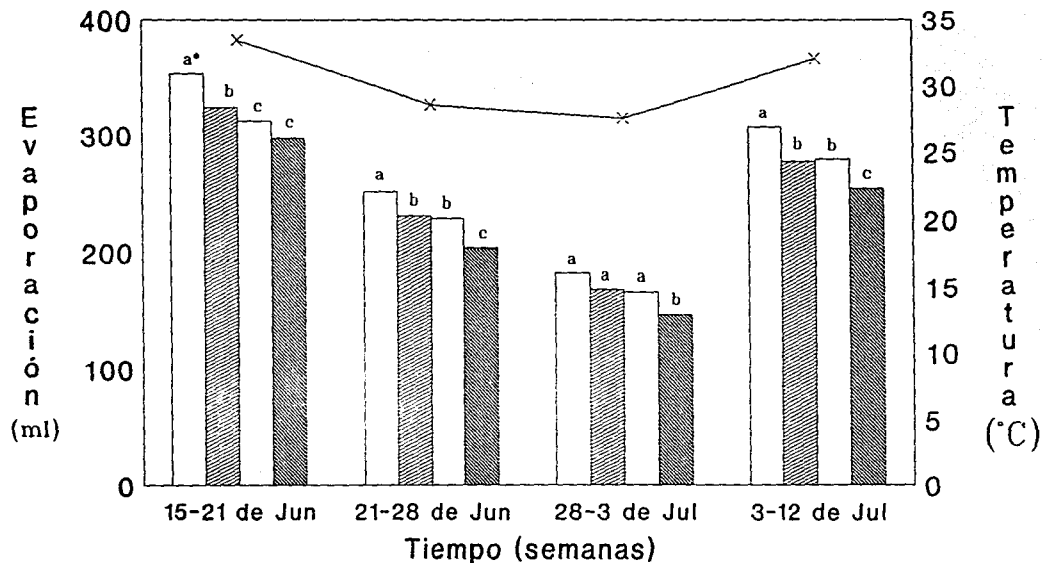
La evaporación (menor capacidad de retención de humedad) entre los diferentes tipos de micrositios resultó ser: **Sustrato rocoso > Suelo desnudo = Roca > Sombra artificial** (gráfica 1), es decir, resultaron solo tres condiciones de micrositio significativamente diferentes ($P < 0.05$), ya que, no hubo diferencias significativas entre los micrositios Roca y Suelo desnudo ($P > 0.05$), pero ambos si lo fueron con Sustrato rocoso y Sombra artificial, siendo marcada tal diferencia cuando la pérdida de humedad por evaporación era intermedia (segunda y cuarta semana) que cuando fue máxima ó mínima (primera y tercera semana, respectivamente) (gráfica 1). El micrositio Hoyo fue descartado por ser incompatible, es decir, la cantidad de riego inicial de 40 mm en la maceta con el micrositio Hoyo, desbordó los límites que determinan y favorecen la condición del mismo micrositio, cuando el agua en exceso del fondo de la maceta ascendió hacia la superficie por las partes adyacentes al hoyo ocasionando exceso de humedad en el fondo para las semillas y posteriormente pérdida para las plántulas por las partes laterales.

Emergencia de las plántulas de *Bouteloua gracilis*:

a) En condiciones de campo, el porcentaje total de emergencia de las plántulas en cada tipo de micrositio resultó: **Sombra natural > Suelo desnudo > Sustrato rocoso > Roca > Hoyo** (gráfica 2), que aproximadamente coincide con la secuencia basada en las medias aritméticas, pero no con la resultante basada en la mediana, donde el micrositio Roca es mayor al Sustrato rocoso, debido al registro de un valor moderadamente extraordinario alto en uno de los micrositios del Sustrato rocoso, que jala su media aumentando su valor. De acuerdo a los diagramas de caja (I) solo el micrositio Hoyo es significativamente inferior a los demás ($P < 0.05$) excepto a Sustrato rocoso

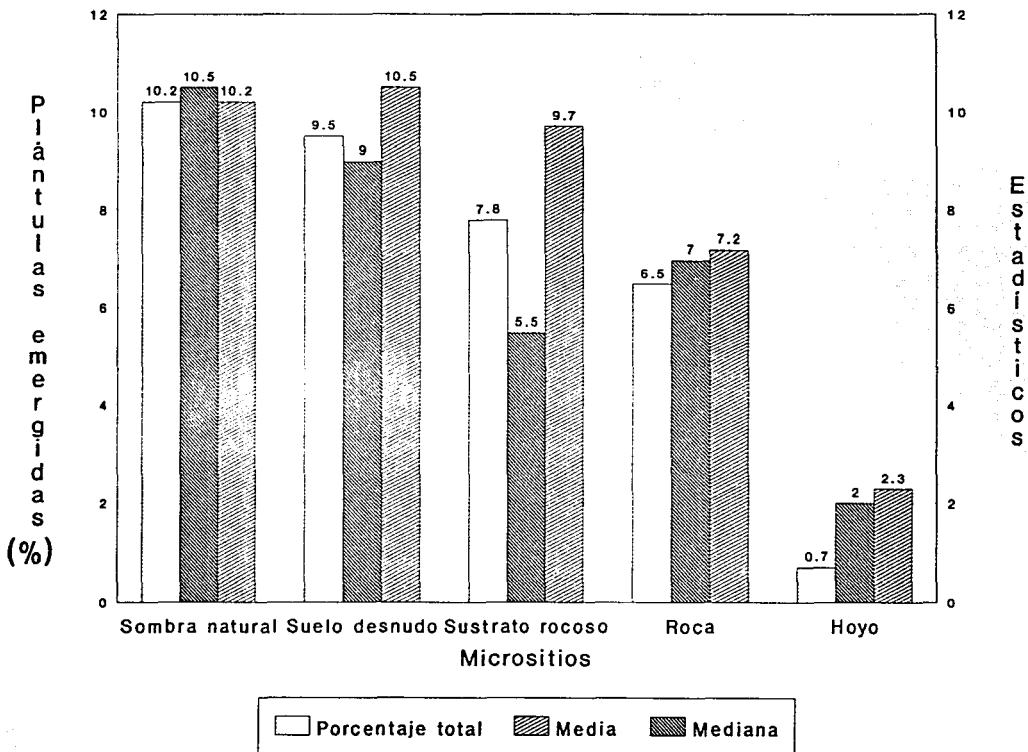
GRAFICA 1: Pérdida de humedad por evaporación en cada tipo de micrositio después de cada riego semanal.

Durante el mes otorgado para la germinación y emergencia de *Bouteloua gracilis*, en Invernadero

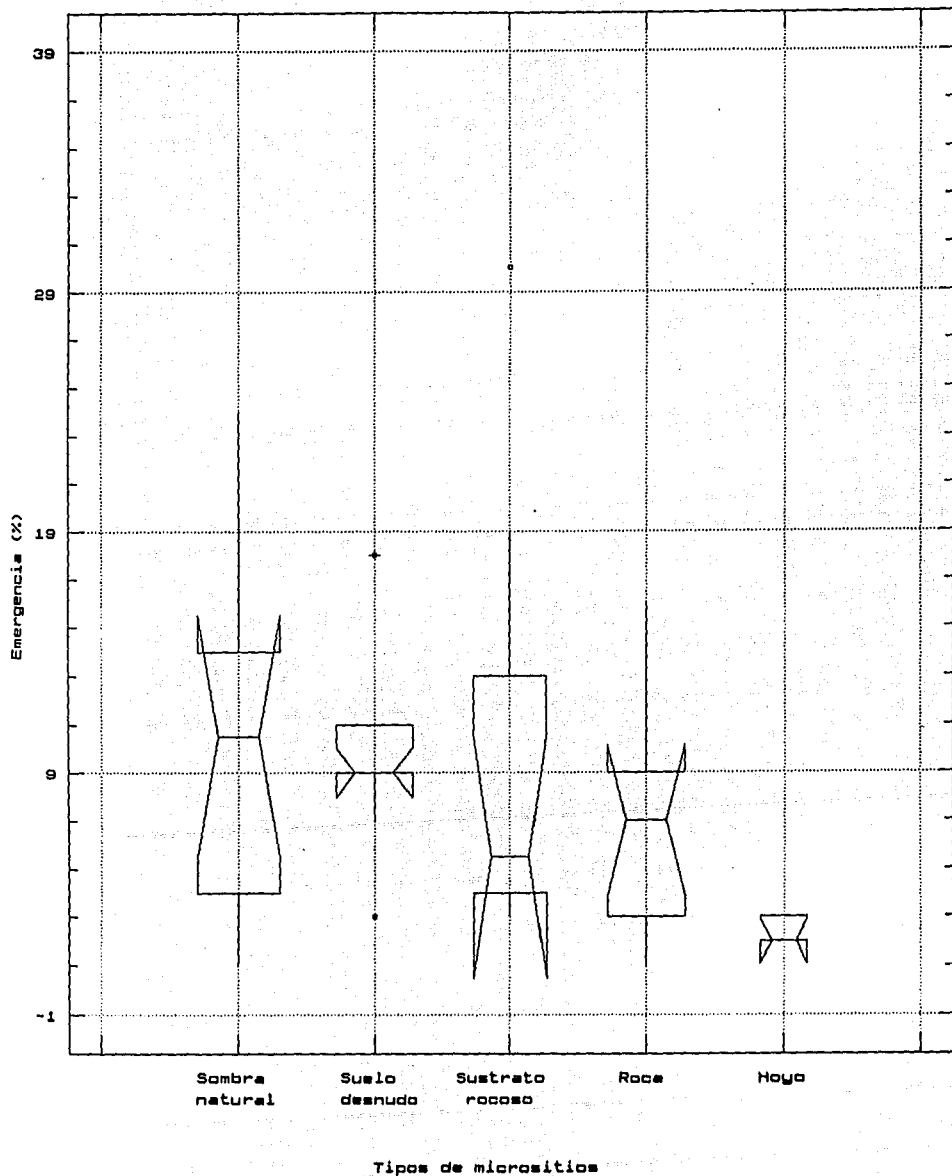


*En cada semana, letras diferentes representan diferencias significativas (P < 0.05)

GRAFICA 2: Emergencia de plántulas de *Bouteloua gracilis* en cada tipo de microsítio en condiciones de campo.



I.- Diagramas de caja para la emergencia de plántulas de Bouteloua gracilis en cada tipo de micrositio en campo



b) En condiciones de invernadero, el porcentaje total de emergencia de las plántulas en cada tipo de micrositio resultó: **Sustrato rocoso > Roca > Suelo desnudo > Sombra artificial** (gráfica 2A), que coincide con la secuencia basada en las medias aritméticas, pero no con la de la mediana, donde el micrositio Suelo desnudo > Roca = Sombra artificial, debido al registro de un valor moderadamente extraordinario alto en uno de los micrositios Roca y que jala su media aumentando su valor. De acuerdo a los diagramas de caja (II) no existen diferencias significativas ($P > 0.05$).

Sobrevivencia de las plántulas de *Bouteloua gracilis*:

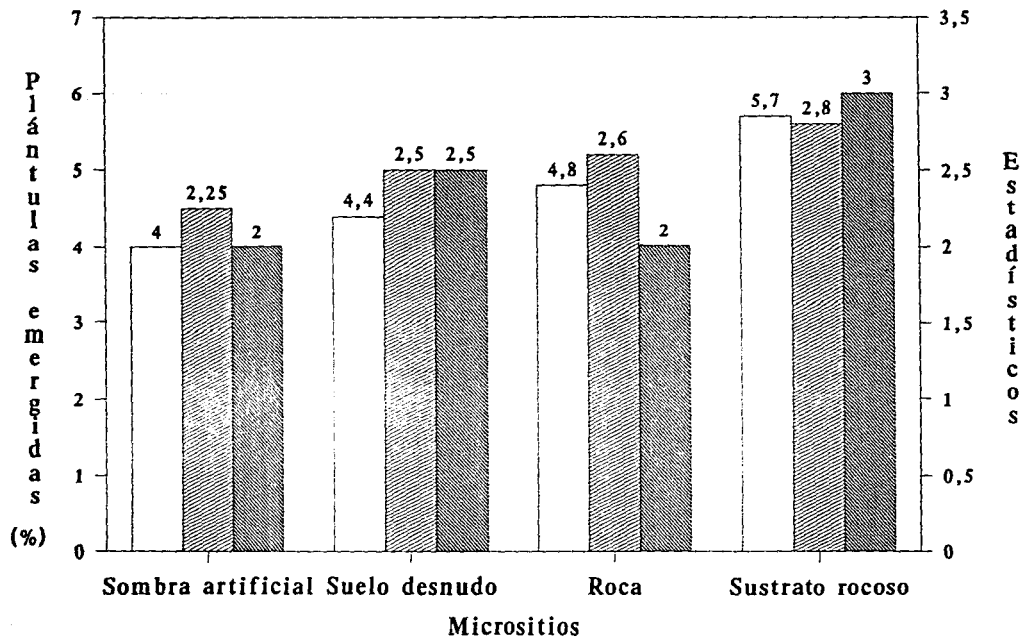
a) En condiciones de campo, de acuerdo a las tendencias del porcentaje total de la sobrevivencia de las plántulas en las cuatro fechas de registro (cuatro meses) (gráfica 3) siempre fue mayor en el micrositio generado por la **Sombra natural**, mientras que en los otros micrositios para la primera fecha de registro resultó: **Suelo desnudo > Sustrato rocoso > Roca >> Hoyo**, en éste caso, el micrositio Hoyo fue el más desfavorable para las siguientes fechas hasta quedar sin ninguna plántula; la sobrevivencia en Suelo desnudo siempre fue mayor a la de la Roca en todas las fechas, mientras que en Sustrato rocoso, la sobrevivencia es muy semejante a la de la Roca en la segunda fecha manteniéndose constante hasta la cuarta fecha en número y quedando finalmente por arriba del Suelo desnudo y Roca.

b) En condiciones de invernadero, la tendencia del porcentaje total de la sobrevivencia de las plántulas (gráfica 4), registrada durante trece semanas resultó: **Sustrato rocoso > Roca > Suelo desnudo > Sombra artificial**. También se puede observar que la tendencia en el descenso de la sobrevivencia no fue drástica durante el período sin riego.

Alturas de *Bouteloua gracilis* durante su crecimiento:

a) En condiciones de campo, las alturas de las plantas durante su crecimiento, en cada uno de los tipos de micrositios, registradas durante cuatro fechas de muestreo, una por mes aproximadamente (gráfica 5A), resultaron con una amplitud de respuesta por parte de la especie con valores moderadamente o severamente extraordinarios altos, sobre todo (diagramas de caja IIIa,b,c). De acuerdo a los diagramas de caja no existen diferencias significativas ($P > 0.05$) entre los micrositios en la primera fecha (IIIa); en la segunda (IIIb) y tercer fecha (IIIc) no hay diferencias significativas ($P < 0.05$) entre Sombra natural, Roca y Suelo desnudo, ni entre Sustrato rocoso, Sombra natural y Roca, pero sí Sustrato rocoso es significativamente mayor ($P < 0.05$) al Suelo desnudo, y en la cuarta fecha únicamente Suelo desnudo es significativamente menor a los demás ($P < 0.05$) (IIId).

GRAFICA 2A: Emergencia de plántulas de *Bouteloua gracilis* en cada tipo de micrositio en condiciones de invernadero



Porcentaje total

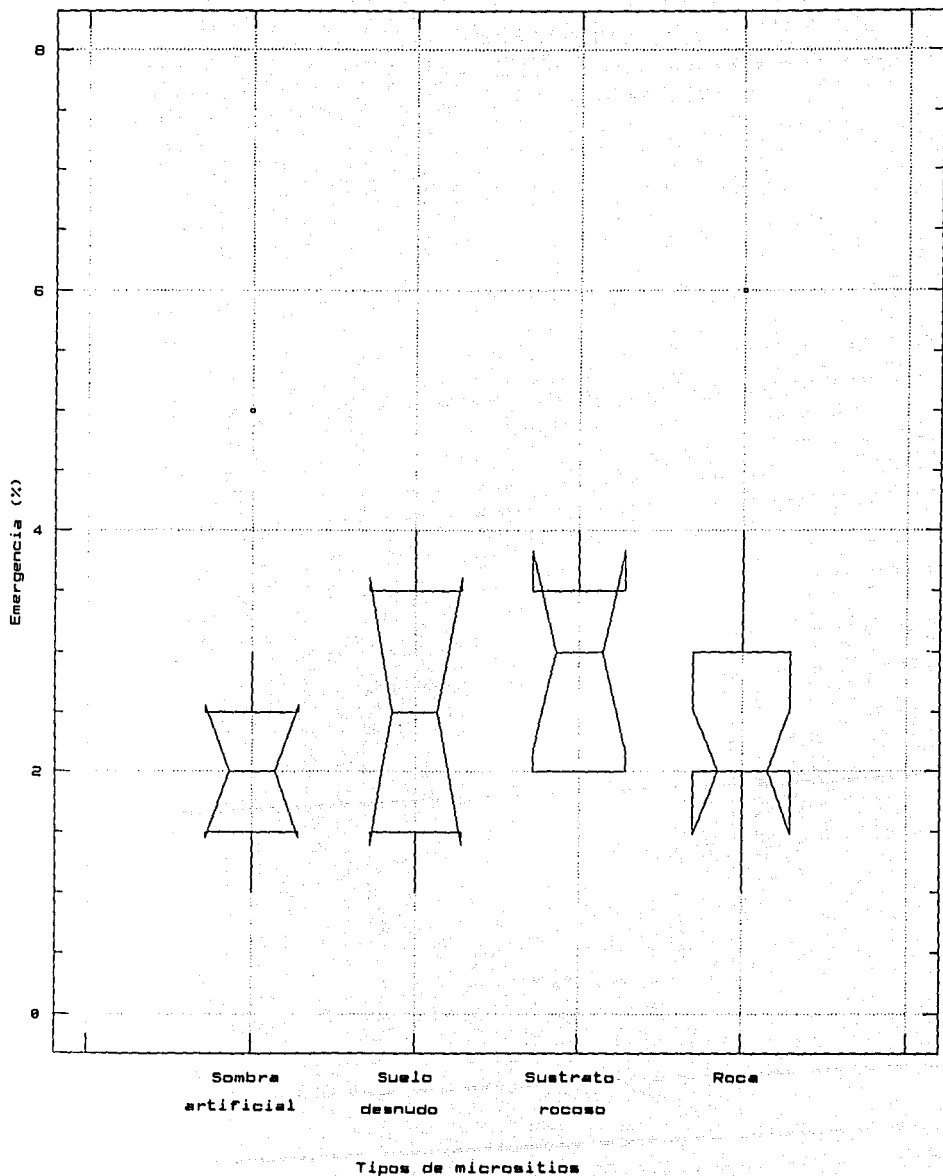


Media

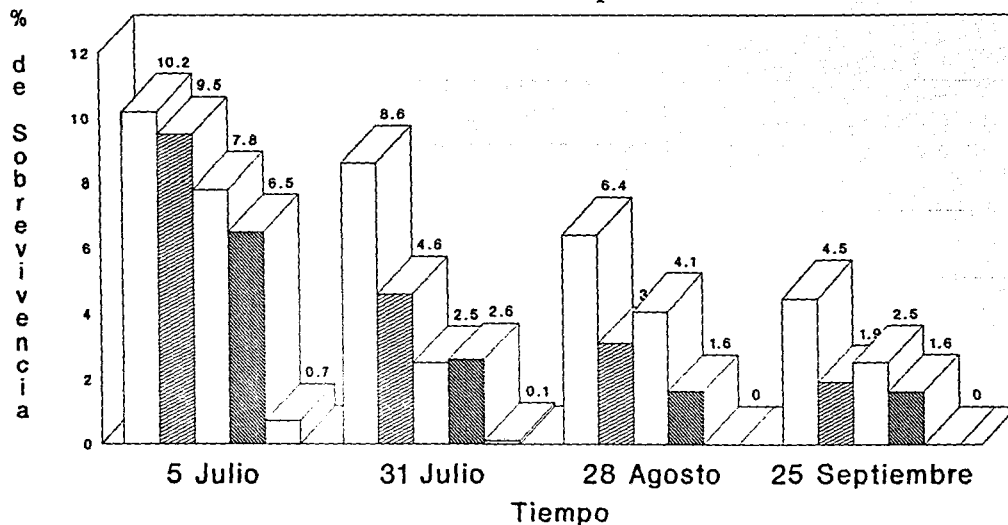


Mediana

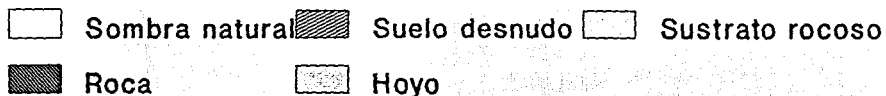
II.- Diagramas de caja para la emergencia de plántulas de Bouteloua gracilis
en cada tipo de micrositio en invernadero.



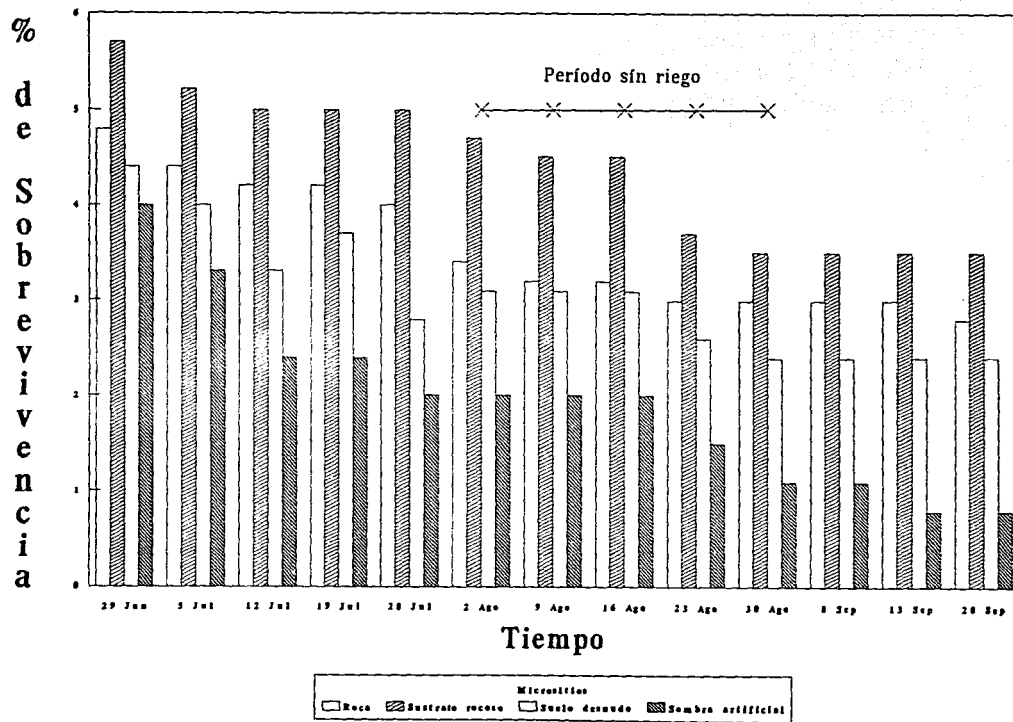
GRAFICA 3: Supervivencia de plántulas de *Bouteloua gracilis* en cada tipo de micrositio en condiciones de campo



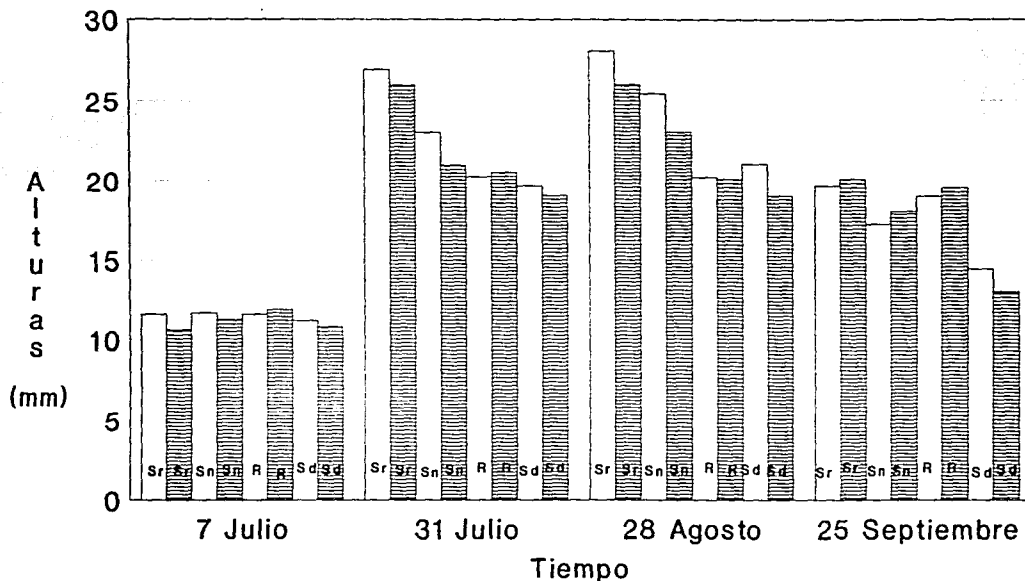
Micrositios



GRAFICA 4: Supervivencia de plántulas de *Bouteloua gracilis* en cada tipo de micrositio en Invernadero.



GRAFICA 5A: Alturas de plantas de *Bouteloua gracilis* en cada tipo de micrositio durante cuatro fechas de registro en Campo.

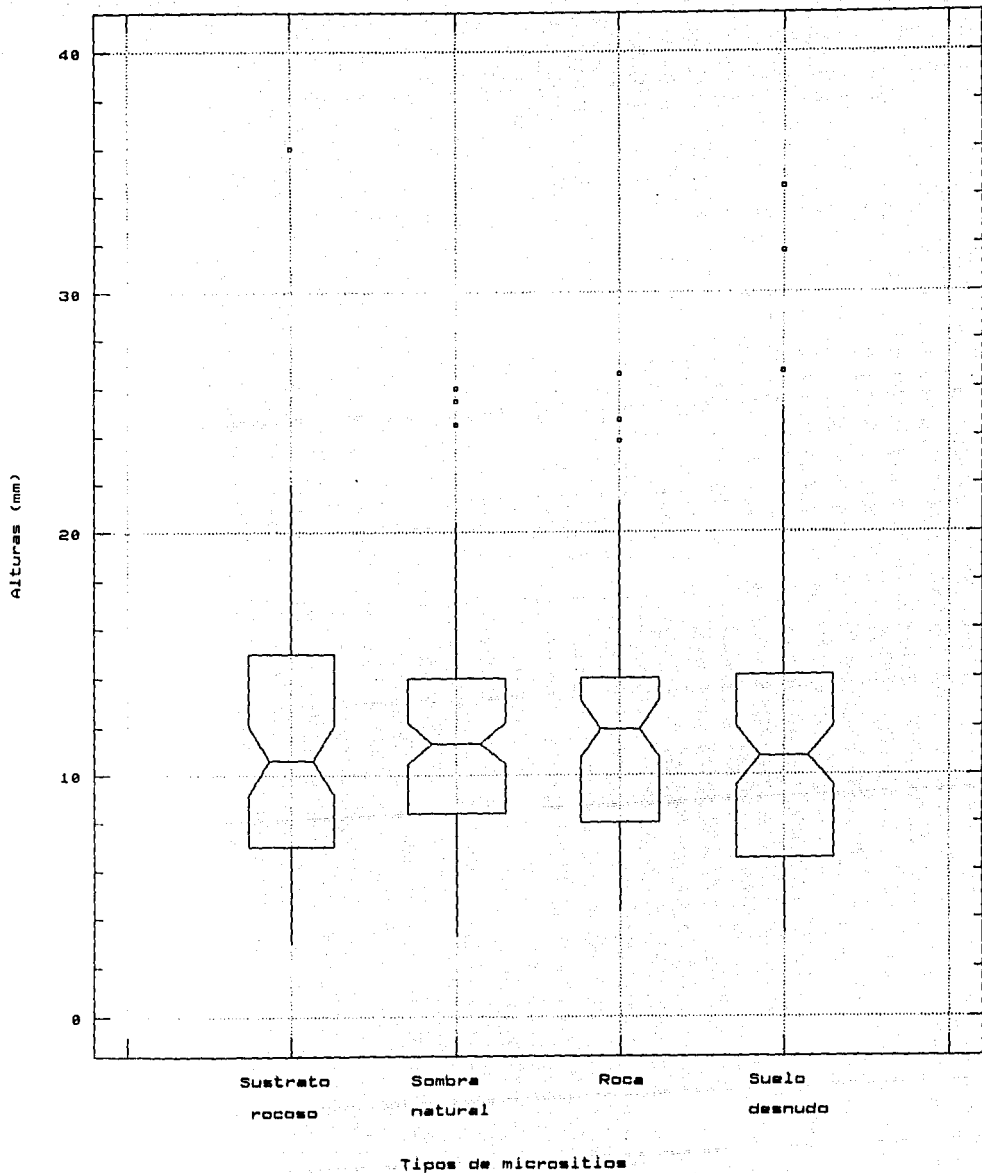


Estadísticos

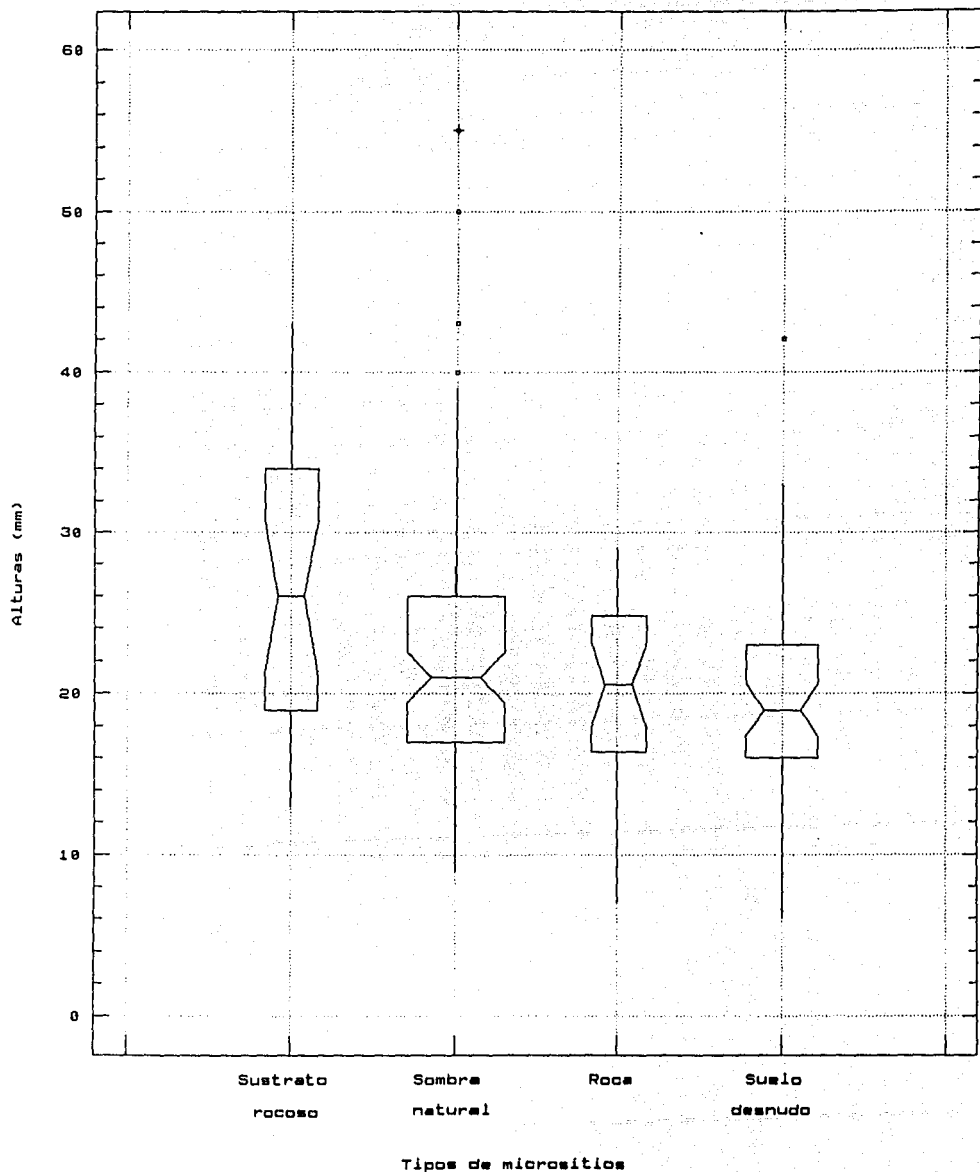
Media Mediana

Sr:Sustrato rocoso, Sn:Sombra natural, R:Roca, Sd:Suelo desnudo

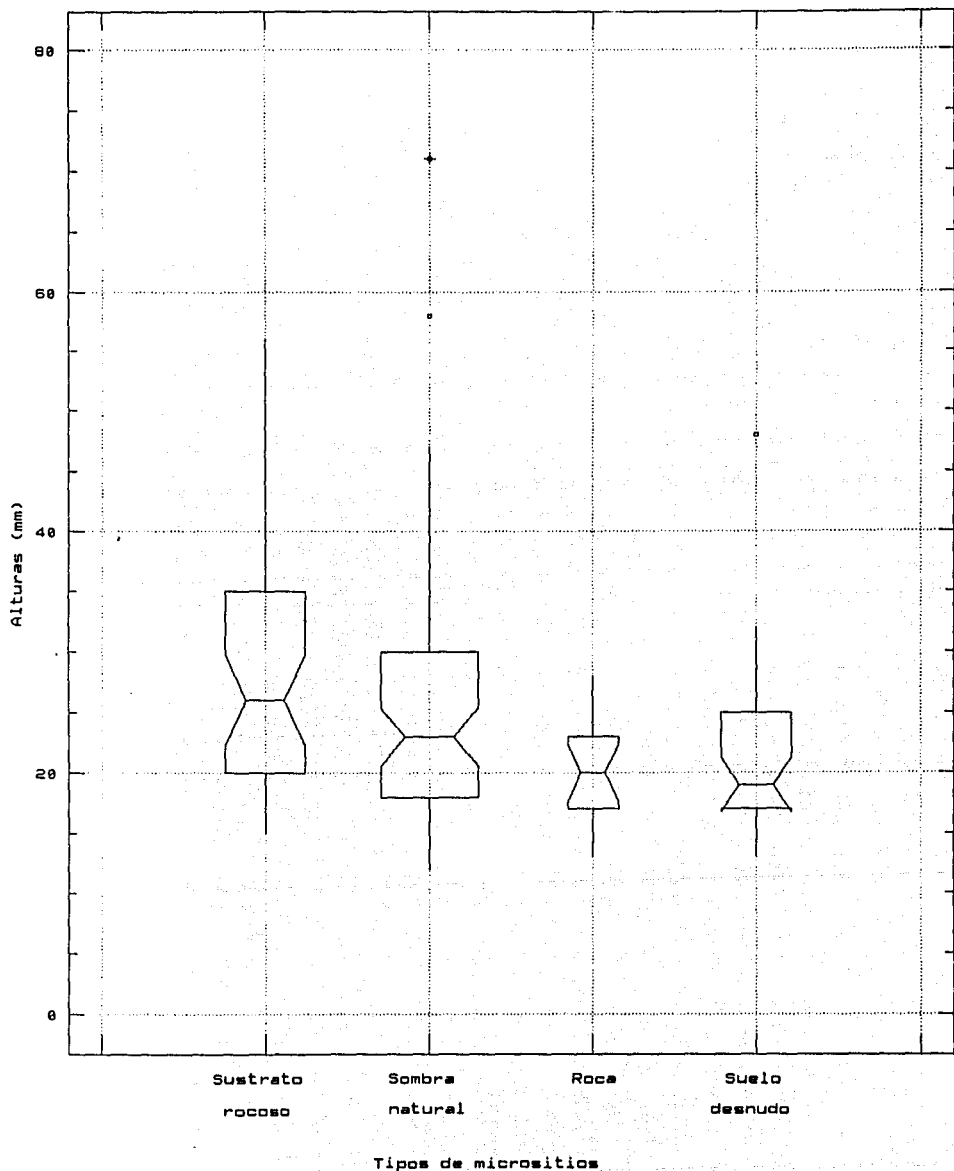
IIIa.- Diagramas de caja para las alturas de plantas de Bouteloua gracilis
en cada tipo de micrositio del 7 de julio en campo.



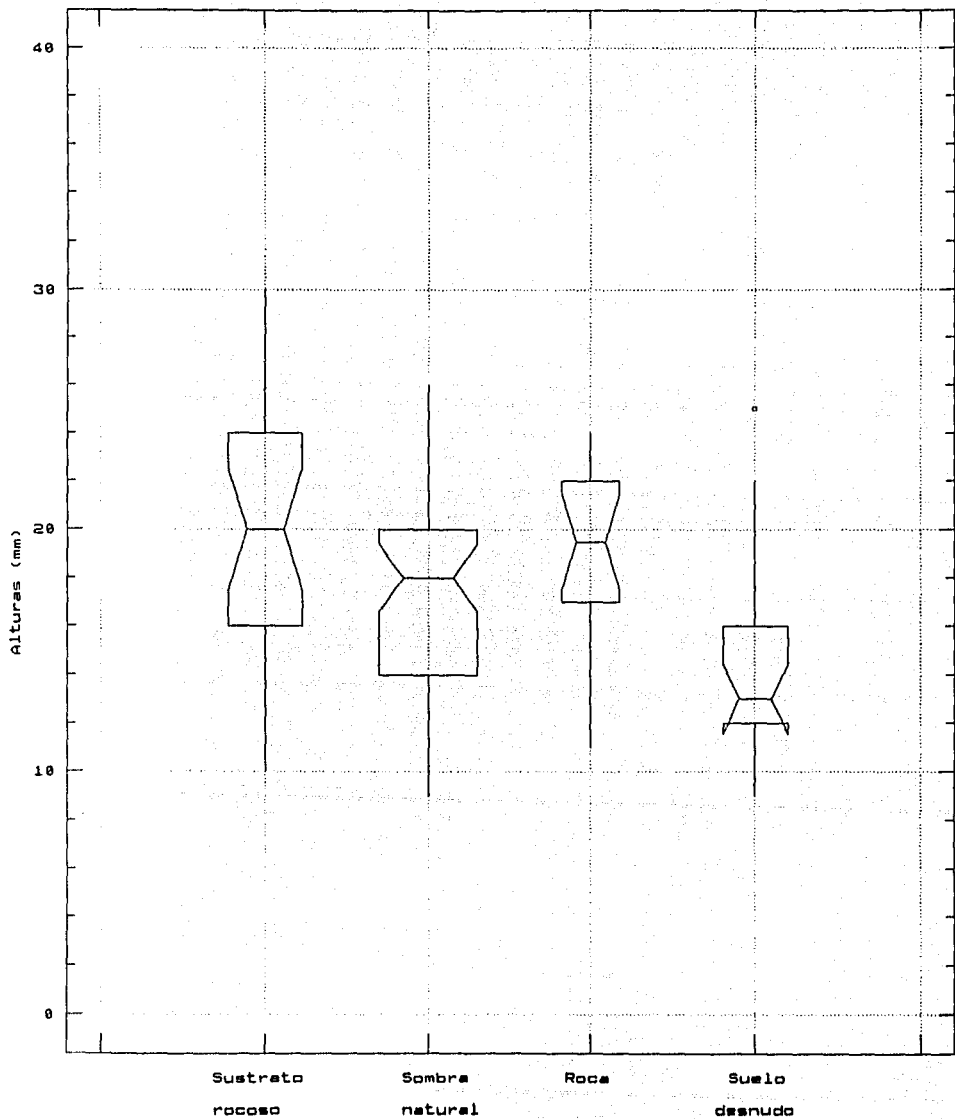
IIIb.- Diagramas de caja para las alturas de plantas de Bouteloua gracilis
en cada tipo de micrositio del 31 de julio en campo.



IIIc.- Diagramas de caja para las alturas de plantas de Bouteloua gracilis en cada tipo de micrositio del 28 de agosto en campo.



IIId.- Diagramas de caja para las alturas de plantas de Bouteloua gracilis
en cada tipo de micrositio del 20 de septiembre en campo.



Tipos de micrositios

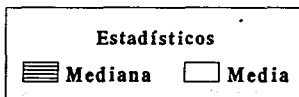
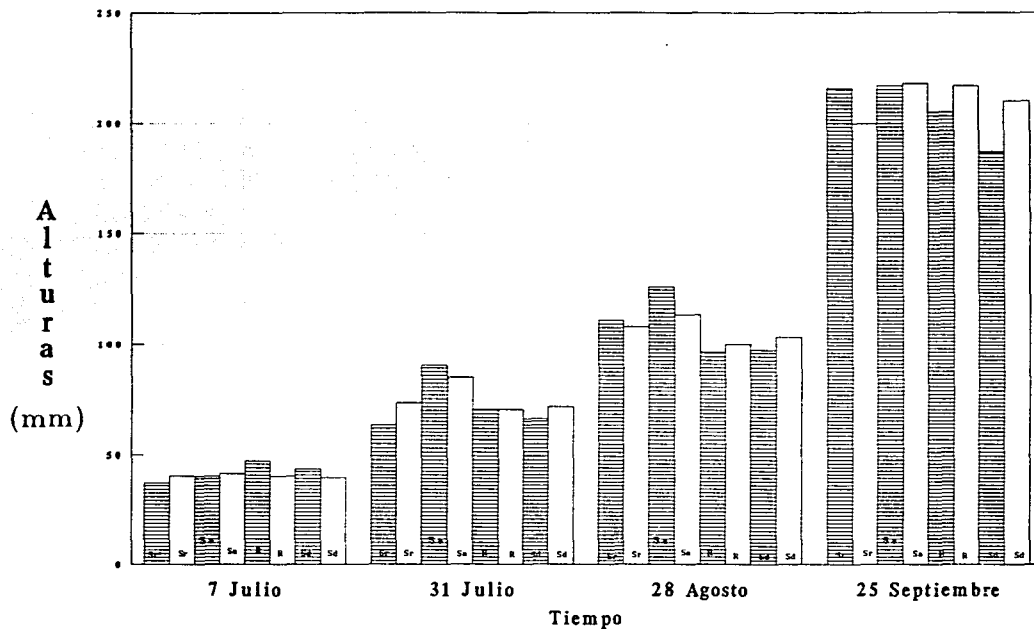
b) En condiciones de invernadero, las alturas registradas en los mismos tiempos que en campo (gráfica 5) mostraron aún más la amplitud de respuesta por parte de la especie entre los diferentes tipos de microsítios sin que se encontraran diferencias significativas ($P > 0.05$) hasta la última fecha de registro de acuerdo a los diagramas de caja (IV). Lo anterior también se puede observar en la gráfica 6 y 6A, donde las alturas con base al promedio y a la mediana respectivamente, son muy proximas, siguiendo el mismo patrón conforme crecen las plantas en los diferentes tipos de microsítios, y en la gráfica 7, donde las desviaciones estandar son muy grandes, representando elevada variabilidad, y cuyos valores aumentan al crecer en altura las plantas. En la gráfica 6 también se puede observar que el período sin riego (período intraestival o de sequía) retardó el crecimiento en altura de las plantas en igual proporción dentro de cada tipo de microsítio, en las dos primeras semanas, luego se detuvo en las dos semanas siguientes, y cuando se reinició el riego las plantas tardaron una semana más para reaccionar y volver a crecer.

Considerando la longitud de la lámina foliar (gráfica 8) durante el crecimiento de las plantas se obtiene de igual forma una amplia variación tanto en la aparición de la hoja por día, como en las longitudes foliares en la hoja del mismo orden entre el mismo tipo de microsítio como resultado de su procedencia de plantas de diferente talla; en la gráfica 8 se presentan las longitudes de las láminas foliares desde la hoja 4 a la hoja 10 ó 11, entre el 2 agosto y 3 de noviembre, de lo que sería una planta representativa por cada tipo de microsítio, donde se puede observar que las hojas 4,5 y 6 en Sustrato rocoso, Sombra artificial y Suelo desnudo presentan un desarrollo deficiente afectado por el período sin riego, mientras que en la Roca solo sucede en la hoja 4 y 5; después la longitud llega a un máximo el 25 de octubre en la hoja 10 en Sustrato rocoso, el 3 de noviembre en la hoja 9 en Sombra artificial, el 25 de octubre en la hoja 8 en Roca, y el 3 de noviembre en la hoja 11 en Suelo desnudo, ya que, las posteriores hojas alcanzaron una menor longitud.

Número de hojas al término del experimento en condiciones de invernadero:

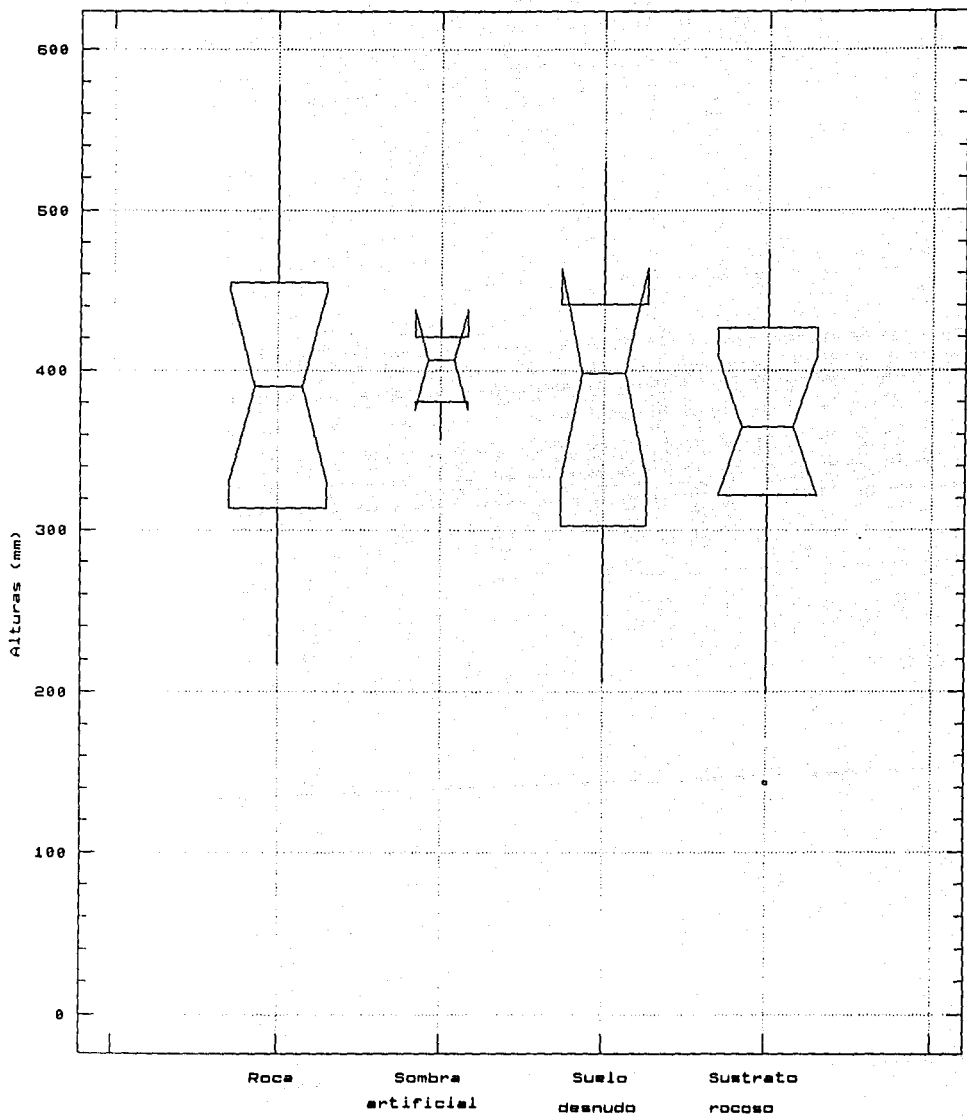
El número de hojas promedio al término del experimento entre los tipos de microsítios resultó **Sustrato rocoso > Suelo desnudo > Roca > Sombra artificial**, que coincide con la secuencia con base en las Medianas (gráfica 9), sin que hubiera diferencias significativas ($P > 0.05$) con base al análisis de varianza, entre Sombra artificial, Roca y Suelo desnudo, mientras que tampoco existió entre Roca, Suelo desnudo y Sustrato rocoso, pero sí entre **Sombra artificial y Sustrato rocoso** ($P < 0.05$); pero de acuerdo a los diagramas de caja (V) no se presentaron diferencias significativas entre ningún tratamiento.

GRAFICA 5: Alturas de plantas de *Bouteloua gracilis* en cada tipo de micrositio durante cuatro fechas de registro en Invernadero.

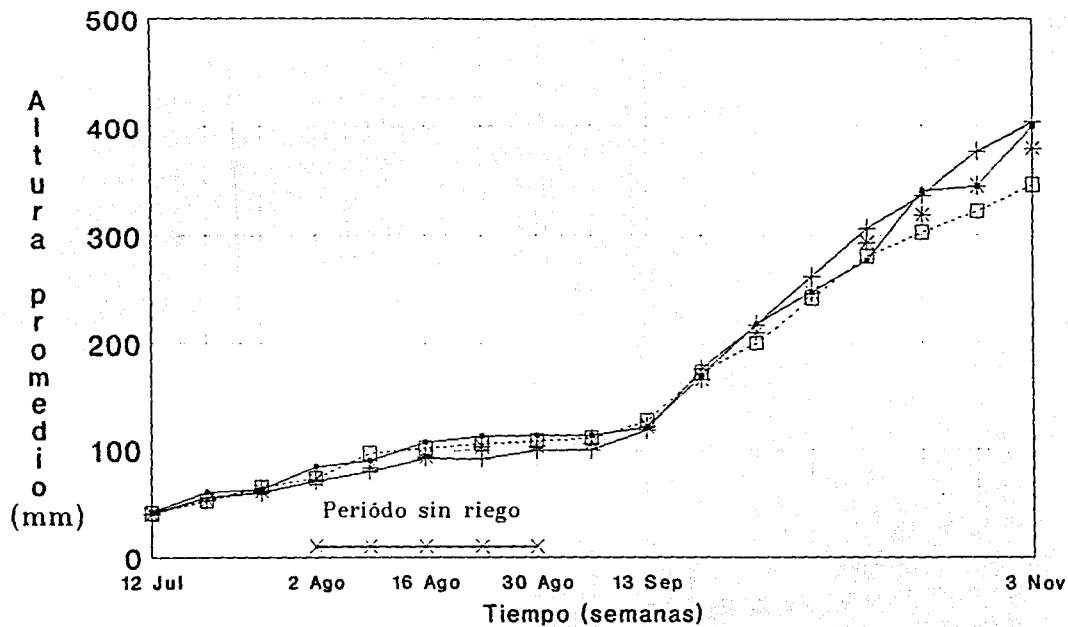


- Sr:Sustrato rocoso Sa:Sombra artificial R:Roca Sd:Suelo desnudo
 No existen diferencias significativas ($P > 0.05$)

IV.- Diagramas de caja para las alturas de plantas de Bouteloua gracilis en cada tipo de micrositio al final del experimento en invernadero.



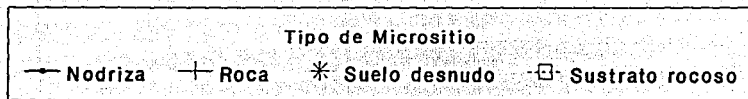
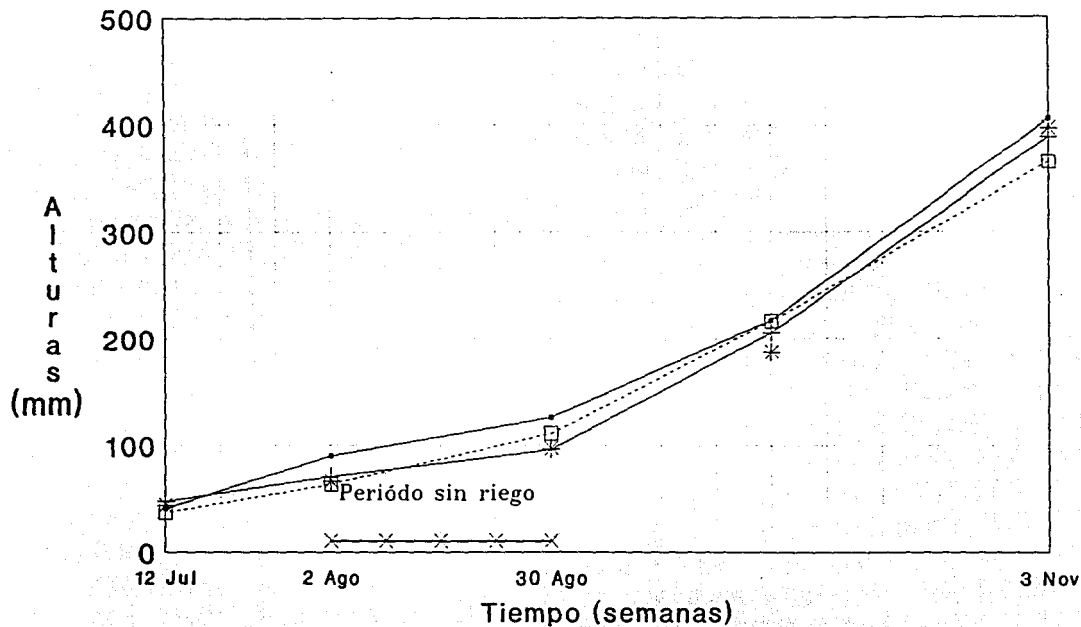
GRAFICA 6: Alturas promedio de *Bouteloua gracilis* durante su crecimiento por tipo de micrositio en Invernadero.



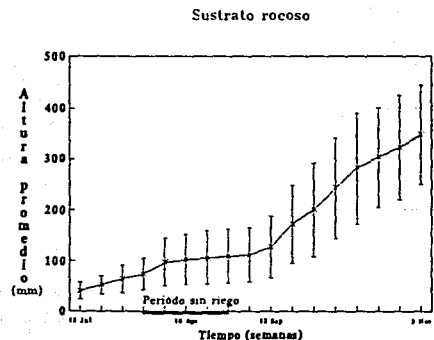
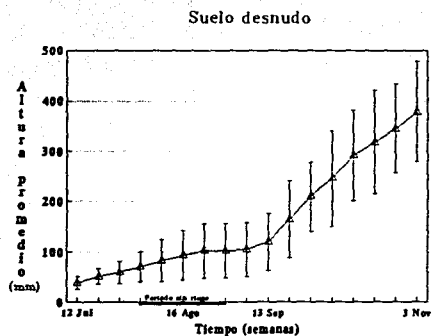
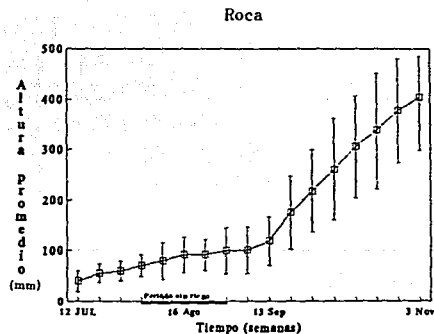
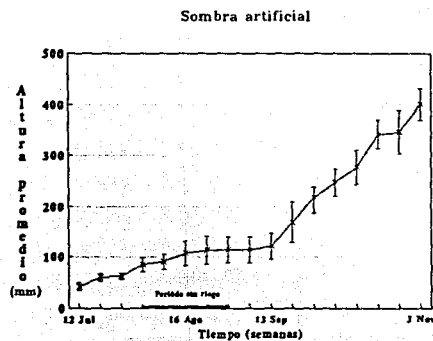
Tipo de Micrositio

—●— Sombra artificial + Roca * Suelo desnudo -□- Sustrato rocoso

GRAFICA 6A: Alturas de plantas de *Bouteloua gracilis* durante su crecimiento por tipo de micrositio en Invernadero con base a los valores de la Mediana.



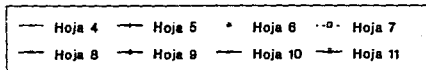
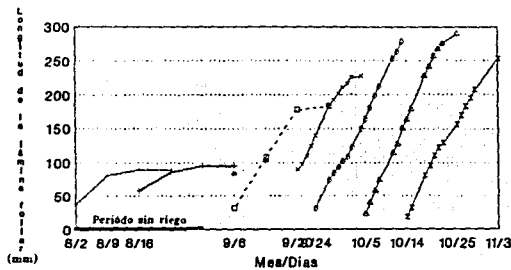
GRAFICA 7: Alturas promedio de *Bouteloua gracilis* durante su crecimiento por tipo de micrositio en Invernadero.



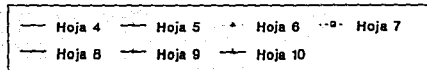
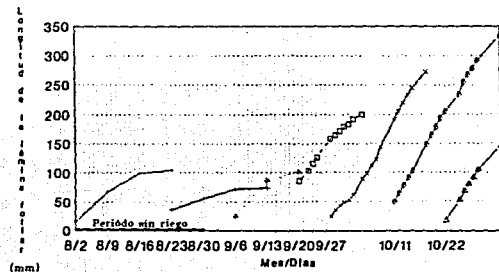
┆ Desviación estandar

GRAFICA 8: Longitudes foliares de *Bouteloua gracilis* durante su crecimiento*

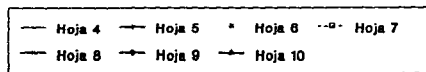
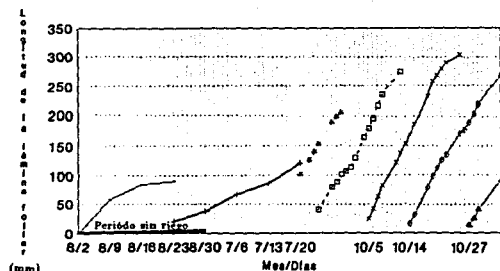
Planta promedio en Sustrato rocoso



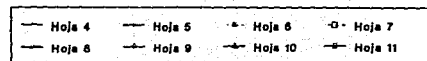
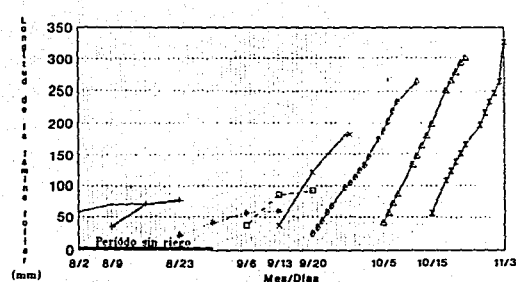
Planta promedio en Sombra artificial



Planta promedio en Roca

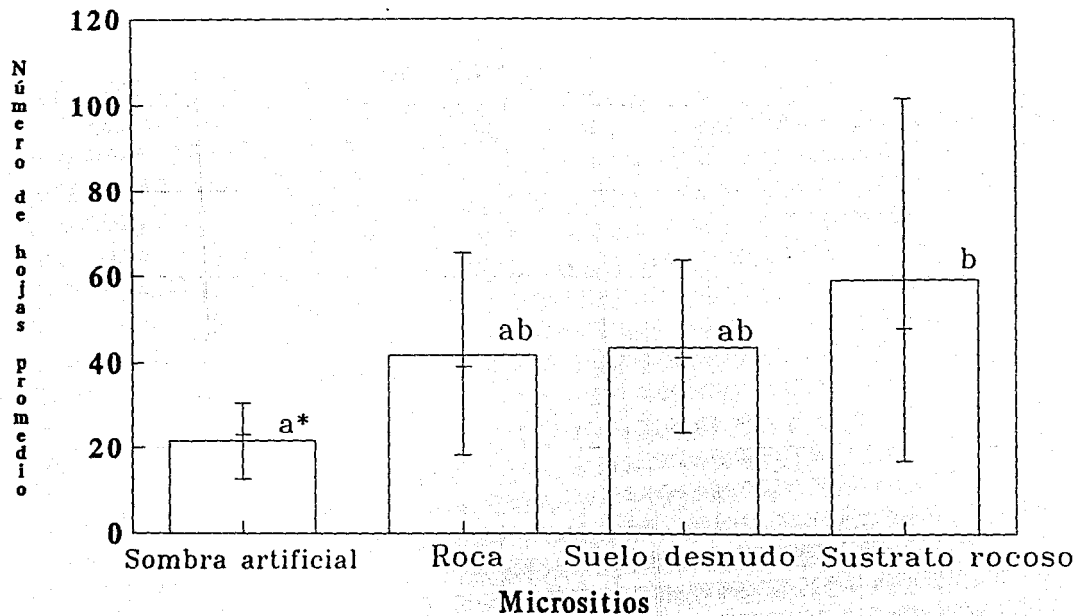


Planta promedio en Suelo desnudo



* En condiciones de Invernadero

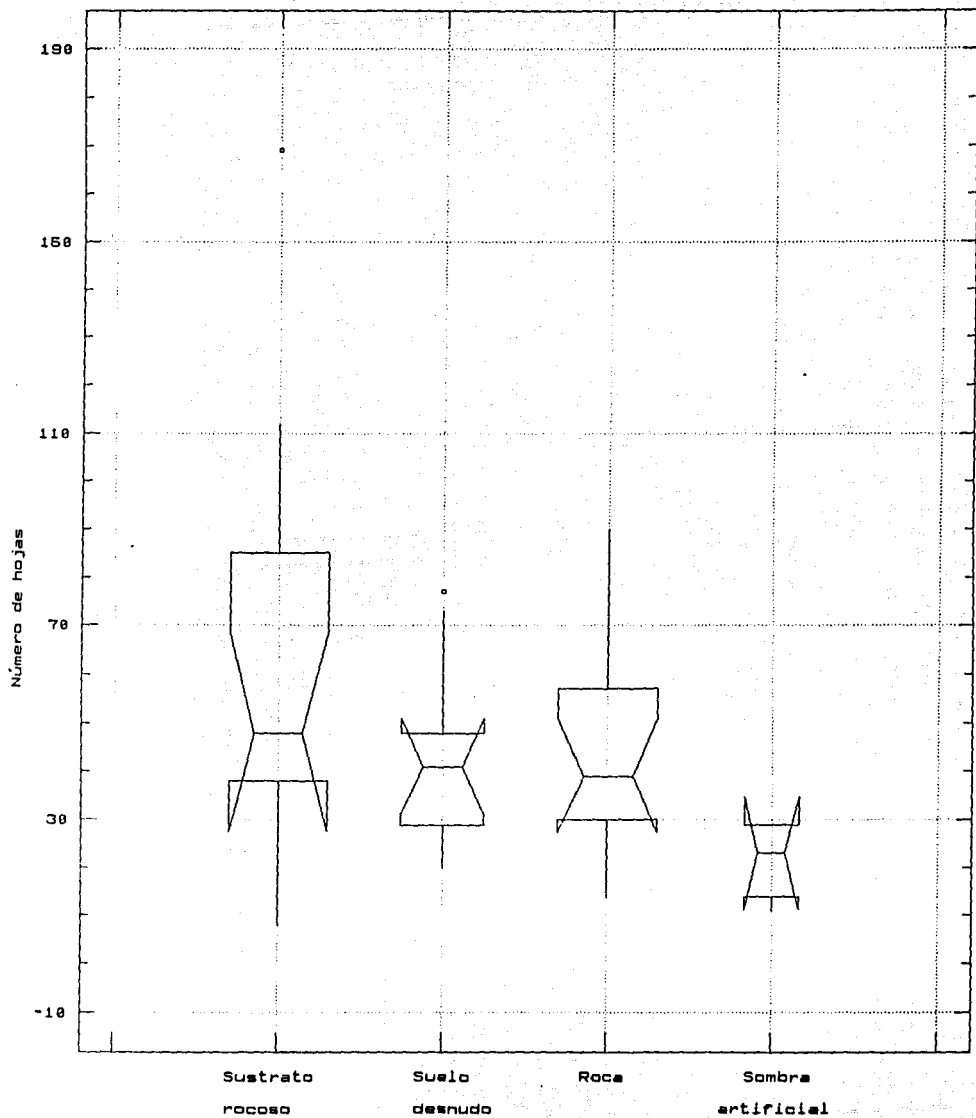
GRAFICA 9: Número de hojas promedio de *Bouteloua gracilis* al término del experimento en Invernadero



I Desviación estándar + Mediana

*Diferentes letras entre los micrositios representan diferencias significativas ($P < 0.05$)

U.- Diagramas de caja para el número de hojas de plantas de Bouteloua gracilis al final del experimento en invernadero.



Tipos de micrositos

El registro de un valor moderadamente severo alto en uno de los micrositios de Sustrato rocoso jala la media aumentando su valor haciendo que en el análisis de varianza resulte significativamente superior al micrositio Sombra artificial.

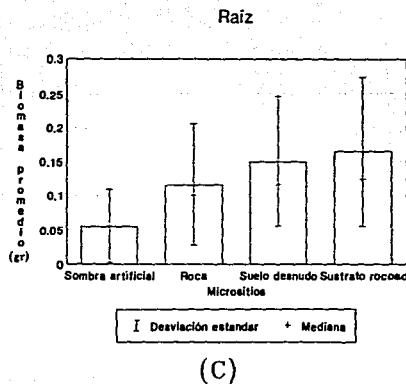
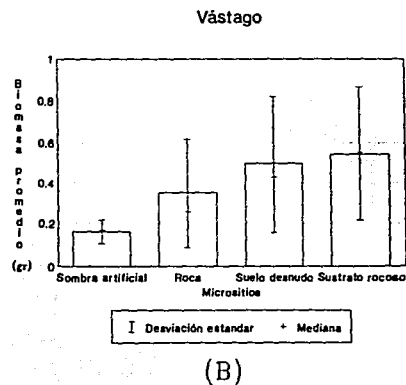
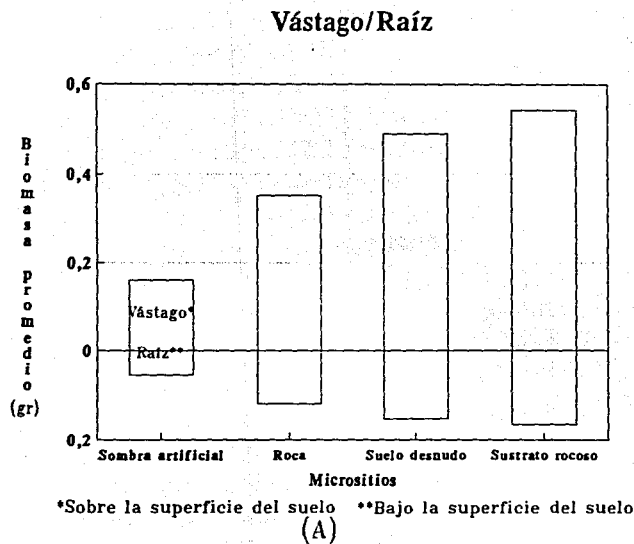
Biomasa al término del experimento en condiciones de invernadero:

Las biomásas promedio de la parte aérea de la planta o vástago y del sistema radicular resultaron en una gradación de mayor a menor en la secuencia: **Sustrato rocoso > Suelo desnudo > Roca > Sombra artificial** (gráfica 10B y C), que coincidió con la secuencia del número de hojas, y con la secuencia de las medianas, que de acuerdo a los diagramas de caja (VIa) no hubo diferencias significativas ($P > 0.05$) en las biomásas del vástago entre los micrositios de Sustrato rocoso y Suelo desnudo, ni entre Suelo desnudo, Roca y Sombra artificial, pero si, Sustrato rocoso fue significativamente superior a Roca y sombra artificial ($P < 0.05$); en cuanto a las biomásas del sistema radicular, de acuerdo a los diagramas de caja (VIb) no se encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$) entre los diferentes tipos de micrositios.

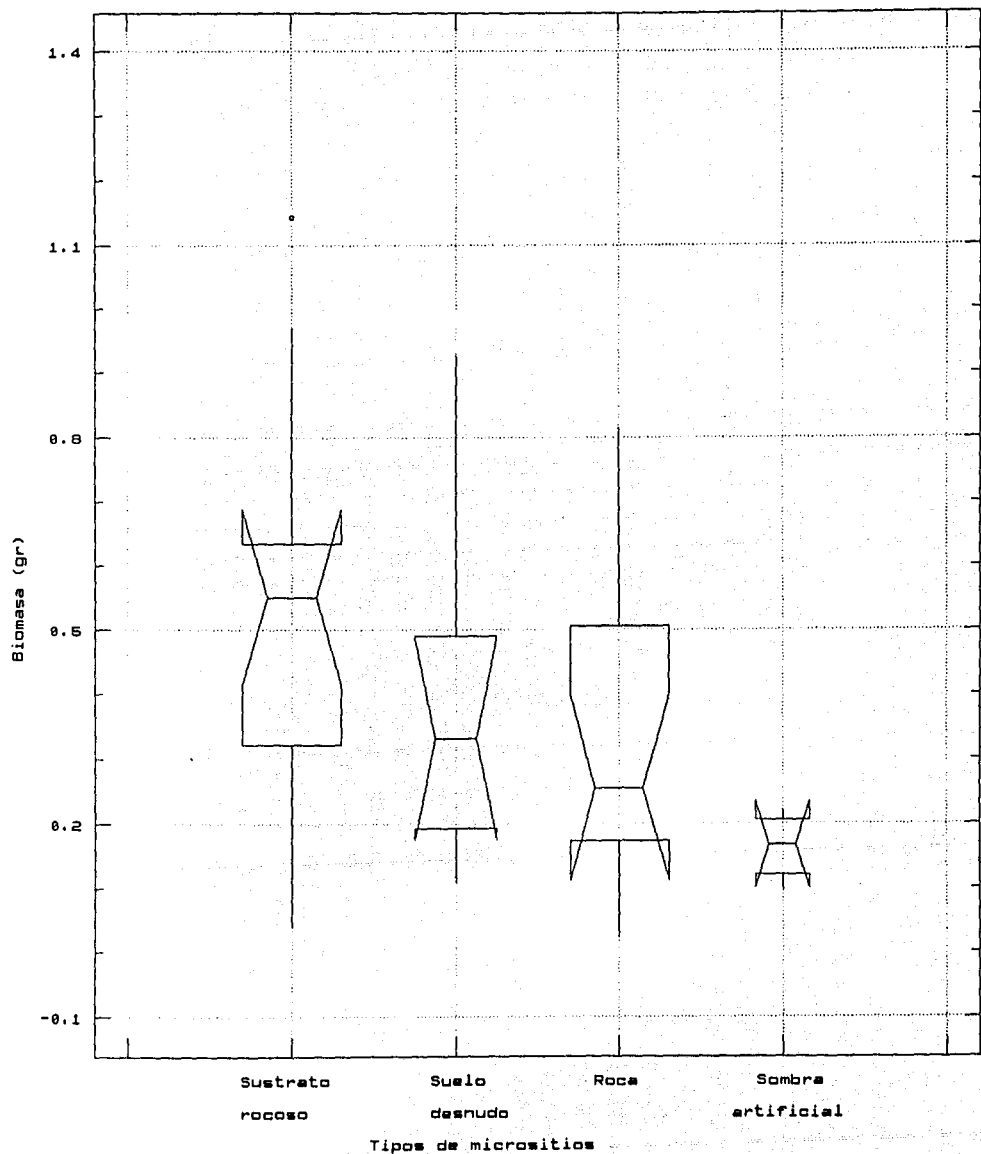
Longitud de la raíz adventicia más larga al término del experimento en condiciones de invernadero:

Las longitudes de la raíz adventicia más grande entre los diferentes tipos de micrositios fueron: **Suelo desnudo > Sombra artificial > Roca > Sustrato rocoso**, con base a la media aritmética (gráfica 11), pero de acuerdo a la mediana Sustrato rocoso > Roca > Sombra artificial, debido a la gran amplitud de respuesta en las longitudes en el micrositio Sustrato rocoso y a que la mayoría se concentran en los valores más bajos jalando la media y por consiguiente disminuyendo su valor por abajo de los demás tipos de micrositios. Debido a ésta gran variación, de acuerdo a los diagramas de caja (VII) no se comprobaron diferencias significativas.

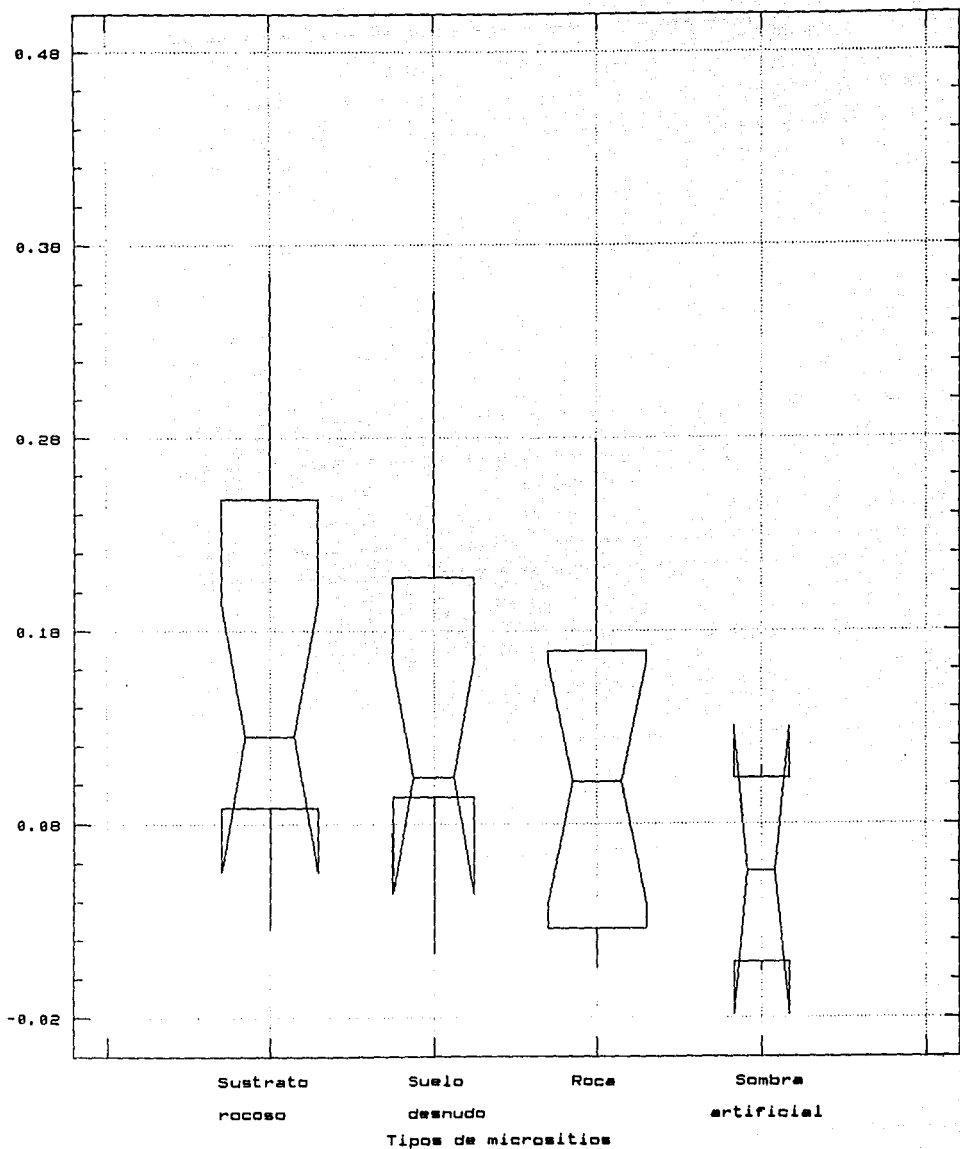
GRAFICA 10: Biomasa promedio de *Bouteloua gracilis* al término del experimento en Invernadero



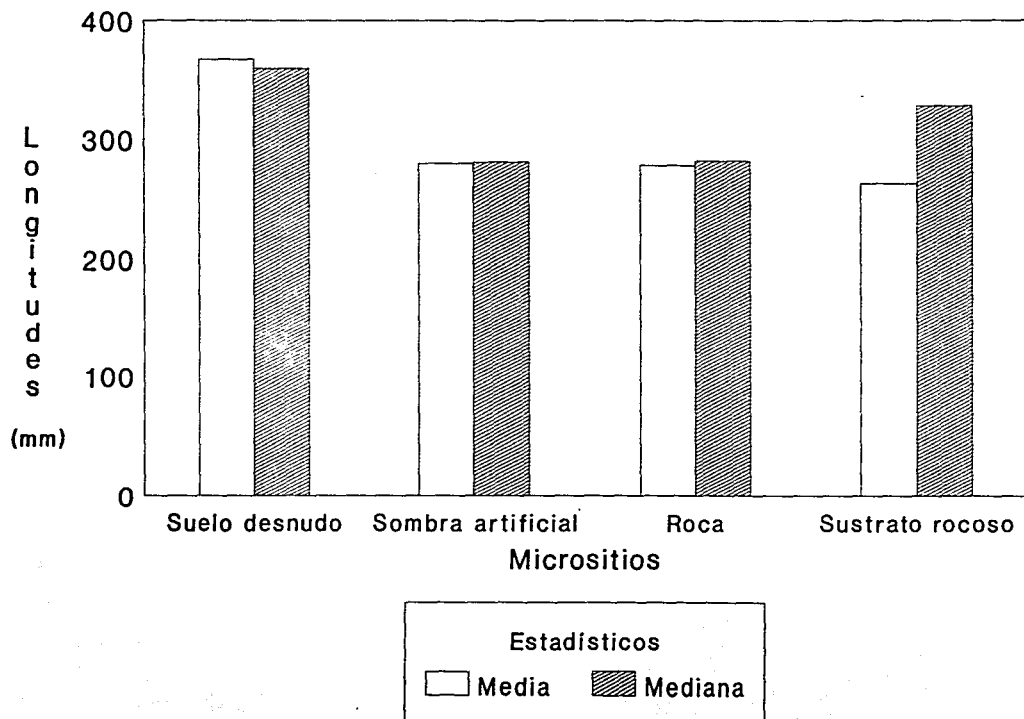
UIa.- Diagramas de caja para las biomases del Cástago de las plantas de Bouteloua gracilis en cada tipo de micrositio al final del experimento en invernadero



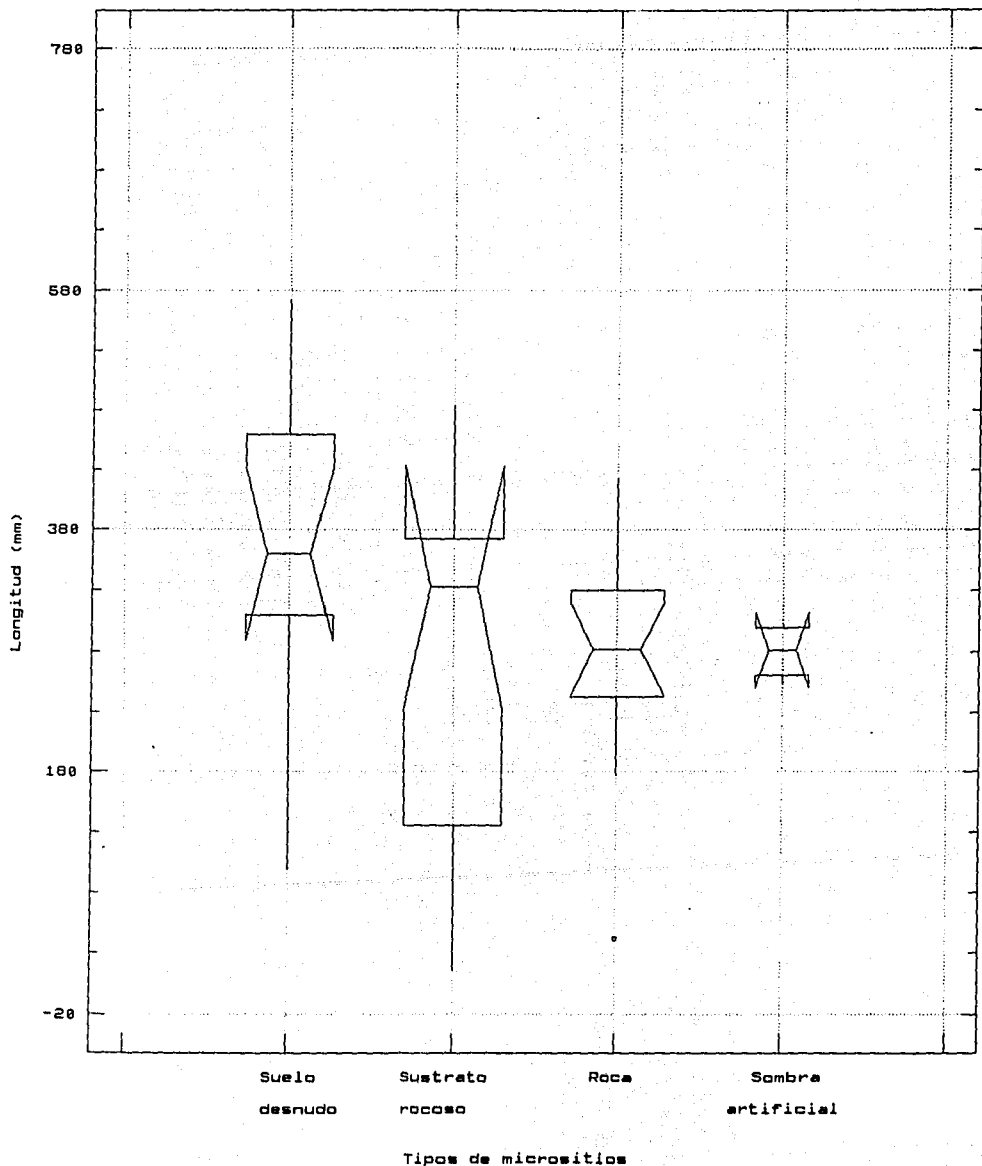
Vib.- Diagramas de caja para la biomasa del sistema radicular de las plantas de Bouteloua gracilis en cada tipo de micrositio al final del experimento en invernadero.



GRAFICA 11: Longitudes de la raíz adventicia más grande en plantas de *Bouteloua gracilis* al termino del experimento para cada tipo de micrositio en invernadero



VII.- Diagramas de caja para las longitudes de la raíz adventicia mas grande, de las plantas de Bouteloua gracilis en cada tipo de micrositio en invernadero al final del experimento.



ANALISIS DE RESULTADOS

Los primeros resultados de emergencia, en condiciones de campo, fueron negativos, debido a que las condiciones ambientales extremas prevalecientes en esas fechas de invierno, temperaturas máximas arriba de 50°C en los primeros centímetros de la superficie del suelo, suficientes para evaporar totalmente el agua de riego en un corto período del día, y temperaturas mínimas de 0°C en la noche, no dieron oportunidad para que las semillas germinaran ó a las que si lo hicieron, que pudieran emerger como plántulas, con lo cual, la condición de cualquier micrositio ensayado en esos momentos, no reunió los requerimientos ambientales para la emergencia, ni mucho menos para el establecimiento de la especie.

Lo anterior confirma lo reportado por Riegel (1941) respecto a que *Bouteloua gracilis* es una especie cuyos hábitos de vida, en zonas áridas, consisten en presentar su mejor desarrollo en verano, que en invierno donde permanece en reposo. Kemp y Williams (1980) concluyeron que la ruta fotosintética C₄ de ésta especie es una adaptación fisiológica para desarrollarse mejor a temperaturas cálidas de Verano. Por lo tanto, es de esperar que, la germinación, emergencia y establecimiento de la especie en condiciones naturales se presenta solo cerca o dentro de su estación de mejor crecimiento. Lo cual sucedió con los resultados positivos del último ensayo a finales de primavera.

Evaluación de la pérdida de humedad por tipo de micrositio en invernadero:

Las tres condiciones de micrositio resultantes, y su orden de importancia de acuerdo a su capacidad de retención de humedad, se debieron al efecto físico de la estructura de la capa superior del suelo, confirmando la hipótesis de que existe una conservación diferencial de la humedad edáfica entre los tipos de micrositos: así, el micrositio Sustrato rocoso, por los diferentes tamaños de rocas, mezclados con el suelo superficial, consistió de una porosidad cuyos poros más grandes facilitaron la movilidad del agua en esa parte, permitiendo una mayor evaporación de la humedad, en contraste al micrositio generado por la Sombra artificial que, con la amplia cobertura foliar de la planta artificial, al evitar la radiación directa sobre el suelo, proyectó una sombra que atenuó las temperaturas por abajo del dosel, reduciendo la evaporación de la capa superficial del suelo. Por otra parte, el micrositio Suelo desnudo, con partículas de roca mucho más pequeñas, generó una porosidad donde predominaban poros más finos, de modo que, la humedad al quedar más adherida al suelo, evitó mayor evaporación, aunque

en menor medida que la Sombra artificial, casi en igual proporción al micrositio Roca, cuya diferencia estructural de la misma roca pareció no tener significancia a temperaturas alrededor de 30°C, que se registraron en el invernadero. Brady (1984), menciona que en campo es común encontrar una composición física del suelo consistente en una estratificación de texturas o diferenciación en capas desde los horizontes superiores, de modo que resulta en una profunda influencia diferencial sobre el movimiento del agua en el suelo.

Esta dinámica hídrica y sus variaciones significativas obtenidas, de acuerdo a la técnica empleada, entre los diferentes tipos de micrositios a lo largo del tiempo (gráfica 1), indican que, posiblemente existen límites superiores de temperatura, aridez y evaporación por arriba de los cuales, la menor humedad aún presente conduce a que entre ciertos tipos de micrositios no se alcancen a detectar diferencias significativas como sucedió en la primera semana entre Suelo desnudo y Roca, y entre Roca y Nodriz, así como límites inferiores de temperatura, aridez y evaporación por abajo de los cuales la mayor humedad que se mantiene entre los tipos de micrositios es a tal grado que otros no lleguen a diferenciarse en forma significativa, como sucedió en la tercera semana entre Sustrato rocoso, Suelo desnudo y Roca, y finalmente existen temperaturas, humedad edáfica y grado de evaporación dentro de esos límites en los cuales se presentan diferencias significativas marcadas entre los tipos de micrositios, como sucedió en la segunda y cuarta semana.

Esta dinámica de humedad entre los tipos de micrositios, y dentro de uno mismo, muestra que, posiblemente las condiciones microambientales favorables en condiciones de campo cambiarán según las condiciones de temperatura e insolación durante el día y entre las estaciones del año, de modo que la "seguridad" de un micrositio puede ser efímera para las semillas de ciertas especies que requieran una mayor sobrevivencia del micrositio como "sitio seguro" (Harper, 1977; Naylor, 1985; Winkel *et al.*, 1991b), como es el caso de *Bouteloua gracilis* para su emergencia y desarrollo de raíces adventicias para el posterior establecimiento de las plántulas, lo cual repercute en su destino al encontrar oportunidades diferentes entre los micrositios a lo largo del tiempo, siendo mayores tales oportunidades cuando la humedad es adecuada, y disminuyendo a medida que avanza la aridez; asimismo, como las semillas de ésta especie son de diferente tamaño, diferirán considerablemente en sus requerimientos del micrositio seguro, de modo que los micrositios que son desfavorables para las semillas ligeras, podrían ser explotados exitosamente por las semillas más pesadas.

Emergencia de las plántulas de *Bouteloua gracilis*

a) En condiciones de campo, el éxito en la emergencia en el último ensayo coincidió con precipitación adecuada y nubosidad, condición recomendada por Hyder *et al.*, (1972). Es de suponer que, bajo éstas condiciones se reunieron los requerimientos ambientales en los micrositios sugeridos por Briske y Wilson (1977 y 1978) y Wilson y Briske (1979) en cuanto a humedad y temperatura adecuadas durante el día. La gran variación obtenida en la emergencia entre los micrositios del mismo tipo, se debió posiblemente a los disturbios introducidos por el ambiente (Fowler, 1987) en los micrositios, como los escurrimientos, así como a la característica variación en el tamaño de las semillas de ésta especie (Carren *et al.*, 1987a y b). Aunque no se encontraron diferencias significativas en la mayoría de los tipos de micrositios, sin embargo, sus tendencias muestran que el mayor porcentaje de emergencia bajo la Sombra natural se debió posiblemente a que la sombra proyectada por *Flourensia resinosa* en ese momento sobre la superficie fue adecuada, lo que, a su vez, atenuó las temperaturas durante el día, y conservó una humedad favorable, lo cual, aunque bajo condiciones diferentes, coincide con los resultados obtenidos en invernadero en cuanto a la conservación de humedad bajo la Sombra artificial (gráfica 1), además, las plantas de *Flourensia resinosa* se instalan sobre montículos rocosos principalmente, que en forma natural se conforman en su entorno, evitando perturbaciones ocasionadas por los escurrimientos del agua de lluvia; adicionalmente la resina producida por ésta planta posiblemente pueda tener algún efecto alelopático hacia organismos que pudieran haber depredado los cariópsis, aumentando sus posibilidades de emergencia (necesario comprobar experimentalmente a futuro), todo lo cual contribuyó a reunir los requerimientos microambientales más favorables para una amplitud de respuesta en la germinación de los cariópsis y la emergencia de las plántulas, por parte de la especie. A ésto le siguió el micrositio Suelo desnudo que también tuvo altos porcentajes, menores que la Sombra natural, pero mayores que el Sustrato rocoso y la Roca, lo cual coincide también con los resultados de pérdida de humedad registrados en invernadero, donde el Sustrato rocoso era el que perdía más humedad por su elevada porosidad y porque inicialmente estaba desprovisto de vegetación, además de que su estructura superficial en campo favorecía la retención de suelo acarreado por los escurrimientos, ocasionando mayor dificultad para la emergencia, lo cual no sucedió en el micrositio Suelo desnudo; y finalmente la Roca que por sus dimensiones en condiciones de campo, al captar calor posiblemente contribuyó más a evaporar humedad que a conservarla.

b) En condiciones de invernadero, además de la escasa emergencia, también hubo gran amplitud de respuesta en el porcentaje entre los micrositios del mismo tipo. Aquí,

como las condiciones son más controladas, sin disturbios, tales variaciones podrían atribuirse solo al efecto del tamaño del cariópsis (Carren *et al.*, 1987a y b). Los más bajos porcentajes de emergencia registrados en el micrositio generado por la Sombra artificial (gráfica 2) podrían explicarse posiblemente al exceso de humedad que se conservó (gráfica 1) por la amplia cobertura de sombra proyectada hacia el suelo que, en ese momento podría ser más perjudicial que benéfica a las semillas, ocasionando condiciones poco favorables para la emergencia, en comparación al micrositio Sustrato rocoso que al evaporar más humedad (gráfica 1), la que conservó, probablemente fue suficiente y benéfica para promover mayor emergencia (gráfica 2), donde las temperaturas, alrededor de 30°C, parecen concederles mejores condiciones microambientales favorables, mientras que los micrositios Suelo desnudo y Roca con porcentajes de emergencia cercanos entre sí, e intermedios entre Sombra artificial y Sustrato rocoso (gráfica 2), corresponden aproximadamente a la misma condición de micrositio que resulta en cuanto a la capacidad de retención de humedad (gráfica 1).

Sobrevivencia de las plántulas de *Bouteloua gracilis*:

a) En condiciones de campo (gráfica 3), la mejor sobrevivencia en el micrositio generado por la Sombra natural, se debió a las mismas condiciones de favorecimiento anteriormente descritas para el caso de la emergencia, lo cual implica que, las condiciones microambientales de éste micrositio se mantuvieron por un período de tiempo mayor. La mejor sobrevivencia en Suelo desnudo, después de Sombra natural, sobre Sustrato rocoso, hasta la tercera fecha, pudo deberse a las condiciones climáticas de nubosidad, menos severas, que se presentaron frecuentemente en las fechas anteriores, mientras que el Sustrato rocoso en ese mismo tiempo, como se observó en el campo, favoreció la acumulación de suelo acarreado por los escurrimientos ocasionando dificultades a las plántulas para sobrevivir al enterrarlas, lo cual no sucedió en la última fecha de registro, donde las condiciones de insolación empezaron a incrementarse desfavoreciendo a las plantas presentes en Suelo desnudo y favoreciendo a las que permanecieron en Sustrato rocoso. El aumento en Sustrato rocoso en la tercera fecha pudo deberse, tal vez, más a un error de registro al contar plántulas que posiblemente no eran de la especie, que a la posibilidad de emergencia tardía, ya que es difícil que se presentara después de dos meses de haber sido sembrados los cariópsis, tiempo suficiente para ser depredados por organismos del suelo ante la ausencia de las brácteas accesorias de protección. La sobrevivencia menos exitosa en el micrositio Hoyo, como se pudo constatar por observación directa, se debió a que el suelo y el mantillo arrastrados por los

escurrimientos y desbordamientos, cuando hubo lluvias, enterraron más profundamente las plántulas llegando a cubrir las, ocasionándoles dificultades para sobrevivir.

Las variaciones en la sobrevivencia de la especie entre los tipos de microsítios a lo largo del tiempo, se pueden explicar con base a que, la condición microambiental del microsítio también varió como resultado de las condiciones ambientales cambiantes durante ese tiempo, es decir, en condiciones naturales, durante los períodos de precipitación, ciertos tipos de microsítios pueden resultar favorables (Suelo desnudo) y otros no (Sustrato rocoso), mientras que en los períodos posteriores, sin precipitación ó escasa y con aumento de la insolación, esos microsítios favorables al inicio, ya no lo son más tarde, y los que al inicio eran desfavorables, posteriormente resultaron más favorables. Fowler (1988) y Eldridge *et al.*, (1991) reportan resultados similares en cuanto a la inconsistencia de un mismo tipo de microsítio en la sobrevivencia de las plántulas a lo largo del tiempo. Por lo tanto, si existiera un banco de semillas, el destino de las plántulas en su desarrollo posterior puede ser diferente, según, si las semillas por azar se sitúan desde un principio bajo una planta que pudiera resultar una buena nodriza, ó en una oquedad, en suelo desnudo, ó en intersticios de un sustrato rocoso (Harper, 1977). Esto puede ser trascendente en la estrategia de sobrevivencia y posterior establecimiento de *Bouteloua gracilis*, ya que, el banco de semillas estaría constituido por cariopsis de diferentes tamaños con posibilidades distintas de éxito.

b) En condiciones de invernadero, por lo que se puede observar en la gráfica 4, es que, si bien, el Sustrato rocoso es el que pierde mayor humedad por su elevada porosidad cuando está desprovisto de vegetación, ésta misma condición resultó favorable cuando se encontró ocupado por las plántulas al permitirles un mejor aprovechamiento de la humedad del suelo a través de las raíces, conduciendo, incluido el período de sequía, a una mejor sobrevivencia. En el microsítio Suelo desnudo y Roca, la sobrevivencia, igual que en la emergencia, correspondió a su condición intermedia en cuanto a la capacidad de retención de agua. La condición microambiental menos favorable en el microsítio generado por la Sombra artificial, aún con la mayor humedad, posiblemente se debió, de nuevo, a la amplia cobertura de sombra proyectada sobre la superficie, alterando la radiación y que pudo haber resultado perjudicial a las plántulas para sobrevivir.

Generalmente se dice que una plántula ha sobrevivido cuando se ha establecido. Harper (1977) define el establecimiento cuando las plántulas han expandido una superficie fotosintética y son teóricamente capaces de seguir una existencia independiente de sus reservas en la semilla. Sin embargo, en *Bouteloua gracilis* la sobrevivencia de sus plántulas no está garantizada con el desarrollo de las primeras hojas, sino que, está en función, en principio, de su capacidad de desarrollar raíces adventicias

para adquirir el agua suficiente como para mantener su crecimiento foliar subsecuente, ya que, las raíces seminales primarias, además de que tienen un tiempo de vida limitado, no son eficientes en la adquisición de agua, sobre todo, en condiciones de zonas áridas (Hyder *et al.*, 1972).

Briske y Wilson (1977) mencionan que en condiciones de humedad adecuada las plántulas tienen la capacidad fisiológica de desarrollar la primera raíz adventicia a los 11 días después de haber emergido; Roohi *et al.*, (1991) encontraron que, el desarrollo de la primera raíz adventicia coincide, por lo menos, con la tercera hoja de desarrollo de la plántula; y Ries y Svejcar encontraron que, en condiciones favorables de campo, la aparición de la primera raíz adventicia se presentó a los 14 días después de la emergencia, y consideraron establecidas las plántulas a los 21 días después de haber emergido, con 6 hojas, 2 raíces adventicias y dos renuevos por planta.

Teniendo como base lo anterior, se puede decir que:

a) en condiciones de campo, cuando se hizo el primer registro de emergencia (5 Julio 1993) habían transcurrido 37 días después de la siembra (29 Mayo 1993), tiempo suficiente como para que en ese momento las plántulas de tres hojas de desarrollo presentaran raíces adventicias, lo cual se confirmó cuando se desenterró una muestra (figura 6), por lo que las plántulas de menos hojas de desarrollo solo necesitaron de tiempo para desarrollar raíces adventicias y establecerse; sin embargo, como la sobrevivencia disminuyó regularmente las siguientes fechas de registro, a los 63, 91 y 119 días después de la siembra, se puede pensar que las plántulas iniciales de menor desarrollo no tuvieron la capacidad de desarrollar raíces adventicias por falta de vigor ante condiciones ambientales adversas y disturbios, llegando a perecer, ó que, las plántulas que sí tuvieron un desarrollo inicial de las primeras raíces adventicias, su extensión no fué tan rápido conforme se iba incrementando la aridez desde el suelo superficial a capas más profundas, llegando a perecer también (Wilson y Briske, 1979). McKell (1972) estableció que aquellas semillas que presentan amplios grados de variación en su tamaño, como es el caso de *Bouteloua gracilis*, implican un vigor diferencial tanto en la semilla misma, como en la plántula, conduciendo, a su vez, a una respuesta diferencial de la especie a las condiciones microambientales (humedad, temperatura, intensidad de luz, permeabilidad del suelo a la raíz de la plántula, etc.) durante el establecimiento, así como a la intensa competencia intra e interespecífica, resultando en la pérdida de muchas plántulas, de modo que ante condiciones ambientales imprevisibles, solo las plántulas con alto grado de vigor serán más capaces de sobrevivir.

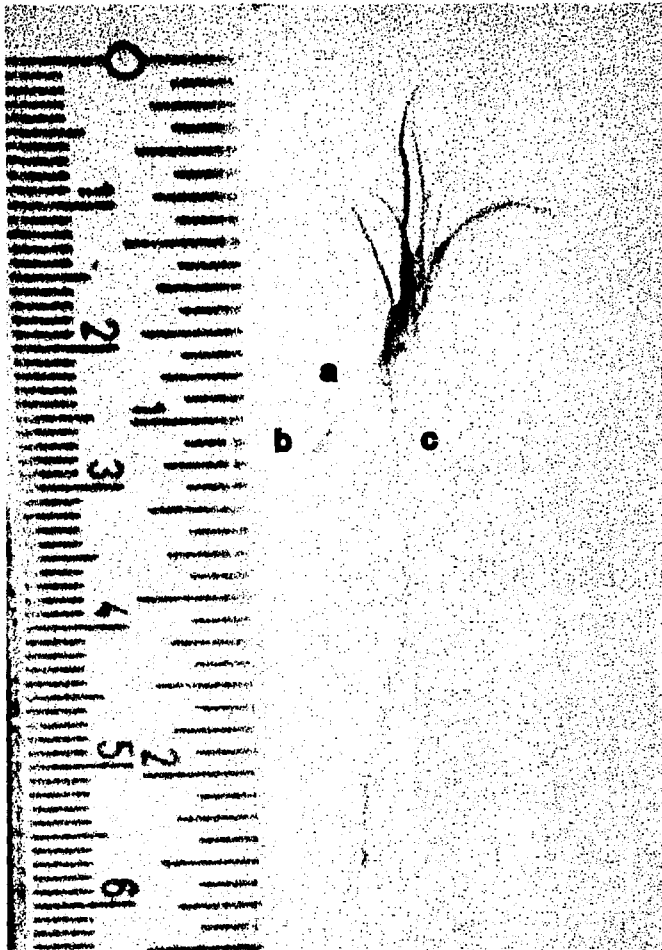


Figura 6.- Plántula de Bouteloua gracilis a los 37 días después de su siembra en condiciones de campo: a) mesocótilo, b) cariópside, c) raíz adventicia.

Carren *et al.*, (1987a y b) concluyeron que pesos elevados del cariópsis de *Bouteloua gracilis* está asociado a una mayor emergencia, mejor desarrollo de la plántula, y mayor probabilidades de su establecimiento, en comparación a los cariópsis de menor peso. Por lo tanto, los cambios en la sobrevivencia a lo largo del tiempo entre un mismo tipo de micrositio, si bién, en un principio, estuvieron en función de la capacidad de las plántulas para desarrollar raíces adventicias y establecerse, lo cual no se pudo determinar con precisión debido a que los registros se hicieron cada mes, posteriormente las condiciones ambientales cambiantes y los disturbios tuvieron mayor importancia (Coffin y Lauenroth, 1988).

No se debe ignorar que, en la sobrevivencia de *Bouteloua gracilis* en zonas semiáridas, la competencia por la humedad bajo el terreno, juega también un papel importante, ya que, bajo esas condiciones la competencia es intensa, sobre todo cuando se trata entre una perenne y una anual (Svejcar, 1990). Samuel y Hart (1992), y Aguilera y Lauenroth (1993a y b) concluyeron que, para el establecimiento exitoso de las plántulas en condiciones naturales semiáridas se deben crear espacios o aberturas naturales ó artificiales que las resguarden de posibles interacciones ambientales adversas.

Otro factor adicional limitante, ante la humedad insuficiente, es el tipo de suelo calcáreo presente en el lugar (cuadro II), ya que, la ocurrencia de precipitados de carbonato de calcio alrededor de las raíces, además de restarles humedad, limita a su vez la adquisición de otros nutrimentos minerales esenciales para el crecimiento (Rendig y Taylor, 1989).

b) en condiciones de invernadero, a los 34 días (19 Julio 1993) después de haber sido sembrados los cariópsis, la mayoría de las plántulas presentaban 3 hojas de desarrollo (14 días después de que se inició la evaluación de la sobrevivencia) por lo que, en éste momento se puede decir que éstas plántulas ya presentaban raíces adventicias. Si bién, también hubo descenso en la sobrevivencia, no fue tan drástico, por lo que, ésto se puede atribuir unicamente a la falta de vigor de algunas plántulas para desarrollar raíces adventicias. Posteriormente la sobrevivencia pudo haber sido afectada por el período sin riego (gráfica 4) pereciendo las plantas de menor vigor que en un inicio habían alcanzado a sobrevivir.

Alturas de *Bouteloua gracilis* durante su crecimiento:

a) En condiciones de campo, si bién, los micrositios generados por la Sombra natural y Suelo desnudo fueron los mejores en cuanto a la emergencia y sobrevivencia, la tendencia de los resultados encontrados en las mismas fechas para las alturas de las plantas, es debido posiblemente a que la condición de micrositio favorable en humedad

(pero no en cuanto a la alteración del micrositio por los escurrimientos al registrar menor emergencia y sobrevivencia) solo se mantuvo por más tiempo en el Sustrato rocoso produciendo las mejores alturas de las plantas en las cuatro fechas de registro, sobre todo, en la última fecha, al final de la estación de crecimiento donde éste micrositio posiblemente fué mejor ante las condiciones de insolación ascendente que nuevamente se empezaron a presentar, mientras que los demás micrositios presentaron la condición menos favorable para las alturas de las plantas, tal vez, porque ante tales condiciones de insolación e incremento de la aridez, el esfuerzo de la especie estuvo probablemente más orientado a sobrevivir que a crecer bajo las condiciones particulares de esos micrositios. Así, por ejemplo, el micrositio Suelo desnudo llegó a producir significativamente las alturas más bajas en la última fecha.

En condiciones de campo, el efecto del vigor de las semillas, y el de su tamaño asociado con él, pudo haber sido nulificado por selección natural del ambiente, creciendo únicamente las plántulas que implicaron mejor vigor.

b) En condiciones de invernadero, el hecho de no encontrar diferencias significativas ($P < 0.05$) (gráfica 5 y 6) posiblemente se debieron tanto al número reducido de individuos con los que se contó, como a la amplitud de respuesta en la talla de las plantas dentro de cada tipo de micrositio, debida a un efecto del tamaño del cariópsis. Carren *et al.*, (1987a y b) encontraron una asociación directa entre los tamaños del cariópsis con el desarrollo de las plántulas y su crecimiento posterior. Esta variable, que no se pudo controlar por cuestiones técnicas, condujo a que los valores estadísticos así calculados repercutieran en el análisis de varianza, obscureciendo las diferencias entre los promedios; tal vez, un número mayor de individuos por tipo de micrositio y/o la homogenización más uniforme en la talla de las plantas desde el inicio del experimento, habría evitado ésto, cuestión que consecuentemente se reflejó en el resto de las evaluaciones. Por ejemplo, el período sin riego en el mes de agosto, si bién, afectó el crecimiento de las plantas, sus diferencias en sus alturas entre los tipos de micrositios no fueron significativas dentro de ese intervalo (gráfica 6 y 7). Además, como se observa en la gráfica 6 el patrón en las alturas de las plantas durante su crecimiento, entre los tipos de micrositios, resulta muy similar; adicionalmente, como se observa en la gráfica 7, conforme las plantas continúan creciendo se acentúan las variaciones en sus alturas debido probablemente a que los tratamientos dejan de ser significativos en sus efectos.

Número de hojas al término del experimento en condiciones de invernadero:

La tendencia del micrositio Sustrato rocoso a ser significativamente mayor al micrositio Sombra artificial se debió, como ya se mencionó, posiblemente a que en el

Sustrato rocoso la planta una vez establecida aprovecha mejor y más rápidamente la humedad del suelo antes de que se pierda por evaporación (Lauenroth et al., 1987) mientras que en la Sombra artificial, si bien, es la que mejor humedad conserva, la alteración de la radiación y deficiente penetración de luz debido a la amplia cobertura del dosel de la planta artificial limitó el desarrollo foliar de las plantas. Sin embargo, de acuerdo a los diagramas de caja (V) esta diferencia se ve oscurecida por la amplitud de respuesta en el micrositio Sustrato rocoso.

Biomasa al término del experimento:

Si bien, el número de hojas tiende a ser similar entre los tipos de micrositios, su biomasa es diferente, por ejemplo, la biomasa resultante en el micrositio Sustrato rocoso fué significativamente superior a la de la Sombra artificial, esto debido al efecto de un mejor aprovechamiento de la humedad por parte de la planta en el Sustrato rocoso, y al efecto microambiental negativo sobre las plantas resultante de la Sombra artificial. Sin embargo, éstos efectos no tuvieron significancia entre los diferentes tipos de micrositios en cuanto a las biomasa promedio de la raíz, debido posiblemente, como ya se mencionó, a la amplitud de respuesta en la talla de las plantas dentro del mismo micrositio, como lo demuestran las variaciones estandar en la gráfica 10C. Sin embargo, el Sustrato rocoso es el que tiende a seguir sustentando mejor desarrollo de la planta.

Otro hecho, es que, en todos los micrositios se encontró siempre una mayor proporción de la biomasa del vástago sobre la raíz (Gráfica 10A), lo cual significa que de acuerdo al hábito de crecimiento de la especie, ésta desarrolla menos raíces porque está adaptada a aprovechar más la humedad en los pocos centímetros de la superficie del suelo que a mayores profundidades. Coffin y Lauenroth (1991) mencionan que en las zonas semiáridas la mayoría de los eventos de lluvia son pequeños humedeciendo solo las capas superficiales del suelo donde la mayoría de las raíces de *Bouteloua gracilis* están localizadas, de modo que, la especie resulta con una capacidad limitada para explotar recursos más allá de la orilla de su dosel independientemente de la disponibilidad del recurso, aunque las raíces, pero muy pocas, tienen la capacidad estructural de acceder a profundidades relativamente mayores durante los intervalos entre los eventos de lluvia pequeños. Bajo las condiciones de invernadero, del presente trabajo, una limitante adicional para que se desarrollaran poco las raíces, fue probablemente el efecto de borde de las macetas. Razon por la cual, tal vez, no se encontraron diferencias significativas entre los tipos de micrositios en la longitud de la raíz adventicia más grande.

Sintetizando todos los anteriores resultados, como se muestra en el cuadro IV, se tiene que de acuerdo a su consistencia en las diferentes respuestas de *Bouteloua gracilis*, existen tendencias a una a) menor evaporación (mayor capacidad de retención de humedad) de la Sombra artificial, b) mayor emergencia y sobrevivencia en la Sombra natural, y c) mayores alturas en Sustrato rocoso en condiciones de campo, y mejor emergencia, sobrevivencia, alturas, número de hojas y biomasa aérea y radicular de este mismo micrositio en condiciones de invernadero; lo cual, si no estadísticamente, si, biológicamente sea un antecedente que posibilite la propuesta de un modelo de micrositio para los objetivos de éste trabajo.

Los resultados obtenidos en campo e invernadero, si bien, fueron en condiciones completamente diferentes, como el experimento se realizó en un agostadero de zona semiárida, donde es deseable obtener a cierto plazo plantas de *Bouteloua gracilis* con una talla adecuada que justifique su presencia en el agostadero, comparando la emergencia, sobrevivencia y crecimiento de la especie entre las condiciones de campo y las condiciones de invernadero (condiciones mejor controladas y más apropiadas para el desarrollo potencialmente óptimo de la especie), se puede observar la distancia que hay entre los resultados obtenidos en una y otra condición, por lo que de éste modo se pueden ir determinando los elementos o factores ambientales que, en principio, dan lugar a un desarrollo raquíptico de la planta en campo, y que pueden ir siendo eliminados, a medida que, a través de artificios ó manejo del terreno, se vaya generando un modelo de micrositio que implique en lo mejor posible condiciones favorables, y a su vez, garantice el desarrollo deseado de la planta para efectos de agostadero.

CUADRO IV.- Tendencias en las respuestas de *Bouteloua gracilis* durante su desarrollo en cinco tipos de micrositos en condiciones de Campo e Invernadero*.

Evaporación		Invernadero		Sr	>	Sd	=	R	>	Sa			
C A M P O	Emergencia			Sr	>	Sd	>	Sr	>	R	>	H % Total	
				Sr	>	Sd	>	Sr	>	R	>	H Media vmea-Sr**	
				Sr	>	Sd	>	R	>	Sr	>	H Mediana	
	Sobrevivencia			Sr	>	Sd	>	Sr	>	R	>>	H % Total	
				Sr	>	Sd	>	Sr	>	R	>>	H % Total	
				Sr	>	Sd	>	Sr	>	R	>>	H % Total	
	Alturas	1a			Sr	≈	Sr	≈	R	≈	Sd		Media y Mediana
					Sr	>	Sr	>	R	>	Sd		Media
					Sr	>	Sr	>	R	>	Sd		Mediana
					Sr	>	Sr	>	R	>	Sd		Media
	2a			Sr	>	Sr	>	R	>	Sd		Mediana	
				Sr	>	Sr	>	R	>	Sd		Mediana	
3a			Sr	>	Sr	>	R	>	Sd		Mediana		
			Sr	>	Sr	>	R	>	Sd		Mediana		
4a			Sr	>	R	>	Sr	>	Sd		Media		
			Sr	>	R	>	Sr	>	Sd		Mediana		
I N V E R N A D E R O	Emergencia			Sr	>	R	>	Sd	>	Sa		% Total	
				Sr	>	R	>	Sd	>	Sa		Media vmea-R	
				Sr	>	Sd	>	R	=	Sa		Mediana	
	Sobrevivencia			Sr	>	R	>	Sd	>	Sa		% Total	
				Sr	>	R	>	Sd	>	Sa		% Total	
	Alturas			Sr	≈	Sa	≈	R	≈	Sd		Media y Mediana	
				Sr	>	Sd	≈	R	>	Sa		Media	
	Número de Hojas			Sr	>	Sd	≈	R	>	Sa		Mediana	
				Sr	>	Sd	≈	R	>	Sa		Mediana	
	Biomasa	Vástago			Sr	>	Sd	>	R	>	Sa		Media
					Sr	>	Sd	>	R	>	Sa		Mediana
		Ralz			Sr	>	Sd	>	R	>	Sa		Media y Mediana
Longitud de la raíz adventicia más grande			Sd	>	Sa	>	R	>	Sr		Media		
			Sd	>	Sr	>	R	>	Sa		Mediana		

v
m-s
e

*El subrayado bajo los tipos de micrositos por la misma línea, cuando es el caso, representa que no existen diferencias significativas entre ellos.

**vm-sea: valor moderadamente o severamente extraordinario alto

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1.- En condiciones de invernadero, la hipótesis fue corroborada en cuanto a la diferenciación de los microsítios por su diferente estructura física, correspondiendo a su diferente capacidad de retención de humedad, sin embargo, sus diferentes tendencias en las respuestas de emergencia, establecimiento, sobrevivencia y desarrollo posterior de *Bouteloua gracilis* en esos microsítios no fueron significativamente diferentes, conforme a los tratamientos ensayados, por lo que en ésta última parte no se pudo corroborar la hipótesis.

2.- En condiciones de campo, la mayoría de las diferentes tendencias en las respuestas de *Bouteloua gracilis*, entre los tipos de microsítios, tampoco pudieron ser corroboradas sus diferencias en forma significativa debido a la amplitud de respuesta por parte de la especie.

3.- Estas conclusiones demandan un mejor diseño experimental, con el control de las variaciones del tamaño del cariopsis, y en la homogenización en las tallas de las plántulas desde el inicio, lo cual podría superar las anteriores limitaciones para comprobar ó rechazar la hipótesis, en forma clara.

4.- Sin embargo, con base a las tendencias encontradas en este primer experimento exploratorio, considerando y combinando el mejor resultado por tipo de microsítio (cuadro IV) se puede proponer tentativamente (a reserva del punto 3), un modelo de microsítio que puede reunir las condiciones de sitio seguro para la emergencia, establecimiento y crecimiento vigoroso de la especie, y que puede resultar de la combinación del microsítio originado por una Nodrizo como por un Sustrato rocoso, pero aislado, por lo menos, alrededor de las raíces por abajo del terreno hasta donde llega la extensión del sistema radical, y por arriba del nivel del suelo, entre 5 y 10 cm, para evitar disturbios; el aislamiento, por cualquier material, es con el fin de concentrar la humedad en el volumen del suelo donde llega a crecer la planta, y para evitar la pérdida de humedad en forma lateral por raíces de otras plantas vecinas.

5.- Como el problema de establecimiento de *Bouteloua gracilis*, vía semilla, es complejo en condiciones semiáridas de campo, debido a los múltiples factores que están interviniendo, para garantizar el éxito de éste objetivo se propone el **replamamiento integrado** que consiste en poner en práctica al mismo tiempo, en la medida de lo posible, las técnicas de manejo que neutralicen las múltiples interacciones ambientales adversas a la especie.

6.- El replamamiento integrado de *Bouteloua gracilis*, en el agostadero por resiembra, considera los siguientes puntos:

i) exclusión del pastoreo,

ii) selección de semillas desde aquellos lugares, donde exista la especie, más parecidos en condiciones ambientales al lugar del agostadero ó donde se intente el repoblamiento,

iii) de éstas semillas, si es posible, seleccionar las de mejor vigor,

iv) como los micrositios existentes en el agostadero llegan a ser sitios seguros, por los menos en un momento dado, la siembra se debe realizar en el momento más adecuado, ya que, sí pueden cumplirse los requerimientos ambientales de temperatura y precipitación en dichos micrositios,

v) complementando lo anterior, se pueden combinar tratamientos adicionales como son: el uso de hormonas, la escarificación, neutralización del efecto adverso del suelo calcáreo, preparación de almácigos ó del modelo de micrositio que pueda ser inducido en forma práctica.

BIBLIOGRAFIA.

- 1.- Aguilera, M.O., y Lauenroth W.K. (1993a). Seedling establishment in adult neighbourhoods: intraspecific constraints in the regeneration of the bunchgrass *Bouteloua gracilis*. *Journal of Ecology*, 81, 253-261.
- 2.- Aguilera, M.O., y Lauenroth W.K. (1993b). Neighborhood interactions in a natural population of the perennial bunchgrass *Bouteloua gracilis*. *Oecologia*, 94:595-602.
- 3.- Bartlett, R.M., Matthes-Sears U. y Larson D.W. (1991). Microsite- and age-specific processes controlling natural populations of *Acer saccharum* at cliff edges. *Journal of Botany*, 69(3):552-559.
- 4.- Bohn H.L., McNeal B.L., y O'Connor G.A. (1993). Química del suelo. LIMUSA Mex. pag: 111-113.
- 5.- Bosch, H.J.O. y Tainton M.N. (1988). Ecological principles and their application to rangeland management practice in South Africa., en Tuller T.P. (Ed) Vegetation science applications for rangeland analysis and management., Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands pp. 363-397.
- 6.- Brady, N.C. (1984). The Nature and Properties of soils. MacMillan Publishing Company, New York. pp. 138-141.
- 7.- Briske, D.D. y Wilson, A.M. (1977) Temperature effects on adventitious root development in Blue grama seedlings. *Journal of range management*, 30(4):276-280.
- 8.- Briske, D.D. y Wilson, A.M. (1978) Moisture and temperature requirements for adventitious root development in Blue grama seedlings. *Journal of range management*, 31(3):174-178.
- 9.- Call, C.A. y Roundy, B.A. (1991). Perspectives and processes in revegetation of arid and semiarid rangelands. *Journal of range management*, 44(6):543-549.
- 10.- Cantú, J.E.B. (1990). Manejo de Pastizales. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" Unidad Laguna, Departamento de producción animal. Torreón, Coahuila. México. pags: 4, 8, 41, 80-82.
- 11.- Carren, C.J., Wilson, A.M., Cuany, R.L. y Thor, G.L. (1987). Caryopsis weight and planting depth of Blue grama: I. Morphology, emergence, and seedling growth. *Journal of range management*, 40(3):207-211.
- 12.- Carren, C.J., Wilson, A.M. y Cuany, R.L. (1987). Caryopsis weight and planting depth of Blue grama: II. Emergence in marginal soil moisture. *Journal of range management*, 40(3):212-216.

- 13.- Carson, W.P. y Peterson, Ch.J. (1990). The role of litter in an old-field community: impact of litter quantity in different seasons on plant species richness and abundance. *Oecologia*, 85:8-13.
- 14.- Cloudsley-Thompson J.L. (1974). Microecología. Ed. Omega, Barcelona.
- 15.- Coffin, D.P. y Lauenroth, W.K. (1988). The effects of disturbance size and frequency on a shortgrass plant community. *Ecology*, 69:1609-1617.
- 16.- Coffin, D.P. y Lauenroth, W.K. (1991). Effects of competition on spatial distribution of roots of Blue grama. *Journal of range management*, 44(1):68-71.
- 17.- Dormaar, J.F. y Willms, W.D. (1993). Decomposition of blue grama and rough fescue roots in prairie soils. *Journal of range management*, 46(3):207-213.
- 18.- Eckert, R.E., Peterson, F.F.Jr., y Belton, J.T. (1986). Relation between ecological-range condition and proportion of soil-surface types. *Journal of range management*, 39(5):409-414.
- 19.- Eckert, R.E., Peterson, F.F.Jr., Meurisse, M.S. y Stephens, J.L. (1986). Effects of soil-surface morphology on emergence and survival of seedlings in big sagebrush communities. *Journal of range management*, 39(5):414-420.
- 20.- Eldridge, D.J., Westoby, M. y Holbrook, K.G. (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.
- 21.- Facelli, J.M. y Pickett, S.T. (1991). Plant litter: light interception and effects on an old-field plant community. *Ecology*, 72(3):1024-1031.
- 22.- Fowler, N.L. (1986). Microsite requirements for germination and establishment of three grass species. *The American Naturalist*, 115(1):131-145.
- 23.- Fowler, N.L. (1987). The effects of environmental heterogeneity in space and time on the regulation of populations and communities., en Davy A.J. et al (Ed) Plant population ecology., Blackwell Scientific Publications, Oxford London Edinburgh, Boston Melbourne U.S.A. pp:249-269.
- 24.- Fowler, N.L. (1988). What is a safe site?: Neighbor, litter, germination date and patch effects. *Ecology*, 69:947-961.
- 25.- García, E. (1981). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. U.N.A.M. México. pp 118.
- 26.- Grime, J.P. (1982). Estrategias de adaptación de las plantas y procesos que controlan la vegetación. LIMUSA. México, pp 229-232.
- 27.- Grime, J.P., Mason, G., Curtis, A.V., Rodman, J., Band, S.R., Mowforth, M.A., Neal, A.M. y Shaw, S. (1981). A comparative study of germination characteristics in a local flora. *Journal of Ecology*, 69:1017-1059.

- 28.- Hamilton, L.C., (1990). Modern Data Analysis. Brooks/Cole Pup. Co. Pacific Grove, 684 p.
- 29.- Harper, L.J. (1977). Population Biology of Plants. Academic press inc. N.Y. PP 111-148 y 708.
- 30.- Harper, T.K. y Marble, R.J. (1988). A role for nonvascular plants in management of arid and semiarid rangelands., en Tuller T.P. (Ed) Vegetation science applications for rangeland analysis and management. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands. pp 135-169.
- 31.- Hart, H.R. y Norton, B.E. (1988). Grazing management and vegetation response., en Tuller, T.P. (Ed) Vegetation science applications for rangeland analysis and management. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands. pp 493-525.
- 32.- Hart, R.H., Clapp, S. y Test, P.S. (1993). Grazing strategies, stocking rates, and frequency and intensity of grazing on western wheatgrass and blue grama. *Journal of range management*, 46(2):122-126.
- 33.- Hartmann, T.H., Kofranek, A.M., Rubatzky, V.E., Flockey, W.J. (1988). Plant Science. Prentice Hall Inc. U.S.A. pag: 659 y 662.
- 34.- Hitchcock, A.S. (1971). Manual of the grasses of the United States. Dover Publications, Inc. New York. Vol. I, pp 540-541.
- 35.- Humphrey, R.R. (1962). Range Ecology. The Ronald Press Company. New York. pp 3-5.
- 36.- Hyder, D.N., Everson, A.C. y Bement, R.E. (1971). Seedling morphology and seeding failures with Blue grama. *Journal of range management*, 24:287-292.
- 37.- Jiménez, A.M. (1989). La producción de forrajes en México. Universidad Autonoma de Chapingo-FIRA Mex. pp 41-42.
- 38.- Kemp, P.R. y Williams III, G.J. (1980). A physiological, basis for niche separation between *Agropyron smithii* (C3) and *Bouteloua gracilis* (C4). *Ecology*, 61(4):846-858.
- 39.- Langer, R.H.M. (1979). How grasses grow. University Park Press, Baltimore USA, pp 48 y 59-61.
- 40.- Lauenroth, W.K., Sala, O.E., Milchunas, D.G. y Lathrop, R.W. (1987). Root dynamics of *Bouteloua gracilis* during short-term recovery from drought. *Functional Ecology*, 1:117-124.
- 41.- Leonard, G.S., Miles, L.R. y Tuller, T.P. (1988). Vegetation-soil relationships on arid and semiarid rangelands., en Tuller, T.P. (Ed) Vegetation science applications for rangeland analysis and management. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands. pp 225-252.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

- 42.- McDaniel, K.C., Allen, L.T. y Bain, J.W. (1993). Overstory-understory relationships for broom snakeweed-blue grama grasslands. *Journal of range management*, 46(6):506-511.
- 43.- McGinnies, W.J. y Wilson, A.M. (1982). Using Blue grama sod for range revegetation. *Journal of range management*, 35(2):259-261.
- 44.- McKell, C.M. (1972). Seedling vigor and seedling establishment., en Youngner, V.C. y McKell, C.M. (Eds) The biology and utilization of grasses. Academic N.Y. pp 74-89.
- 45.- McKell, C.M. (1989). The role of shrubs in plant community diversity., en McKell, C.M. (Ed) The biology and utilization of shrubs. Academic Press. Inc. USA. pp 307-320.
- 46.- Molina, C.M., García, E.M., Aguirre, J.R. y Gonzales, F.C. (1991). La reserva de semillas de un pastizal de *Bouteloua gracilis*. *Agrociencia*, 3(1):93-103.
- 47.- Naylor, R.E. (1985). Establishment and peri-establishment mortality., en Harper, J.L. (Ed) Studies on plant demography. Academic Press Inc. London. pp 95-109.
- 48.- Nicholson, R. (1988). Range management from grassland ecology., en Tuller, T.P. (Ed) Vegetation science applications for rangeland analysis and management. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands. pp 399-424.
- 49.- Peart, M.H. (1981). Further experiments on the biological significance of the morphology of seed-dispersal units in grasses. *Journal of Ecology*, 69:425-436.
- 50.- Peart, M.H. (1984). The effects of morphology, orientation and position of grass diaspores on seedling survival. *Journal of Ecology*, 72:437-453.
- 51.- Peterson, C.J., Carson, W.P., McCarthy, B.C. and Pickett, S.T. (1990). Microsite variation and soil dynamics within newly created treefall pits and mounds. *Oikos*, 58(1):39-46.
- 52.- Pohl, R.W. (1978). How to know the grasses. Brown Company Publishers. U.S.A. pp 148.
- 53.- Primack R.B. y Maio S. (1991). "Safe sites" for germination using *Plantago* seeds: A repetition of a thrice-published experiment. *Journal of Botany*, 118(2):154-160.
- 54.- Primavesi, A. (1982). Manejo ecológico del suelo. El Ateneo, México. pp 428.
- 55.- Remington, K.K., Bonham, Ch.D. y Reich, R.M. Blue grama-buffalograss responses to grazing: a Weibull distribution. *Journal of range management*, 45(3):272-276.
- 56.- Rendig, V.V., y Taylor, H.M. (1989). Principles of Soil-Plant interrelationships. McGraw-Hill Publishing Company U.S.A. pag: 221-230.
- 57.- Reyes, P.C. Bioestadística Aplicada. Ed. Trillas Mex. 217 p.

- 58.- Reyna, T.T. (1970). Relaciones entre la sequía intraestival y algunos cultivos de México. Instituto de Geografía, U.N.A.M. Mex. pag. 11.
- 59.- Ries, R.E. y Svejcar.(1991). The grass seedling: when is it established?. *Journal of range management*, 44(6):574-576.
- 60.- Riegel, A. (1941). Life history and habits of Blue grama. Transactions Kansas Academy of Science, 44:76-85.
- 61.- Ripley, E.A. y Redman, R.E. (1976). Grassland., en Monteith, J.L. (Ed) Vegetation and Atmosphere. Academic Press Inc. London. Vol. II, pp 349-398.
- 62.- Rivas, M.I. (1988). Cambios en el vecindario de *Bouteloua gracilis* por la exclusión del pastoreo en "el gran tunal" San Luis Potosf. Tesis de Maestría en Ciencias, Centro de Botánica, Colegio de Postgraduados Chapingo, México.
- 63.- Rivera, R.R. y Rivera, T.J. (1989). Los ecosistemas y las regiones áridas de México. Tesis profesional, Universidad Autónoma de Chapingo, Departamento de Zonas Aridas, Bermejillo Durango.
- 64.- Roohi, R., Jamenson, D.A. y Nemati, N. (1991). The effect of light on adventitious root formation in blue grama. *Journal of range management*, 44(2):184-185.
- 65.- Roohi, R. y Jamenson, D.A. (1991). The effect of hormone, dehulling and seedbed treatments on germination and adventitious root formation in Blue grama. *Journal of range management*, 44(3):237-241.
- 66.- Roundy, A.B. y Call, A.C. (1988). Revegetation of arid and semiarid rangelands., en Tuller, T.P. (Ed) Vegetation science applications for rangeland analysis and management. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands. pp 607-635.
- 67.- Rzedowski J. (1988). Vegetación de México. LIMUSA, México. pp 215-235.
- 68.- Sala, O.E., Lauenroth, W.k. y Reid, C.P. (1982). Water relations: A new dimension for niche separation between *Bouteloua gracilis* and *Agropyron smithii* in North American semi-arid grasslands. *Journal of Applied Ecology*, 19, 647-657.
- 69.- Salgado, I.H.U. (1992). El análisis exploratorio de datos biológicos. Marc Ediciones-ENEP Zaragoza UNAM. 243 p.
- 70.- Samuel, M.J. y Hart, R.H. (1992). Survival and growth of blue grama seedling in competition with western wheatgrass. *Journal of range management*, 45(5):444-448.
- 71.- Sánchez, O.S. (1980). La Flora del Valle de México. Herrero, México. pp 61.
- 72.- Schlatterer, E.F. y Tisdale, E.W. (1969). Effects of litter of *Artemisia*, *Chrysothamnus* and *Tortula* on germination and growth of three perennial grasses. *Ecology*, 50:869-873.

- 73.- Sheldon, J.C. (1974). The behaviour of seeds in soil. III. The influence of seed morphology and the behaviour of seedlings on the establishment of plants from surface-lying seeds. *Journal of Ecology*, 62:47-66.
- 74.- Smith, L.E. (1988). Successional concepts in relation to range condition assessment., en Tuller, T.P. (Ed) *Vegetation science applications for rangeland analysis and management*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands. pp 113-133.
- 75.- Stuart, Ch.F. (1991). Integrated responses of plants to stress. *Bioscience*, 1(41):29-36.
- 76.- Tripathi, R.S. y Khan, M.L. (1990). Effects of seed weight and microsite characteristics on germination and seedling fitness in two species of *Quercus* in a subtropical wet hill forest. *Oikos*, 7(3):289-296.
- 77.- Wilson, A.M. y Briske, D.D. (1979). Seminal and adventitious root growth of Blue grama seedling on the central plains. *Journal of range management*, 32(3):209-213.
- 78.- Winkel, V.K. y Roundy, B.A. (1991a). A technique to determine seed location in relation to seedbed preparation treatments. *Journal of range management*, 44(1):91-92.
- 79.- Winkel, V.K. y Roundy, B.A. (1991b). Effects of cattle Trampling and mechanical seedbed preparation on grass seedling emergence. *Journal of range management*, 44(2):176-180.
- 80.- Winkel, V.K., Roundy, B.A. y Blough, D.K. (1991a). Effects of seedbed preparation and cattle trampling on burial of grass seeds. *Journal of range mangement*, 44(2):171-175.
- 81.- Winkel, V.K., Roundy, B.A. y Cox, J.R. (1991b). Influence of seedbed microsite characteristics on grass seedling emergence. *Journal of range management*, 44(3):210-214.
- 82.- Winn, A.A. (1985). Effects of seed size and microsite on seedling emergence of *Prunella vulgaris* in four habitats. *Journal Ecology*, 73:831-840.
- 83.- Young, A.J. (1988). Seedbeds as selective factors in the species composition of rangeland communities., en Tuller, T.P. (Ed) *Vegetation science applications for rangeland analysis and management*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands. pp 171-178.